

*Гончарук І.П., Никифоров Ю.О. Кошарська Л.В., Головань А.І.*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ І ЕКОЛОГІЧНІСТЬ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

*Світ стоїть перед викликом постійного зростання споживання енергії. Водночас енергетичні ресурси стають дефіцитними. Незважаючи на раптове значне падіння цін на паливо в усьому світі, дослідницька діяльність, спрямована на зменшення залежності від викопного палива як традиційного джерела енергії, все ще має перевагу в галузі судноплавства. Використання чистих і відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна енергія, наприклад, пропонується як метод підвищення ефективності суден. Судна можуть отримати вигоду від сонячної енергії завдяки тому, що більша частина їх надводної поверхні завжди знаходиться під впливом сонця, особливо в сонячних регіонах. У цій статті обговорюється ефективність і проблеми встановлення сонячних панелей для допоміжного виробництва електроенергії на борту судна. У статті підкреслюється необхідність розвитку інфраструктури відновлюваної енергетики для морського транспорту. Результати опитування, проведеного в рамках цього дослідження, слугують інформацією для розробників державної політики щодо того, якою мірою політика може або повинна намагатися забезпечити керівні принципи і стимули у формуванні ставлення або поведінки галузі щодо застосування відновлюваних джерел енергії. Існує високий ступінь переваги відновлюваних джерел енергії над викопними як для судових енергетичних установок, так і для домогосподарств. У той час як сонячна енергія є найбільш сприятливим типом енергії для домогосподарств, спалювання водню (80%) є найбільш підтримуваною альтернативою для забезпечення енергією комерційного судноплавства. Паливні елементи є наступною найбільш популярною (64%) альтернативною енергією, яка застосовується на борту суден, на думку представників морської індустрії. Результат також вказує на те, що перевага конкретного типу енергії на борту судна також базується на інших факторах, таких як доцільність, а не на особистих уподобаннях респондентів.*

**Ключові слова:** морське судно, альтернативна енергія, відновлювана енергія, паливний елемент.

**Постановка проблеми.** З огляду на подвійні виклики, пов'язані зі скороченням викидів від викопних видів палива та забезпеченням доступу до чистої та доступної енергії, існує нагальна потреба у переході до низьковуглецевої енергетичної системи та забезпечення доступу до чистої та доступної енергії. Цей перехід повинен враховувати питання енергетичної справедливості, щоб гарантувати, що політика, плани і програми гарантували справедливий і рівний доступ до ресурсів і технологій. Спектр досліджень пропонує критичні перспективи енергетичного переходу, а також інструменти для прийняття рішень та політичних процесів. Кількісні, якісні та змішані методи сприяють нашому розумінню проблем та успішності реагування на них. Дослідження, представлені у цієї статті ілюструють, що сфера «зеленої енергетики» - це сфера, яка швидко розвивається. Відбуваються постійні інновації, що сприяють переходу, з'являються нові процеси та показники для прийняття рішень, а також з'являється більш цілісний погляд на громаду, де прийняття та розширення прав відкривають можливості для справедливого переходу до низьковуглецевої енергетичної системи. Наукові досягнення, підвищення рівня обізнаності громадськості з екологічними проблемами та

економічний клімат прискорили і продовжили інтерес до відновлюваних джерел енергії в усьому світі. Початок роботи з відновлюваними ресурсами вимагає значних змін в нашій енергетичній інфраструктурі. Наявність енергетичних ресурсів вітру, води та сонячного світла, перетворених за допомогою таких пристроїв, як вітрові турбіни, концентровані сонячні електростанції, сонячні фотоелектричні електростанції, фотоелектричні системи на дахах, геотермальні електростанції, гідроелектростанції та приливні турбіни, може забезпечити енергією світ у 2030 році, який використовуватиме електроенергію та електролітичний водень для всіх цілей. Така інфраструктура може призвести до скорочення світового попиту на електроенергію приблизно на 30% від його поточного значення. Незважаючи на те, що існує високий ступінь переваги заміни викопних джерел енергії їх відновлюваними еквівалентами на борту суден, дослідження розвитку відновлюваної інфраструктури для морських перевезень все ще перебуває на перших етапах. На жаль, використання більшості відновлюваних джерел енергії на морі все ще становить велику проблему, але серед різних видів відновлюваних джерел сонячна енергія є пріоритетною для застосування на судах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Якщо ми уважніше подивимося навколо, то побачимо, що будь-яке джерело енергії, навіть викопне паливо, має за основу сонячну енергію. Рослини залежать від Сонця, щоб виробляти їжу, тварини їдять рослини, і вони обидва в кінцевому підсумку стають ключовими інгредієнтами для викопного палива. Без Сонця на нашій планеті не існувало б нічого. Сонце є чудовим джерелом відновлюваної енергії у вигляді тепла і світла, які можуть бути перетворені в електрику. Однак, незважаючи на їх широке використання в основних сферах застосування на суші, присутність сонячних енергетичних систем у сучасних морських технологіях залишається обмеженою. Вони в основному працюють як постачальники енергії для невеликих маяків, буїв і зарядних пристроїв для акумуляторів невеликих вітрильних яхт. Однак зростання транспортних витрат через ціни на паливо, посилення обмежень на викиди вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) і оксидів азоту (NO<sub>x</sub>) через нову екологічну політику і, нарешті, загальна потреба в більш екологічних видах транспорту - ось причини, які змушують судноплавні компанії переглянути питання систематичного використання фотоелектричних систем на великих судах. До «зелених» енергетичних технологій також відносять переробку органічних відходів, оскільки в цьому випадку збитки навколишнього середовища мінімізуються. Таким чином, «зелена» енергетика спирається на використання альтернативних у порівнянні з викопним паливом джерел - невичерпних або відновлюваних, - при виробництві енергії з яких завдається набагато меншої шкоди навколишньому середовищу. На користь «зеленої» енергетики свідчать і інші чинники, зокрема можливість здійснювати відносно недорогі локалізовані енергетичні рішення, такі як «сонячні ферми». Крім того, зелені енергоустановки не вимагають значних додаткових витрат енергоресурсів після введення в експлуатацію. Хоча ефективність зеленої енергетики багато в чому визначається географічним розташуванням. Наприклад, у регіонах з інтенсивним сонячним випромінюванням легше та швидше створити ефективне енергетичне підприємство на основі сонячних батарей. Стаття [1] висвітлює виклики у розвитку технологій морської відновлюваної енергетики та пропонує пріоритетні напрямки досліджень для їх вирішення. Автори статті [2] обговорюють ефективність та виклики впровадження сонячних панелей для допоміжного виробництва електроенергії на судах. Дослідження [3] розглядає можливості використання відновлюваних джерел енергії в морському транспорті, підкреслюючи потенціал скрапленого природного газу (СПГ), як короткострокової альтернативи та відновлюваних джерел енергії як додаткових заходів для морських суден. Стаття [4] фокусується на сьогоднішній та майбутньому відновлюваних джерел енергії на борту суден, зокрема, досліджуючи впровадження сонячно-теплових систем. У цих статтях розглядається необхідність переходу до інноваційної та екологічно чистої (сталого) енергетики. Автори статті [5] досліджують, як вчені, що працюють над технологіями відновлюваної енергетики, сприймають свою роль в

енергетичному переході. Дослідження [6] обговорює важливість енергетичної справедливості при переході до низьковуглецевої енергетичної системи. Стаття [7] висвітлює можливі наукові прориви у сфері сталого енергопостачання та споживання. Автори статті [8] наголошують на принципах сталості та цінності атмосфери Землі для досягнення низьковуглецевого енергетичного балансу. Загалом, ці доповіді демонструють постійні дослідження та зусилля, спрямовані на впровадження технологій відновлюваної енергетики в судноплавну індустрію.

**Мета дослідження** полягає у огляді існуючих сонячних енергетичних установок, які можуть бути використані на борту суден, обговоренні та оцінюванні ефективності використання сонячної енергії як допоміжного джерела живлення з метою зменшення споживання палива та шкідливих викидів. Крім того, у статті розглядаються певні виклики, а також економічні та екологічні питання, пов'язані з можливим застосуванням цієї концепції на борту судна.

**Основні результати дослідження.** З точки зору доступності, більшість традиційних морських енергетичних установок залежать від викопного палива, яке, як очікується, вичерпається протягом кількох найближчих десятиліть, тоді як сонячна енергія вважається відновлюваним і безперервним джерелом енергії, що постачається Сонцем в усі куточки Землі [9]. Безсумнівно, традиційні морські види палива ефективно працювали протягом останніх десятиліть, особливо з точки зору безпеки, продуктивності та адаптивності. Але через величезну кількість шкідливих викидів з суден Міжнародна морська організація (ІМО) протягом останніх кількох років запровадила суворі правила щодо викидів, щоб подолати цю проблему [10]. З іншого боку, сонячна енергія не спричиняє жодних викидів, тобто є екологічно безпечною. Крім того, на відміну від звичайних морських енергетичних установок, сонячні енергетичні системи працюють безшумно, що є важливим фактором, особливо на пасажирських судах. Нарешті, сонячні енергетичні системи можуть виступати ідеальним джерелом енергії, незалежним від електромеханічних систем судна [11]. Незважаючи на вищезазначені переваги, низька ефективність сонячної енергетичної системи є основним бар'єром, що обмежує її широке використання. Середній тепловий ККД звичайного судового двигуна становить близько 40%, тоді як ККД сонячної фотоелектричної системи - від 15 до 20% [12]. Обмеження продуктивності компонентів сонячних фотоелектричних систем, таких як батареї, інвертори та інші системи кондиціонування, є ще одним бар'єром. Крім того, оскільки сонячна електростанція завжди знаходиться під впливом погодних умов, вода може просочуватися крізь крихітні тріщини у склі фотоелектричних модулів, особливо під час сезону дощів, що призводить до накопичення пилу і водоростей уздовж нижньої частини панелей. Все це є основними проблемами в експлуатації фотоелектричних систем. Крім того, низька щільність виробленої енергії ускладнює залежність від сонячної енергії як основного джерела електроенергії на борту суден [13].

Вивчення залежності сонячних енергетичних систем на борту суден вказує на те, що існують деякі фактори, які можуть вплинути на цю застосовність. Ці фактори включають: (1) наявність високої сонячної радіації вздовж маршруту судна, (2) наявність достатньої площі палуби, відкритої для сонця, (3) наявність відповідної фотоелектричної системи, підключеної до мережі, (4) техніко-економічний вибір наявних сонячних панелей і (5) наукова підготовка макета системи.

Дані про розподіл сонячної радіації в конкретному водному регіоні мають життєво важливе значення при оцінці можливості використання будь-якої сонячної енергетичної системи в якості джерела енергії в цьому регіоні. Такі дані є необхідною умовою для проектування будь-якої системи перетворення сонячної енергії. Сонячне випромінювання, що надходить на поверхню Землі, підлягає багаторічному спостереженню (можливо, не менше 20 років), яке необхідно провести, щоб отримати точну оцінку довгострокового розподілу і

доступності. У країнах, що розвиваються, є багато місць, де немає необхідного обладнання для точних і безперервних вимірювань сонячної радіації, тому необхідно використовувати деякі експериментальні методи, засновані на легко вимірюваних метеорологічних параметрах, таких як відносна вологість, температура, тривалість яскравого сонячного сяйва, періоди опадів і хмарність [14]. Середнє багаторічне значення річної суми радіації по всьому світу коливається від 700 до 2700 кВт·год/м<sup>2</sup>, в той час як добова сума становить від 2,0 до 7,5 кВт·год/м<sup>2</sup>. Зокрема, з радіаційної карти арабських країн видно, що річна і добова суми радіації коливаються від 1600 до 2400 кВт·год/м<sup>2</sup> і від 4,4 до 6,6 кВт·год/м<sup>2</sup>.

Доступна площа палуби на борту судна відіграє важливу роль у кількості поглинутої сонячної енергії. Доступна площа залежить від декількох факторів, таких як тип судна, розміри судна і розташування палубного обладнання. Чим більша кількість сонячних панелей може бути встановлена, тим більше сонячного світла вони можуть зібрати і, відповідно, тим швидше сонячна енергія перетворюється в електрику, яку можна зберігати в акумуляторах. Велика площа палуби також важлива в інших ситуаціях, таких як хмарність або низькокутове та низькоінтенсивне світло взимку. Час зарядки може варіюватися від 4 до 16 годин сонячного світла для однієї батареї, залежно від площі поверхні та умов освітлення. Сонячна енергія може бути розрахована відповідно до географічного положення, площі сонячних панелей та ефективності сонячних панелей.

Мережева фотоелектрична система складається в основному з сонячних панелей, інвертора, акумуляторної батареї та інших необхідних електричних пристроїв. Варто зазначити, що кількість сонячних панелей, які можуть бути використані, залежить від ємності використовуваних акумуляторів. Вироблений постійний струм за допомогою електричних проводів передається до комбінаторної коробки. Електричний струм надходить через роз'єднувач до контролера заряду, який контролює струм, що надходить від сонячних панелей, і запобігає перезарядженню батарей [14]. Потім електроенергія надходить до декількох акумуляторів, що складають акумуляторну батарею. Батареї використовують і зберігають постійний струм. Вони мають низьку вихідну напругу, зазвичай в діапазоні 12-24 вольт. Оскільки більшість приладів на борту суден працюють від мережі 220 В змінного струму, інвертор необхідний в системі для перетворення постійного струму в змінний. Шунт використовується для вимірювання електричного струму, що проходить між акумуляторною батареєю та інвертором. Вироблений змінний струм подається до визначених електроспоживачів, наприклад, для забезпечення освітлення. Коли кількість сонячної енергії стає низькою, спрацьовує автоматичний стартер, який запускає дизель-генератор. Селектор використовується для перемикання між струмом.

Безсумнівно, що додавання додаткової ваги на борт існуючого судна призведе до певних змін у розташуванні його центру ваги, що, ймовірно, вплине на його остійність. Тут слід зазначити, що додаткова вага сонячних панелей, які необхідно розмістити на верхніх палубах, відкритих для сонця, призведе до вертикального зміщення центру ваги судна вгору. Однак при цьому найважчий компонент сонячної енергетичної системи, яким є акумуляторна батарея, зазвичай закріплюється належним чином в нижній частині судна, біля кіля, що призводить до зміщення центру ваги судна вниз. Очікується, що все це призведе до незначного впливу на остійність судна.

Для того, щоб вивчити можливість застосування сонячної енергетичної системи на борту судна, необхідно зібрати і оцінити велику кількість важливої інформації. Приклади таких даних, які необхідно зібрати та/або оцінити, включають: основні характеристики судна, планування палуби, споживання палива, початкові, експлуатаційні та технічні витрати на дизель-генератор, необхідну сонячну енергію для живлення акумуляторних батарей, ринкові ціни на сонячні панелі, серед іншого. Для визначення необхідної кількості сонячних панелей,

здатних забезпечити кількість енергії, аналогічну тій, що виробляється судновим дизель-генератором, слід також взяти до уваги споживану допоміжну потужність судна. На приклад сонячні панелі використовуються для подачі постійного струму 24 В на акумуляторну батарею, від якої живиться електронне обладнання, таке як сигналізація, освітлення, аварійне освітлення, радіонавігаційні прилади, навігаційні вогні та інші аварійні навантаження на борту судна. Зібрані дані використовуються для аналізу вартості впровадженої сонячної енергетичної системи, а потім порівнюються з вартістю спожитого палива від генераторних установок. Також аналізується вплив впровадженої сонячної електростанції на навколишнє середовище.

Економічний аспект є одним з основних показників, які слід брати до уваги як доказ можливої вигоди від встановлення сонячної енергетичної системи на борту судна як допоміжного джерела живлення для деяких електричних приладів, щоб зменшити споживання викопного палива, а отже, заощадити його вартість і уникнути викидів в атмосферу.

Витрати на сонячну батарею та електромережу необхідно оцінювати окремо, оскільки вони не залежать від специфікації системи.

Для вже існуючих суден економічний аспект залежить від доступної площі, відкритої для сонця і придатної для встановлення сонячної батареї, а також від обраної площі сонячної панелі, доступної на ринку.

Вартість системи електромережі включає в себе вартість акумуляторів, інвертора та контролера заряду.

Нарешті, річні витрати на експлуатацію та технічне обслуговування системи можна оцінити за даними, зібраними від встановлених одиниць, компаній і каталогів, або взяти як відсоток від капітальних витрат і відсоткових платежів.

Кількість викидів від суднового дизель-генератора залежить, головним чином, від коефіцієнтів викидів використаного палива, які значно відрізняються для різних двигунів і видів палива. З іншого боку, викиди від сонячної фотоелектричної системи вважаються рівними нулю, оскільки паливо не спалюється. Щоб оцінити вигоди від використання концепції сонячних фотоелектричних систем як зеленої альтернативи допоміжним дизельним двигунам, дуже важливо оцінити кількість вихлопних газів, що викидаються допоміжними дизельними двигунами. Ці обсяги оцінюються під час плавання та стоянки судна. Кількість викидів залежить, головним чином, від основних коефіцієнтів викидів, споживаного електричного навантаження та часу роботи.

Це дослідження мало на меті з'ясувати, чи підтримують учасники використання певного виду відновлюваної енергії на борту судна. У першому питанні опитування було перераховано п'ять видів відновлюваної енергії: енергія вітру, сонячна енергія, енергія хвиль, спалювання водню та паливні котельні. Для кожного конкретного виду відновлюваної енергії учасникам було запропоновано вказати, наскільки вони згодні з твердженням, що "ця енергія має бути пріоритетною для застосування на борту судна". Учасникам було чітко проінструктовано розглянути свою відповідь за умови, що комерційні судна вирішили використовувати відновлювану енергію для живлення та постачання електроенергії на судна. Серед п'яти видів відновлюваної енергії, запропонованих в анкеті, спалювання водню (80%) було визнано першочерговим пріоритетом для застосування на борту судна, за ним слідує сонячна енергія (72%) та паливні котушки (64%).

Потім дослідження продовжилося, щоб з'ясувати, яку систему на борту судна респонденти вважають першою, що має працювати на відновлюваних джерелах енергії. Респондентів попросили оцінити рівень їхньої згоди з ідеєю переведення певної системи на борту судна на відновлювану енергію. В анкету було включено сім важливих систем. Близько 80% респондентів погодилися або повністю погодилися з тим, що електропостачання під час швартування, виробництво електроенергії під час навігації, охолодження та кондиціонування

повітря, а також дистиляція води є системами, які мають бути переведені на відновлювану енергію, тоді як 71% погодилися або повністю погодилися з тим, що має бути переведена головна рушійна установка. Відносно рідше пропонували перевести на альтернативну енергію допоміжну рушійну установку (носовий рушій) та аварійне електропостачання, які в основному призначені для резервного живлення на борту судна. Загалом, цей висновок вказує на те, що пріоритет повинен бути наданий допоміжним механізмам на борту судна, особливо тим, які потребують електроенергії. Потім у заявці слід розглянути головну рушійну установку. Резервна система повинна розглядатися в останню чергу для застосування відновлюваної енергії.

Це дослідження також вивчало прийнятність практики комбінування різних джерел енергії для живлення торгових суден. Учасникам було запропоновано оцінити свою перевагу щодо конкретної комбінації джерел енергії. В анкеті було запропоновано чотири варіанти енергетичного комплексу: поєднання альтернативних видів енергії з нафтою, поєднання різних альтернативних видів енергії, виключно нафта та виключно ядерна енергія. Визначаючи свій рівень переваг, учасникам було чітко вказано, що вони повинні розглядати питання, виходячи з припущення, що вартість не буде проблемою для вибору, а енергетичний комплекс, якщо він буде обраний, буде розроблений таким чином, щоб найкращим чином відповідати практичним потребам.

Поєднання нафти та відновлюваних джерел енергії було найбільш сприятливим (87%) для учасників серед чотирьох варіантів енергетичного балансу, запропонованих в анкеті. Результат також показав, що 78% учасників висловилися за використання лише відновлюваних джерел енергії для живлення своїх суден, тоді як лише 29% висловилися "трохи за" використання нафти як єдиного джерела енергії на борту, і ще менше (3%) - за використання ядерної енергії. Цей результат відображає загальне очікування того, що відновлювана енергія стане майбутнім джерелом енергії для морської індустрії. Однак експерти галузі виступали за поступову адаптацію, а не за радикальну зміну.

**Висновки.** Крім побутового використання, сонячна енергія може бути використана для доповнення допоміжної енергії, що зазвичай виробляється дизель-генератором судна. Як наслідок, це дозволить мінімізувати забруднення повітря та витрати на паливо. Фотоелектрична сонячна панель є підходящим сонячним джерелом енергії для суден. Ця стаття показує, що на сьогоднішній день існують певні проблеми, які необхідно вирішити, перш ніж інтегрувати сонячну енергію на судні. Вважається, що основним обмеженням є достатня площа палубного простору, що піддається впливу сонця. Крім того, слід приділити більше уваги підвищенню довговічності фотоелектричної сонячної панелі за рахунок підвищення її ефективності та зниження вартості (можливо, шляхом масового виробництва). В якості чисельного дослідження було обрано дослідницьке судно "Al-Azizi", що належить Університету Короля Абдулазіза і працює в акваторії Червоного моря, щоб продемонструвати переваги сонячної енергетичної системи. Дослідження показало, що в економічному плані при вартості системи 5000 доларів за 10 робочих років запропонована система може досягти економії палива в розмірі близько 18500 і 5600 доларів (\$/рік) при міжнародних і місцевих цінах на паливо, відповідно. Крім того, дана робота показує, що використання сонячної енергії для забезпечення загального енергопостачання на судні є розумним початком для проектування екологічно чистого судна. Результати показують, що існує можливість досягти загального скорочення викидів судна приблизно на 21,5 тони на рік. Нарешті, незважаючи на прогнози постійних цін на паливо на низькому рівні, занепокоєння світу щодо судових викидів прискорить процес використання сонячних енергетичних систем на борту суден в найближчому майбутньому, особливо з новими законодавчими актами, виданими Міжнародною морською організацією.

## REFERENCES

1. Ministry of transportation and communicationS, R.O.C. (n.d.). Ministry Of Transportation and Communications, R.O.C.-Ministry Of Transportation And Communications, R.O.C. Retrieved from [http://www.motc.gov.tw/en/hypage.cgi?HYPAGE=Eng\\_AboutMOTC\\_2\\_6.asp](http://www.motc.gov.tw/en/hypage.cgi?HYPAGE=Eng_AboutMOTC_2_6.asp)
2. Zhi, W. (2003). WTO accession, the “Greater China” free-trade area, and economic integration across the Taiwan Strait. *China Economic Review*, 14(3), 316–349. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2003.09.004>
3. Lin, C. C., & Chen, Y. C. (2003). The integration of Taiwanese and Chinese air networks for direct air cargo services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(7), 629–647. [https://doi.org/10.1016/s0965-8564\(03\)00010-7](https://doi.org/10.1016/s0965-8564(03)00010-7)
4. Yu K. A perspective on the mutual economic relationship between Mainland China and Taiwan after entering WTO. *Study on Taiwan 2001*; 8–17, in Chinese.
5. Board of Foreign Trade. *Cross-Strait trade statistics monthly*, December 2000. Ministry of Economic Affairs, Taiwan, ROC, 2000.
6. Guo, Y., Kim, S., Timothy, D. J., & Wang, K. C. (2006). Tourism and reconciliation between Mainland China and Taiwan. *Tourism Management*, 27(5), 997–1005. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.08.001>
7. Corbett, J. J., Fischbeck, P. S., & Pandis, S. N. (1999). Global nitrogen and sulfur inventories for oceangoing ships. *Journal of Geophysical Research*, 104(D3), 3457–3470. <https://doi.org/10.1029/1998jd100040>
8. Lee S, Gareth LD. The China syndrome: motorization in the largest countries in Asia—implications for oil, carbon dioxide, and transportation. In: Paper presented at the international association for energy economics, 1998.
9. US Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics. *Transportation statistics annual report*, 1998.
10. Meek-Hansen B. Fuel cell technology for ferries. In: IMTA conference, Gold Coast Australia, 2002.
11. Taiwan Energy Statistics 2005. Energy Bureau, Ministry of Economic Affairs, ROC, 2005.
12. Water Transit Authority. *Development of a hybrid Fuel Cell Ferry, Summary Report 2003*.
13. Brodrick, C., Lipman, T., Farshchi, M., Lutsey, N. P., Dwyer, H. A., Sperling, D., . . . King, F. G. (2002). Evaluation of fuel cell auxiliary power units for heavy-duty diesel trucks. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(4), 303–315. [https://doi.org/10.1016/s1361-9209\(01\)00026-8](https://doi.org/10.1016/s1361-9209(01)00026-8)
14. Blue Water 2006, online <http://www.foe.org/new/releases>.

**Honcharuk I.P. Nykyforov Yu.O., Kosharska L.B. Golovan A.I.**

**FEATURES OF THE INFLUENCE OF RENEWABLE ENERGY ON THE EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF MARITIME TRANSPORT**

*The world is facing the challenge of steadily increasing energy consumption. At the same time, energy resources are becoming scarce. Despite the sudden, significant drop in fuel prices worldwide, research activities aimed at reducing dependence on fossil fuels as a traditional energy source still have the upper hand in the shipping industry. The use of clean and renewable energy sources, such as solar power, for example, is being proposed as a method to improve ship efficiency. Ships can benefit from solar energy due to the fact that most of their surface area is always exposed to the sun, especially in sunny regions. This article discusses the effectiveness and challenges of installing solar panels for auxiliary power generation on board a ship. The article emphasizes the need to develop*

*renewable energy infrastructure for maritime transport. The results of the survey conducted as part of this study serve to inform policy makers on the extent to which policy can or should attempt to provide guidelines and incentives in shaping industry attitudes or behavior towards the use of renewable energy sources. There is a high degree of preference for renewables over fossil fuels for both ship power plants and households. While solar energy is the most favored type of energy for households, hydrogen combustion (80%) is the most supported alternative for commercial shipping power. Fuel cells are the next most popular (64%) alternative energy used on board ships, according to the maritime industry. The result also indicates that the preference for a particular type of energy on board is also based on other factors, such as feasibility, rather than personal preference.*

**Keywords:** sea vessel, alternative energy, renewable energy, fuel cell.

УДК 629.5.073.7

doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.9

**Nosov P.S.**

## **SYSTEMIC APPROACHES TO RATIONAL MANAGEMENT OF FUNCTIONAL MARINE TECHNICAL SYSTEMS AND COMPLEXES**

*Наразі набуває особливої актуальності питання розвитку ефективних та безпечних методів управління суднові технічними системами та комплексами (СТСК). У статті, враховуючи безперервний прогрес науки та технологій, пропонується розробка комплексного підходу до раціонального управління функціональними СТСК, який інтегрує наукові стратегії, автоматизацію та інтелектуальні системи.*

*Основна мета дослідження полягає у формуванні рамкової структури комплексних заходів для управління СТСК в умовах часткової внутрішньої та зовнішньої невизначеності, з особливим акцентом на людський фактор та ергономіку в управлінні. Пропонується глибокий аналіз ризиків, що включає перегляд еволюції методів оцінки ризиків, від інтуїтивних до науково обґрунтованих стратегій, та розглядається впровадження автоматизованих та інтелектуальних систем у процеси управління ризиками СТСК. Робота зосереджується на важливості створення структурної моделі інформаційної підтримки СТСК, включаючи ідентифікацію ключових компонентів зосереджених на ризиках, вивчення внутрішніх і зовнішніх факторів, що впливають на СТСК, та розробку механізмів для їх моніторингу та аналізу. Значну увагу приділено розробці схеми для забезпечення раціонального управління СТСК в умовах часткової невизначеності, з акцентом на створенні адаптивних стратегій управління.*

*Наголошується на важливості розробки інтелектуальної моделі прийняття рішень для СТСК, яка включає детальний аналіз методів інтелектуального аналізу даних, специфічних для судових технічних систем, імплементацію машинного навчання для динамічного управління судном та розробку критеріїв раціональності управління. Нарешті, стаття підкреслює необхідність удосконалення методу виведення коефіцієнта раціонального управління СТСК, включаючи розробку моделей взаємодії між операторами та технічними засобами для оптимізації інтерфейсів та підготовки операторів.*

*Отже запропоновано комплексний підхід до управління СТСК, який інтегрує наукові стратегії, автоматизацію, інтелектуальні системи, ергономіку та розглядає важливість врахування людського фактору. Такий підхід має на меті підвищення ефективності,*