



§3.3 ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК МОРСЬКИХ СУДЕН: НОВА РЕАЛЬНІСТЬ ТА ВІЗІЯ МАЙБУТНЬОГО

Вступ. Сьогодні майже 90% світової торгівлі здійснюється завдяки міжнародним морським перевезенням [1]. Світовий флот налічує близько 95 тис. торговельних суден [2].

Навколишній світ постійно змінюється. Глобальні тренди породжують нові можливості для перетворень промисловості, економіки й суспільства. Ті країни, міста, компанії, персони, які враховували ці мегатренди, досягли успіху. Тому корисно дослідити контури нової реальності та візію майбутнього щодо морських суден.

Виклад основного матеріалу. Проблеми теорії і практики розвитку в економіці країни знайшли відображення у роботах вчених – Н.В. Афанасьєва, А.Е. Воронкової, А.П. Гречан, С.М. Ілляшенка, Л.І. Федулової та ін. Серед вчених, що досліджували проблему інновацій, слід відзначити Д. Бессанта, П. Друкера, В. Мединського, К. Павітта, М. Портера, Б. Санто, Б. Твісса, Д. Тідда, В. Хіпеля, Ю. Яковця та ін. Науковими дослідженнями охоплено переважно питання, що стосуються інноваційного розвитку країни, регіону, підприємства, але недостатньо приділено уваги безпосередньо морським торговельним суднам.

Метою дослідження є аналіз та систематизація напрямків інноваційного розвитку морського транспорту у світі, що дозволить оцінити нову реальність та візію майбутнього, встановити необхідні зміни та компетентності, аби завчасно готуватись до них вітчизняним пароплаванням, судновласникам, морським портам, а також нинішнім і майбутнім морським офіцерам аби не потрапити до глибокої кваліфікаційної ями, бути затребуваними на міжнародному





ринку праці.

Теоретичною і методологічною основою дослідження є діалектичний метод пізнання, комплексний та програмно-цільовий підхід. Важливим у проведенні дослідження було пізнання об'єкту на основі системного підходу, що надало можливість у взаємозв'язку проаналізувати сильні і слабкі сигнали ринку та систематизувати основні напрямки інноваційного розвитку морського транспорту. Методи порівняння та монографічний використано при визначенні технічних варіантів інноваційного розвитку, історико-логічний метод – при аналізі розвитку різних типів суден.

Для всебічного аналізу і прогнозування напрямків інноваційного розвитку морського транспорту у світі використано методологію Форсайт (Foresight – передбачення, погляд у майбутнє), яка концентрує увагу на великих проблемах таким чином, аби технологічний прогноз прив'язувався до сценаріїв вирішення конкретного завдання заради майбутнього на користь суспільства.

Форсайт дозволив зазирнути у майбутнє розвитку технології, економіки і суспільства з метою визначення напрямків інноваційного розвитку морського транспорту, від застосування яких можна очікувати на ефект декаплінгу – вагомих економічних і соціальних вигод та зростання за умови зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище. Проведено опитування експертів-судноводіїв, суднових механіків, електромеханіків, а також зацікавлених груп, пов'язаних з тематикою дослідження – представників суднобудівного заводу, ДП «Херсонський морський торговельний порт» на підставі ромбу Форсайту, описаного Л.І. Федуловою, вершинами якого є ключові фактори, що забезпечують успіх роботи з фахівцями: креативність,





експертні знання, взаємодія, доведеність (рис. 1) [3, с. 119].



Рис. 1. Ромб Форсайту для аналізу напрямків інноваційного розвитку морського транспорту у світі
Джерело: Складено автором за [3, с. 119]





Форсайтні дослідження покладено в основу активного конструювання майбутнього контейнерного судноплавства, спорудження підводних вантажних суден тощо.

Транспортну галузь відносять до базових галузей економіки держави. На сьогодні стан вітчизняної транспортної галузі не сприяє ефективній реалізації курсу України на євроінтеграцію. Однією з причин критичного рівня розвитку транспортної галузі стала технічна відсталість, що загрожує вже не тільки виконанню її соціально-економічних функцій, але й національним інтересам [4].

Підвищення ефективності та якості надання послуг морського транспорту дозволить підвищити його конкурентоспроможність, стимулюватиме український експорт і сприятиме розвитку внутрішнього виробництва та міжнародної торгівлі.

Основними світовими тенденціями інноваційного розвитку морського транспорту є:

- збільшення лінійних розмірів морських суден (контейнеровозів з метою зменшення експлуатаційних витрат судна та круїзних суден – для підвищення рівня комфортабельності при наданні послуг мандрівникам);

- використання паливно-економічних та екологічних морських суден для зменшення вмісту сірки, азоту, вуглецю в бункері;

- використання LNG (*Liquefied natural gas* – скрапленого природного газу) в якості судового палива з метою скорочення шкідливих викидів з суден;

- застосування альтернативних джерел енергії (аміаку, водню, біопалива, метанолу, сонця, вітру, води) задля скорочення викидів забруднюючих речовин з суден;





- використання «повітряних мастил», нанопокриттів для зменшення тертя підводної частини корпусу судна та витрат палива у процесі транспортування вантажів;
- покращення аеродинаміки завдяки конструктивним трансформаціям судна (сферична форма носу судна, плавні обводи корпусу і ефективна пропульсія забезпечать економію у 15 – 25% на кожний TEU – twenty-foot equivalent unit);
- контейнерне судноплавство: для прискорення розвантаження використовуватимуться спеціально розроблені водонепроникні резервуари, які викидатимуться за борт вантажного судна на рейді, а далі буксири доставлятимуть їх до пірсу;
- застосування композитних матеріалів, зниження металоємності суден;
- спорудження підводних суден;
- використання високотехнологічних та ергономічних транспортних засобів, інтелектуальних транспортних систем, інформаційних технологій, електронного документообігу, перетворення суден на плаваючі центри обробки даних;
- покращення безпеки транспортних засобів завдяки впровадженню безпілотного управління судном та ін.

Розглянемо детальніше основні напрямки інноваційного розвитку морського транспорту у світі.

Судновласники постійно намагаються знайти шляхи зменшення собівартості перевезення вантажів морськими шляхами. З метою одержання ефекту масштабу при спорудженні багатьох типів суден вдавались до збільшення лінійних параметрів. Проте для певних типів суден досягнуто критичний рівень дедвейту. Так, найбільші у світі танкери дедвейтом понад 500 тис. т будували у 70-х роках ХХ століття, нині сучасний танкер має дедвейт до 300 тис. тонн.





Найбільший у світі рудовоз «Berge Stahl» дедвейтом 365 тис. т побудовано у 1986 році, а наступні, більш сучасні судна, мають валову вантажопідйомність лише до 300 тис. тонн. Дедвейт найбільшого у світі балкера «Hyundai Giant» (1985 р. побудови) дорівнював 260 тис. т, а найбільших сьогодні – до 200 тис. тонн. У середині 70-х років ХХ століття будували лісовози дедвейтом 50 тис. т, але вони виявилися занадто великі для даного вантажу, стандарти на великі судна для перевезення лісових вантажів тепер не перевищують 40–45 тис. тонн. Такі вимоги ринку пояснюються тим, що збільшується час для накопичення вантажів та обробки суден, неможливістю багатьох морських портів обробляти судна з великим дедвейтом, заглибленням та ін.

Досі зберігається економічна доцільність «гігантманії» при спорудженні контейнеровозів та круїзних суден. Майже щороку зі стапелів сходять контейнеровози з місткістю, яка безперервно збільшується. Так, 25 травня 2020 р. через Суецький канал пройшов найбільший у світі на даний момент контейнеровоз HMM Algeciras (довжина судна 400 м; ширина – 61,0 м; висота борта – 33,2 м; заглиблення – 16 м; місткість – 23 964 TEU) [5].

Світовий круїзний флот також має зростаючий тренд. За прогнозами у 2022 р. він налічуватиме 367 круїзних суден місткістю 640,5 тис. пасажирів [6, с. 24]. Завдяки розробці та впровадженню нових маршрутів на основі аналізу інтересів мандрівників швидкими темпами збільшується чисельність морських круїзних туристів. Тому морський круїзний флот не досяг меж лінійних розмірів і продовжує їх збільшувати.

На морських круїзних суднах завдяки впровадженню різноманітних інноваційних програм організації дозвілля туристів удосконалюються конструкції, ускладнюється





інфраструктура з метою підвищення рівня їх комфортабельності.

Круїзна індустрія сприяє розвитку пов'язаних з нею галузей, що покращує соціально-економічне становище регіону та країни. Україна має колосальний потенціал для розвитку круїзного туризму завдяки наявності водних шляхів сполучення, сприятливому клімату, багатій та різноманітній історико-культурній спадщині. Проте круїзний туризм в Україні суттєво відстає від загальносвітового рівня розвитку. Тому Україна, використовуючи світовий досвід організації та розвитку круїзів, може розвивати цей напрямок бізнесу, створюючи нові робочі місця та заробляючи, таким чином, кошти для підвищення добробуту своїх громадян.

Морський транспорт залишається одним з найбільш ефективних, економічних та екологічних способів міжконтинентального переміщення вантажів. Тому розглянемо накопичений світовий досвід та проекти щодо напрямків одержання ефекту можливого декаплінгу на морських судах.

Датська проектна організація Knud E. Hansen A/S у співпраці зі світовим лідером в області енергосистем ABB розробили концепт економічного фідерного контейнеровоза місткістю 2000 TEU. Довжина концепту становить 172 м, ширина – 30 м, дедвейт – 18 300 т (характерно для суден класу «Бангкок-макс»). Головними його особливостями є: економія палива, зменшення шкідливого впливу на екологію, низький обсяг баластної води, можливість експлуатації судна в режимі «тихого ходу», широкий діапазон «оптимальних» швидкостей ходу, а також підвищена контейнеромісткість, включаючи підвищену частку рефконтейнерів. Незвично влаштована рушійна частина судна забезпечить високу маневреність і усуне необхідність у послугах портового буксира, що





сприятиме зменшенню експлуатаційних витрат судна. Завдяки середньому розташуванню вузької надбудови досягатиметься не тільки значно кращий огляд з містка, але й на 15% збільшиться контейнеромісткість. У підсумку, висока контейнеромісткість у поєднанні з плавними обводами корпусу і ефективною пропульсією забезпечить економію майже 15 – 25% на кожний TEU [7].

Світові тенденції розвитку свідчать, що морський транспорт стає більш енергозберігаючим та «зеленим», безпечним і дружнім до споживача та навколишнього середовища. Зокрема, вуглецеві викиди на морських судах складають лише 3% від загального обсягу викидів, на легковому автотранспорті – 6%, на вантажних автомобільному і залізничному – 4% [8].

Занепокоєння екологів викликають шкідливі викиди з судових енергетичних установок – оксидів сірки, азоту та вуглецю. Негативний вплив морського транспорту на навколишнє середовище наразі є досить актуальною проблемою для людства. Наслідки впливу позначатимуться не тільки на нинішніх поколіннях, а й на майбутніх у разі, якщо не вжити негайних заходів щодо зниження шкідливих викидів в атмосферу або загалом усунення самого впливу.

Основними забруднювачами атмосферного повітря є дизелі і котли морських суден, які досі залишаються найбільш ефективними в енергетичному сенсі. Так, при згорянні 1 кг дизельного пального виділяється 80-100 г токсичних компонентів (20-30 г оксиду вуглецю (II), 20-40 г оксидів азоту, 4-10 г вуглеводнів, 10-30 г оксидів сірки, 0,8-1,0 г альдегідів, 3-5 г сажі). Маючи менші порівняно з бензиновими двигунами викиди CO і вуглеводнів, відпрацьовані гази дизелів мають достатньо високу токсичність через підвищений





вміст оксидів азоту, оксидів сірки, сажі і альдегідів.

У процесі експлуатації суднових енергетичних установок (СЕУ) в атмосферу викидаються випускні гази головних двигунів і котлів, токсичність яких визначається сортом палива та умовами його згоряння. Наприклад, застосування важких сірчаних палив, з одного боку, сприяє зменшенню експлуатаційних витрат на паливо, а з другого – призводить до підвищення забруднення навколишнього середовища сірчаним ангідридом, збільшення зносу, кількості відмов СЕУ тощо.

Міжнародна морська організація (ІМО) оголосила боротьбу з парниковими газами в рамках міжнародного торгового мореплавства. Першим етапом стала заборона на використання високосірчаних мазутів як палива для суднових дизелів. ІМО виокремила райони SECA (Sulfur Emission Control Area) та ECA (Emission Control Area) – це акваторії Балтійського моря та Північного моря, північноамериканська зона (охоплює визначені 200-мильні прибережні зони США та Канади), Карибського моря США (навколо Пуерто-Ріко та Віргінських островів США), де заборонено використання високосірчаного палива. У 2015 р. введено в дію обмеження на вміст сірки в 0,1% для суден у спеціальних зонах контролю викидів – SECA, ECA. При виході з таких районів судна можуть переходити на використання звичайного мазуту. У перспективі планується введення ще кількох зон по всьому світу: райони Австралії, Середземного і Баренцового морів, узбережжя Норвегії, в Арктичному регіоні, що стане суттєвим викликом для морської галузі.

Судноплавні компанії опинились перед вибором щодо використання суднового палива. Більшість з них почали шукати різні варіанти низькосірчаних сумішей у бункерувальних хабах, намагаючись знайти найдешевше





паливо з необхідними параметрами. Компанії з великими фінансовими можливостями для суден, де підходив термін докування, встановлювали скрубери, які очищають вихлоп від сірки і дозволяють офіційно мати в танках заборонений мазут із вмістом сірки понад 0,5%. Деякі судовласники запровадили обидва варіанти відразу: за наявності дешевої альтернативи – судна працюють на ній, скрубер відключений, у разі відсутності такої – використовують дешевий високосірчаний мазут і запускають фільтр для очищення. Так, звичайно, вигідніше, оскільки скрубер дорожчий не тільки щодо установки, але й в експлуатації – необхідно постійно міняти недешеві фільтри та оплачувати прийом відходів [9].

Отже, для вирішення проблеми зниження шкідливих викидів з суден існують такі шляхи:

1) перемикання на низькосірчане дизельне паливо у районах SECA, ECA, що зручно та вимагає незначних вкладень, проте призводить до збільшення експлуатаційних витрат через велику вартість зазначеного дизпалива, необхідна наявність такого палива на ринку та відбувається зростання витрат мастила на змащення судових механізмів;

2) постійна робота судна на низькосірчаному дизельному паливі (MGO) також має певні переваги – зручно, не треба перемикатись, але викликає значне зростання експлуатаційних витрат через високу вартість палива (вартість MGO майже у 2,6 рази більша, ніж на важкий судовий мазут HSFO), а також здорожчання ремонтних робіт через малу в'язкість і виникнення сухого тертя;

3) Upgrade дизелів для роботи на LNG – гарне рішення, бо обсяги шкідливих викидів (оксидів азоту та сірки) значно нижчі, ніж при використанні конвенційного палива. Експерти відзначають дві основні переваги використання LNG:





екологічність (зниження викидів оксидів сірки практично на 100%, оксидів азоту – на 85%, вуглекислого газу – на 20% і твердих частинок – на 100%) та економічність (енергетичні показники LNG на 20% економічніші за масою, ніж важке суднове паливо, і на 15% менше, ніж дистилати), що вигідно для нових суден, але вимагає високих інвестицій, наявності LNG–заправок [10];

4) установка систем гідроочищення з доведенням високосірчаного палива до необхідних параметрів характеризується зручністю, відсутністю потреби у переході на використання іншого палива, але вартість подібної переробки призведе до значного подорожчання суднового палива;

5) установка систем очищення вихлопних газів від сірки і двоокисів азоту за допомогою скруберів забезпечує можливість використовувати важке паливо з високим вмістом сірки в будь-яких районах. Однак цей варіант потребує значних інвестицій та має високі експлуатаційні витрати (існує проблема очищення скрубера від накопиченої сірки; не у всіх портах є установки для прийому відходів скрубера, прийом відходів доводиться оплачувати; зростає кількість портів і територіальних вод, де застосування скруберів відкритого типу заборонено), окупність проєкту залежить від різниці цін на легке і важке паливо [2].

Комітет ІМО з охорони морського середовища (Marine Environment Protection Committee) розглядає поправки, відповідно до яких судна отримують категорії А, В, С, D, Е відповідно до Індекса енергоефективності для існуючих суден (ЕЕХІ – Energy Efficiency Existing Ship Index), залежно від змісту вихлопів двигунів. Чим нижче категорія – тим менше преференції ринку. Судна, які отримали категорії D і Е,





зобов'язані надавати план підвищення ефективності для переходу спочатку до категорії С. Новий сертифікат видаватиметься під час першого після 31 грудня 2022 року сюрвея. Для отримання сертифікату судно має мати схвалений План управління енергетичною ефективністю судна (SEEMP). Всі прийняті поправки набудуть чинності у 2022 і 2023 роках [9].

У світі спостерігається неухильне зростання споживання традиційного палива, тому його видобуток стає більш складним і витратним. Найбільш далекоглядні судновласники намагаються зовсім відійти від використання вуглеводнів в якості суднового палива у перспективі. Вихід із ситуації полягає у використанні альтернативних джерел енергії. І тут існує кілька варіантів.

Бункерування морських суден LNG є одним з можливих шляхів витискання з паливного ринку вуглеводів. Переходити з мазуту і суднового дизеля на LNG судновласників змушують двома шляхами: підвищенням вимог до вмісту сірки у судновому паливі та зменшенням викидів парникових газів.

ІМО поставила високі цілі щодо декарбонізації, котра проводитиметься у два етапи – зі скорочення викидів забруднюючих речовин з суден, таких як оксиди азоту (NOx) і сірки (SOx) мінімум на 40% до 2030 року (І етап), на другому етапі (до 2050 року) передбачено їх зменшення до 50% порівняно з рівнем 2008 року [2].

Наразі у світі повністю на LNG працюють 175 суден, ще майже 350 суден перебувають на стадії замовлення, будівництва або здачі в експлуатацію. Серед типів суден, що працюють на LNG, домінують пороми, ролкери і контейнеровози, які обслуговують регулярні лінії. Разом з офшорними суднами вони склали до 60% флоту.

Експерти вважають, що щороку у світі додаватиметься в





середньому 255 суден, що працюватимуть на LNG, і до 2030 р. їх кількість перевищить 3 тис.

Разом з високою екологічністю експерти відзначають можливі проблеми щодо використання LNG в якості суднового палива:

- необхідність криогенного зберігання (зріджений газ зберігається при температурі -163°C),
- відсутність відповідної підготовки суднової команди,
- зменшення місця на борту судна порівняно зі звичайними бункерами (у випадку з контейнеровозами при переобладнанні судна під бункерування LNG втрачається 3%),
- відсутність необхідної інфраструктури постачання LNG: потрібні заводи зі скраплення газу, невеликі термінали, розподільні мережі, сховища, заправники LNG.

Цінова політика продавців скрапленого газу значною мірою визначатиме окупність інвестицій на модернізацію суден. Так, якщо ціна скрапленого газу дорівнюватиме цінам на мазут, переобладнання окупиться за 3–5 років, якщо газ коштуватиме дорожче за мазут, термін окупності зросте до 15 років. За розрахунками судна на LNG потребують на 20% більше інвестицій, ніж традиційні судна, проте ця різниця може бути компенсована більш низькими цінами на паливо.

LNG розглядається як вирішення проблеми зі скорочення шкідливих викидів на найближче майбутнє, хоча домогтися 50% скорочення за допомогою лише LNG досить складно. Тому розглядається варіант додавання до LNG біогазу [2].

Паливом майбутнього називають аміак та за довгостроковим прогнозом до 2070 року вважають його лідером серед альтернативних джерел енергії, тоді як за прогнозом до 2050 року відбудеться перехід до газів (30%) і сумішей з дуже низьким або нульовим вмістом вуглецю, де





також переважатиме аміак [9].

Провідні компанії морської галузі Японії об'єдналися в Японську водневу асоціацію (Japan Hydrogen Association), яка має на меті впровадження водневого палива у промисловість країни і всього світу. Вони вбачають найбільш перспективним розвиток водневих батарей як джерела енергії. Норвезька Enova інвестує проєкт Торека зі створення суден, що працюють повністю на водні з нульовим вихлопом. Йдеться про два каботажних ролкера для обслуговування офшорних баз постачання уздовж узбережжя країни. Вони також перевозитимуть водень для заправних станцій, з яких місцеві пороми та інші судна зможуть отримувати водень як паливо, готове до використання [9].

У листопаді 2020 р. стало відомо, що концерн Volkswagen уклав договір з виробником біодизеля GoodFuels про постачання біопалива для зафрахтованого концерном автомобілевоза. Біопаливо отримують шляхом нескладної обробки рослинних масел спиртом (наприклад, дешеве рапсове або пальмове масло плюс дешевий метанол). Нове паливо використовуватиметься без змішування із звичайним дизелем і за прогнозами забезпечить зниження викидів вуглекислого газу на 85%, а сірки зовсім не буде. VW вже обирає ще одне судно для переобладнання на біодизель. Компанія GoodFuels пропонує два види біопалива: біодистилат MD1-100 і біомазут MR1-100, гарантуючи для обох нульовий викид сірки і зниження вуглекислого газу у вихлопі на 90% [9].

Альянс компаній Hyundai Mipo Dockyard, MAN Energy Solutions і Methanol Institute оголосили про створення судна з двигуном, що працює на метанолі. Метанол – дешеве паливо, «деревний спирт», який є в достатній кількості в усьому світі, зокрема майже у всіх великих портах. ІМО оцінює його як





четвертий найбільш важливий вид морського палива.

Метанол дозволяє судновласнику виконати вимоги ІМО NO_x Tier III: вихлоп зовсім не містить сірки, а вуглекислого газу – на 15% менше, ніж звичайний судновий мазут. Більш того, двигун також може працювати і на низькосірчаних марках IFO, MGO і MDO, перемикаючись на них і назад на метанол абсолютно безболісно, причому обидві системи абсолютно ізольовані, з окремими паливними і витратними танками і окремими маніфолдами для бункерування. Робоча швидкість судна за проєктом – 14,5 вузли, запасу метанолу достатньо на перехід близько 17,4 тис. морських миль, а також додатково 21,9 тис. морських миль – на запасі мазуту, ємності вантажних танків – 54 тис. м³, що лише на 300 м³ менше звичайного теплохода [9].

Фінська компанія Deltamarin представила проєкт нового контейнеровоза Kielmax серії C. Delta, кращого в своєму класі контейнеровоза з точки зору вантажопідйомності, маневреності та економії палива. Модель C. Delta 2100 працюватиме на LNG з можливістю використання альтернативних видів палива. Контейнеровоз матиме чотири вантажних трюми. Місткість судна складає 2,1 тис. TEU, кількість рефрижераторів – 450. Довжина судна становить 179,4 м, ширина – 31 м, дедвейт – 18,5 тис. т, заглиблення – 8,5 м. Розміщення контейнерів передбачено як на палубі, так і в трюмах. Вантажний простір судна оптимізовано для розміщення 40-футових контейнерів, причому контейнери зі збільшеною висотою можна розмістити як на палубі, так і в трюмах – без втрати слотів. Велика кількість рефрижераторів дозволяє раціонально розміщувати вантаж та уникати зайвих перестановок контейнерів [11].

Енергія вітру з давніх часів використовується на





морських суднах. Наразі існує кілька варіантів використання енергії вітру – летюче вітрило, роторне вітрило, жорсткі вітрила, суміщені з сонячними панелями та ін.

Beluga SkySails було першим у світі комерційним судном, яке використовувало для економії палива летюче вітрило, що випускалося висотою у сотню метрів і мало комп'ютерне управління. За підрахунками конструкторів судно, розвиваючи повний хід з меншим навантаженням на двигун, скорочувало витрати палива на 10–14%, що забезпечувало економію на витратах пального майже 1–1,5 тис. дол. на день, а також кількість шкідливих викидів в атмосферу на 20%.

Компанія Wallenius Wilhelmsen провела онлайн-презентацію проекту «Orcelle Wind» – автомобілевозу, який також працюватиме від енергії вітру, але запропонована зовсім інша конструкція використання енергії вітру. Використання вітрил дозволяє підхоплювати повітряні потоки і сприяти руху судна. Завершити проектування автомобілевоза планують у 2022 році, а здати в експлуатацію – у 2025 р. Місткість автомобілевоза складе 7 тис. одиниць. Крім легкових автівок, судно зможе перевозити важку техніку та негабаритні вантажі. Максимальне навантаження на рампу складатиме 150–200 т. Довжина судна – 220 м, ширина – майже 40 м, середня швидкість під вітрилами дорівнюватиме 10–12 вузлам. Але її можна буде збільшити, скориставшись додатковими енергетичними установками. Висота вітрил – 100 м, які у разі потреби можуть складатися удвічі. Використання на судні «Orcelle Wind» енергії вітру дозволить скоротити атмосферні викиди на 90% [12].

У Німеччині з 2010 року працює вантажне судно E-Ship 1 дедвейтом 10 тис. т, оснащене чотирма такими турбовітрилами





і двома гребними гвинтами. Роторне вітрило або турбовітрило – це порожній циліндр, який при обертанні під тиском вітру створює рушійну силу, причому якщо вітру немає, то можна піддувати його зсередини. Роторні вітрила дають значну економію енергії, беручи на себе частину енерговитрат щодо руху судна. Так, при потужності на валу 2769 кВт, не запускаючи турбовітрила, судно рухалося зі швидкістю 14,3 вузла, а з задіяними вітрилами при тій же потужності на валу – зі швидкістю 16,7 вузла [9].

У листопаді 2020 р. стало відомо, що Anemoi Marine Technologies разом з Shanghai Merchant Ship Design and Research Institute (SDARI) під загальним наглядом Lloyd's Register об'єдналися для створення проєктів різних типів суден з турбовітрилами, включаючи балкери дедвейтом від 85 до 210 тис. т, мегарудовоз дедвейтом 325 тис. т, а також танкери – Афрамекс дедвейтом 114 тис. т, MR-танкер (medium range) дедвейтом 50 тис. т і супертанкер (VLCC) [9].

Компанія Yara Marine Technologies, яка є лідером з розробки і впровадження технологій скорочення викидів у морській галузі, розробила технологію жорстких вітрил, що дозволить підвищити ефективність судна і забезпечити економію палива до 30% [13].

Концепт «Eco Marine Power» (Японія) заснований на використанні жорстких вітрил, суміщених з сонячними панелями. Встановлений на індивідуальній щоглі жорсткий парус Energy Sail автоматично «ловить вітер», розвертаючись у потрібному напрямку, щоб забезпечити судно рухом. Одночасно встановлені на вітрилі сонячні елементи подають електрику бортовим споживачам, що знижує навантаження та витрати палива електричними генераторами [14].

Під час шторму або коли судно знаходиться в порту,





вітрила складаються. Електроенергія, вироблена сонячними панелями, може бути накопичена в акумуляторних батареях і використана на стоянках. Модифікована версія Energy Sail допускає їх використання і в горизонтальному положенні. Жорсткі вітрила розробляються з урахуванням мінімального обслуговування і експлуатації у важких погодних умовах. Вони з успіхом зможуть протистояти сильному вітру і високій вологості.

Розрахунки Eco Marine показують, що річна економія палива при використанні може скласти до 20% [9]. Конкретні розміри економії залежать від виду палива і способу його використання. Наприклад, на електроходах – суднах оснащених електричними двигунами, витрати палива можуть бути знижені на 40%. З огляду на величезні витрати палива морськими суднами, така економія може призвести до значного зниження викидів парникових газів в атмосферу. Крім того, Energy Sails забезпечують точне управління на низьких швидкостях руху, що важливо в портах і бухтах.

До альтернативних джерел відносять також енергію хвиль. Створено концепт судна – риби, в якому між головним корпусом і бічними спонсонами проходять дванадцять горизонтальних рухливих плавців-крил, що утилізують енергію хвиль, коли машина йде під вітрилами або стоїть на якорі. Але ці крила можуть виступати в якості рушія – в цьому випадку їх силовий привід працює від корабельної енергетичної мережі. Так що судно рухається подібно до риби – за рахунок коливань плавників.

За оцінками експертів, на Балтиці, де висота хвиль у літній період складає 1 м, коефіцієнт корисної дії існуючих гідрохвильових енергетичних установок плавникового і поплавкового типу дорівнюватиме 0,35. Тому плавники





можуть бути використані лише як додаток до базових двигунів внутрішнього згоряння судна. Крім того, зовнішнє розташування плавників може привести до пошкодження високими хвилями, посадки судна на міліну.

Ведуться розробки сонячних батарей, що покривають більшу частину корпусу судна, які можуть бути прибрані при виконанні вантажених робіт в порту. Акумулятована сонячна енергія зберігається в літій-іонних батареях великої потужності і може бути використана у будь який час.

У 2022 році суднобудівний завод Kawasaki Heavy Industries спустить на воду перший в своєму класі танкер e5, який працюватиме тільки на літій-іонних батареях. Контракт на установку акумуляторів отримала компанія Corvus Energy. Судно e5 здійснюватиме перевезення дизельного палива для заправки інших вантажних суден у Токійській затоці. Танкер обладнають акумуляторами на 3,5 мегават-години, що приблизно у 40 разів більше, ніж у Tesla Model S. Зарядна станція розташовуватиметься на березі [15].

Компанія Corvus Energy вже встановила батареї майже на 400 суднах, чверть з яких повністю електричні. Більшість з них – пасажирські та автомобільні пороми, що курсують по норвезьких фіордах, де судновласники стикаються з жорсткими обмеженнями на викиди CO₂ та токсичних газів (діоксиду сірки і оксиду азоту). Японський танкер – це перше повністю електричне вантажне судно Corvus [15].

Батарея танкера e5 досить велика для сучасних електричних суден. Так, на 80-метровий контейнеровоз Yara Birkeland поставлять акумулятори на 9 МВт-годин для всіх двигунів, спуск на воду запланований на кінець 2021 року. Corvus також обладнає батареями на 10 МВт-годин круїзний лайнер AIDA Perla, розрахований на 330 пасажирів.





Завдяки зростанню попиту на електромобілі акумулятори значно подешевшали. Середні ціни на батарейні блоки становили близько 140 доларів за кіловат-годину у 2020 році порівняно з 670 доларами у 2013 році. Очікується, що до 2023 року ціни дорівнюватимуть 100 доларів за кіловат-годину [10].

Прагнення ІМО скоротити до 2050 року викиди на 50% порівняно з 2008 р. стимулює інвестувати не тільки в акумулятори, але і в більш чисте паливо – рідкий водень.

У 2019 році спустили на воду в порту Кобе (Японія) перший у світі танкер для транспортування рідкого водню. Танкер Suiso Frontier призначений для перевезення морськими шляхами великих обсягів рідкого водню, охолодженого до – 253°C. Таким чином, Японія планує імпортувати рідкий водень від виробника в Австралії [21]. Норвежці повідомили, що будують судно для бункерування рідким воднем місткістю 9 тис. м³. В Австралії компанія Global Energy Ventures (GEV) розробила проєкт танкера для перевезення рідкого водню. Загалом завдяки розвитку технологій паливних елементів, GEV має намір зробити ставку на двигуни, що працюють на рідкому водні [16].

1 лютого 2021 року Corvus Energy оголосила про початок розробки систем водневих паливних елементів для суден, які вона об'єднає з літій-іонними батареями. Компанія планує продемонструвати першу комбіновану систему до 2023 року [15].

Компанія Stena Bulk (Швеція), представила концепцію електричного модульного гібридного балкера InfinityMAX для екологічно чистих перевезень і поліпшення портових операцій, який планується ввести в експлуатацію у 2030 – 2035 рр. [17]. Кожна модульна вантажна одиниця InfinityMAX за проєктом є повністю ізольованою та самодостатньою щодо використання





енергії: з вітряними турбінами і сонячними батареями, що виробляють необхідну для внутрішніх систем електроенергію. InfinityMAX буде використовувати водень в якості суднового палива і вітряні турбіни для вироблення додаткової енергії. Необхідно звернути увагу, що модульні блоки судна спроектовані так, щоб їх можна було вивантажувати за межами портів і піднімати буксирами. Балкер InfinityMAX буде напівавтономним і задовольнятиме безпечність та ефективність операцій.

Скорочення парникових викидів необхідно для боротьби з парниковим ефектом і глобальним потеплінням клімату, який загрожує людству катастрофічними наслідками. Провідні суднобудівні компанії Японії, США, Швеції та ін. країн мають концепти екологічно чистих суден, які можуть ефективно працювати і не завдавати шкоди навколишньому середовищу.

Однією з таких розробок є концепт «NYK Super Eco Ship 2050» (довжина – 199,9 м, ширина – 49 м) – екологічно чисте судно з інноваційною структурою і прогресивною технологією, заснованою на використанні альтернативних джерел енергії [18].

«NYK Super Eco Ship 2050» є унікальним і надзвичайно важливим концептом, оскільки містить безліч інноваційних рішень: знижена вага корпусу, оптимізована його форма, підвищена ефективність рухової системи, забезпечена енергозбереженість та цифровізація, передбачено використання сонячної енергії та водню, що забезпечить скорочення викидів CO₂ на 100% і, таким чином, дозволить створити судно з нульовим рівнем шкідливих викидів [18].

Зменшення ваги судна забезпечується шляхом застосування нових, більш легких матеріалів: високоміцної сталі, різних сплавів і композитів; нових конструктивних





рішень у вигляді закритого корпусу; спрощення машинного обладнання за рахунок переходу на паливні елементи; технічне обслуговування відбуватиметься за допомогою цифрових двійників – технології, яка дозволяє аналізувати фізичні умови в реальному часі з наземних офісів, запобігати нещасним випадкам і забезпечувати оптимальне технічне обслуговування.

Для зниження опору тертя підводної частини корпусу судна розробляють нанопокриття, в основу якого покладено використання супергідрофобності листя лотоса, що відштовхуватиме молекули води.

Компанія «Mitsubishi» розробила нову технологію «повітряного мастила» Mitsubishi Air Lubrication System (MALS). Компанія «Mitsubishi» має проєкт суховантажу MALS-14000CS – великого судна з широким корпусом і малим заглибленням, що створює низький тиск води, дозволяє нагнітати повітря під судно і не вимагає великих витрат електроенергії для роботи повітряного насоса. Крім того, широкий корпус судна легко зберігає повітряні бульбашки, не даючи їм вислизати. Розроблена технологія «повітряного мастила» забезпечує більш економічну експлуатацію великих суден: скорочує викиди на 10%, разом з новим дизайном корпусу, з електронним управлінням дизельним двигуном, системою утилізації тепла і нової двомоторної, двохваловою руховою системою можливе скорочення шкідливих викидів до 35% [19].

Питанням аеродинаміки завжди приділяли багато уваги в автомобілебудуванні. Їх досвід запозичили суднобудівельники. Японці замовили у датської компанії Euro Marine Carrier B.V. судно, на якому перевозять машини до Європи і в Росію. «Фішкою» величезного судна є форма його





передньої частини, яка завдяки сферичній формі дозволяє економити паливо. Така форма носової частини є більш аеродинамічною порівняно зі стандартною формою корпусу сучасних суден. Округлі форми знижують опір повітря у два рази порівняно з традиційними суднами. Таким чином, судно City of St. Petersburg може заощадити до 800 т палива на рік, що призведе до зниження викидів CO₂ приблизно на 2,5 тис. т. Найбільшої економії інженери очікують на Північному морі, де постійно дмуть сильні вітри.

Французький інженер Ружері запропонував концепцію підводного вантажного судна, рухомого замість гвинтів реактивною силою водяного струменя [20, с. 378]. Рухаючись за таким же принципом, що і каракатиця (принцип водомету), судно спроможне розвинути високу швидкість: адже техніка дозволяє значно прискорити процес всмоктування і виштовхування води.

Переваги підводного торговельного судноплавства:

- підводні судна майже не утворюють хвиль. Вітер, буря, хвилі не є перешкодою для їхнього руху;
- зменшення ваги суден. Для надводних суден важливі поздовжні зв'язки для забезпечення міцності корпусу з метою протидії тиску води. Вага їх становить значну частку загальної ваги набору корпусу судна. У підводних суден ці елементи можуть бути менше як за вагою, так і за габаритами;
- можливість перетину будь-яких глибоководних морських просторів: Північного Льодовитого океану, різних проходів у будь-який час року;
- відпадає потреба в криголамах;
- виникає можливість проходження найкоротшими шляхами і в Америку з Європи і Азії (або навпаки) через Північний полюс.





За даними компанії Rolls-Royce, за останнє десятиліття відбулося понад 1280 інцидентів, що призвели до збитків. Більшість з них є результатом людської помилки: приблизно від 75% до 96% від усіх морських аварій [21]. За іншими джерелами в середньому 80% морських аварій і катастроф відбувається через неправильні або несвоєчасні дії екіпажу: з вини судноводіїв відбувається 25% аварій, лоцманів – 5%, механіків – 2%, рядового складу – 17%, берегового персоналу – 17%, інших співробітників – 14%.

Таким чином, автоматизація рутинних завдань і процесів допомогла б підвищити якість роботи і безпеку морських вантажоперевезень. Системи, які здатні виконати ці завдання, сьогодні розробляє компанія Rolls-Royce спільно з Intel Corp. (INTC, NASDAQ). Компанії створюють систему для обробки величезного обсягу даних, необхідних для перетворення суден на плаваючі центри обробки даних, розумні судна [1].

Інтелектуальна система оповіщення Rolls-Royce (IAS) використовує мережу датчиків і поліпшене рішення, яке об'єднує дані від LIDAR, радарів, термокамер, HD-камер, супутникових даних і прогнозів погоди. Кожне судно може обробляти до 1 Тб на день. Отримані дані пізніше можна аналізувати для отримання додаткової інформації про роботу і переміщення судна. Також Rolls-Royce співпрацює з Google, підрозділом Alphabet Inc. (GOOGL, NASDAQ), для використання нейронних мереж для розробки інтелектуальних систем, які зроблять існуючі судна більш безпечними і прокладуть шлях для автономних суден [1].

За прогнозами експертів для забезпечення безпеки судноплавства з метою зниження залежності аварійності теплоходів від людського фактора морський транспорт розвиватиметься у напрямку безпілотного управління суднами.





За розрахунками компанії Rolls-Royce використання автономних систем у судноплаванні може знизити страхові внески, а отримані дані можуть забезпечити важливою інформацією у разі виникнення інцидентів. Нарешті, автономні системи можуть знизити загальні витрати на доставку на 22% за рахунок зниження витрат на екіпаж і скорочення кількості нещасних випадків. За прогнозами Rolls-Royce інтелектуальні платформи, які могли б дозволити скоротити екіпаж і забезпечити дистанційну підтримку морських суден, ймовірно з'являться у найближчому майбутньому. А судна, що працюють зовсім без допомоги людей, можуть вийти в море вже у 2035 р. Перші клієнти висловили зацікавленість щодо автоматизації судноплавства [1].

У Норвегії створили перший у світі безпілотний контейнеровоз з нульовим викидом. Довжина Yara Birkeland становить 80 м, ширина – 15 м, місткість – 120 TEU. Контейнеровоз планується задіяти на доставці продукції Yara з заводу в Порсгрунн до портів Бревік і Ларвік. У компанії розраховують, що переорієнтація вантажу з автотранспорту на морське транспортування зменшить рівень шуму і викидів. Судно оснащено ключовими технологіями Kongsberg, які забезпечують дистанційне і автономне управління, а також електронікою, акумуляторної та силовими установками розробки Kongsberg [21].

Компанія Hyundai Heavy Industries Group (Південна Корея) наприкінці 2021 року планує відправити в перше автономне трансокеанське плавання танкер для перевезення СПГ. За дослідженнями глобального ринку Allied Market Research ринок автономних суден щороку зростатиме в середньому на 4,4% і до 2030 р. досягне 150 трлн вон [22].

Протестовано прототип системи AI Captain на базі





штучного інтелекту AI Captain (IBM), завдяки якій автономне судно Mayflower зможе без участі людини перетнути Атлантичний океан. Протягом останніх двох років фахівці займалися розробкою моделей штучного інтелекту судна, використовуючи понад мільйон морських зображень, зібраних з камер у затоці Плімут-Саунд у Великобританії, а також бази даних з відкритим вихідним кодом. Завдяки можливостям штучного інтелекту і периферійним обчислювальним системам IBM під час плавання Mayflower може самостійно переміщатись у відкритому морі, розпізнавати судна, буї та такі перешкоди як земля, хвилерізи та сміття. На думку експертів, успішна реалізація цього проекту сприятиме подальшому розвитку автономних суден, а також трансформує майбутнє наукових морських досліджень. Відзначається, що на даний час великі порти по всьому світу вже інвестують кошти у підготовку до експлуатації автономних суден [21].

Але автоматизовані судна потребуватимуть наявності у штаті співробітників, здатних аналізувати інформацію, що надходить від датчиків, тому зростатиме потреба у судових інженерах–системотехніках.

Висновки. Міжнародні морські перевезення забезпечують майже 90% світової торгівлі. Світовий флот налічує близько 95 тис. торговельних суден.

Проаналізовано проблеми морської галузі, систематизовано напрямки інноваційного розвитку морського транспорту у світі з метою визначення нової реальності та візії майбутнього.

Встановлено, що основними проблемами морського транспорту у світі є: збільшення експлуатаційних витрат суден на перевезення вантажів через зростання цін на паливно-мастильні матеріали; пріоритетність потреб охорони





навколишнього природного середовища та збереження цінних природоохоронних територій; велика кількість морських аварій та катастроф через неправильні або несвоєчасні дії екіпажу.

Наявність зазначених проблем змушує скеровувати розумові зусилля, а також застосовувати нові ідеї для їхнього подолання. Визначені основні тренди інноваційного розвитку морського транспорту у світі: збільшення лінійних розмірів морських суден (контейнеровозів з метою зменшення експлуатаційних витрат судна та круїзних суден – для підвищення рівня комфортабельності при наданні послуг мандрівникам); використання паливно-економічних та екологічних морських суден для забезпечення зменшення шкідливих викидів з суден; використання скрапленого природного газу в якості суднового палива з метою скорочення шкідливих викидів з суден; застосування альтернативних джерел енергії – аміаку, водню, біопалива, метанолу, сонця, вітру, води; використання «повітряних мастил», нанопокриттів для зменшення тертя підводної частини корпусу судна та витрат палива у процесі транспортування вантажів; покращення аеродинаміки завдяки конструктивним трансформаціям судна (сферична форма носу судна, плавні обводи корпусу тощо); для прискорення розвантаження використовуватимуться спеціально розроблені водонепроникні контейнери–резервуари, які викидатимуться за борт вантажного судна на рейді, а далі буксири доставлятимуть їх до пірсу; застосування композитних матеріалів, зниження металоємності суден; спорудження підводних суден; використання високотехнологічних та ергономічних транспортних засобів, інтелектуальних транспортних систем, інформаційних технологій,





електронного документообігу, перетворення суден на плаваючі центри обробки даних; покращення безпечності транспортних засобів завдяки впровадженню безпілотного управління судном та ін.

Список використаних джерел:

1. Морские суда-роботы: как это повлияет на рынок. Freedom Finance : веб-сайт. URL: <https://ffin.ru/market/review/82/74344/#ixzz6CyCt47gD> (дата звернення: 14.10.2021).
2. Бункеровка LNG перспективна, но с оговорками. *Национальная ассоциация нефтегазового сервиса* : веб-сайт. URL: <https://nangs.org/news/downstream/bunkerovka-spg-perspektivna-po-s-ogovorkami> (дата звернення: 14.09.2021).
3. Федулова Л.І. Форсайт: сучасна методологія технологічного прогнозування. *Економіка і прогнозування*. 2008. №3. С.106-120.
4. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. *Верховна Рада України* : Офіційний портал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 4.09.2021).
5. HMM Algeciras – первый из двенадцати 24-тысячников компании HMM. *Центр транспортних стратегий* : веб-сайт. URL: https://cfts.org.ua/news/2020/05/28/krupneyshiyvmire_konteynerovoz_proshel_cherez_suetskiy_kanal_58932 (дата звернення: 15.09.2021).
6. Корнілова В.В. Сучасні тенденції розвитку круїзного ринку світу. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 5. С. 20–25.
7. Корабли будущего – контейнеровоз нового поколения. *seaman-sea.ru*: веб-сайт. URL: <http://seaman-sea.ru/>





korabli-budushchego/item/106-kontejnerovoz-novogopokoleniya.html (дата звернення: 15.09.2021).

8. Лошкаръов О.Г., Стовба Т.А. Канальный збір – гроші з неба і в нікуди. *Fundamental and applied research in the modern world*. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Boston, USA. 2020. Pp. 414-423. URL: <https://sci-conf.com.ua/ii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-fundamental-and-applied-research-in-the-modern-world-23-25-sentyabrya-2020-goda-boston-ssha-arhiv> (дата звернення: 24.09.2021).

9. Нетребенко А. Альтернатива для судовладельца. Чем заменить углеводородное судовое топливо? *Порты Украины* : сайт журналу. URL: <https://ports.ua/alternativa-dlya-sudovladelcza-chem-zamenit-uglevodorodnoe-sudovoe-topливо/?fbclid=IwAR0q-DryQFafmpbG6vmyowdA6p6f1gGPn2rCu9NL5nzbhW5IwXsjysZAC4> (дата звернення: 24.09.2021).

10. Расширение зон контроля за выбросами к 2025 году повысит привлекательность СПГ для судоходных компаний. *rzd-partner.ru* : сайт. URL: <https://www.rzd-partner.ru/water-transport/comments/rasshirenie-zon-kontrolya-za-vybrosami-k-2025-godu-povysit-privlekatelnost-spg-dlya-sudokhodnykh-kom> (дата звернення: 27.09.2021).

11. Deltamarin представили проект контейнеровоза Kielmax. *USM.media* : журнал. URL: <https://usm.media/deltamarin-predstavili-proekt-kontejnerovoza-kielmax> (дата звернення: 24.09.2021).

12. Orcele Wind – первое в мире судно RoRo с ветряной тягой. *Wallenius Wilhelmsen* : веб-сайт. URL: <https://www.walleniuswilhelmsen.com/news-and-insights/highlighted-topics/orcele> (дата звернення: 22.09.2021).





13. BAR Technologies и Yara Marine создадут жесткие паруса для судна Cargill. *USM.media* : журнал. URL: <https://usm.media/bar-technologies-i-yara-marine-sozdadut-zhestkie-parusa-dlya-sudna-cargill> (дата звернения: 24.09.2021).

14. Ветровая и солнечная морская энергия. *Eco Marine Power* : веб-сайт. URL: <https://www.ecomarinepower.com/en/products/8-products-services-and-consulting/15-wind-and-solar-marine-power> (дата звернения: 26.09.2021).

15. Япония строит первый в мире полностью электрический прибрежный танкер. *Liza tech* : веб-сайт. URL: <https://tech.liga.net/technology/novosti/yaponiya-stroit-pervyyu-v-mire-polnostyu-elektricheskiy-pribrejnyu-tanker> (дата звернения: 24.09.2021).

16. В Норвегии построят первый в Европе завод по производству жидкого водорода. *USM.media* : веб-сайт. URL: <https://usm.media/v-norvegii-postroyat-pervyj-v-evrope-zavod-po-proizvodstvu-zhidkogo-vodoroda> (дата звернения: 24.09.2021).

17. Stena Bulk показали концепт экологического гибридного балкера. *usm.media* : веб-сайт. URL: <https://usm.media/stena-bulk-pokazali-koncept-ekologicheskogo-gibridnogo-balkera> (дата звернения: 24.09.2021).

18. NYK продвигает декарбонизацию с помощью исследовательского проекта NYK Super Eco Ship 2050. *NYK line*: веб-сайт. URL: https://www.nyk.com/english/news/2018/20181114_01.html (дата звернения: 24.09.2021).

19. Как работает система воздушной смазки для судов? *Marine Insight*: веб-сайт. URL: <https://www.marineinsight.com/green-shipping/how-air-lubrication-system-for-ships-work> (дата звернения: 28.09.2021).

20. Ханке Х. Люди, корабли, океаны. / пер. с нем. Л.Ф. Маковкина. Ленинград, Судостроение, 1976. 432 с.





21. В Норвегии создали первый в мире беспилотный контейнеровоз с нулевым выбросом. *Центр транспортных стратегий* : веб-сайт. URL: https://cfts.org.ua/news/2020/11/30/v_norvegii_sozdali_pervyy_v_mire_bespilotnyy_konteynerovoz_s_nulevym_vybrosom_62129 (дата звернення: 24.09.2021).

22. Hyundai Heavy Industries планує відправити в перше автономне трансокеанське плавання трьохсотметровий танкер для перевезення СПГ *Судоходство*: журнал. URL: <https://ua.sudohodstvo.org/hyundai-heavy-industries-planuye-vidpravyty-v-pershe-avtonomne-transokeanske-plavannya-trohsotmetrovyj-tanker-dlya-perevezennya-spg/> (дата звернення: 24.09.2021).

