

УДК 621.472(043)

DOI 10.47049/2226-1893-2024-1-64-74

НАБІР ДОЛАДНИХ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ МАЛОРОЗМІРНИХ СУДЕН

С.Ю. Хотін

к.т.н., доцент кафедри «Безпека життєдіяльності, екологія та хімія»

ORCID: 0000-0003-2424-9276

e-mail: enhelios@ukr.net

О.В. Демідюк

к.т.н., доцент кафедри «Теорії і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова»

ORCID: 0009-0002-1450-4077

e-mail: alexanderdemidiuk@gmail.com

Є.В. Савчук

ст. викладач кафедри «Безпека життєдіяльності, екологія та хімія»

ORCID: 0000-0002-4108-666X

e-mail: regijane72@meta.ua

О.Є. Васильченко

асистент кафедри «Безпека життєдіяльності, екологія та хімія»

ORCID: 0000-0002-8480-0384

e-mail: sashaod3819@gmail.com

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

Анотація Обґрунтований оптимальний набір доладних геліоенергетичних установок для різних малorozмірних морських і річкових суден, який складається з компактних геліоенергетичних систем різного призначення.

Виконано оцінку техніко-економічних характеристик вищезгаданих сонячних енергоустановок. Визначена їх можлива теплова і електрична потужність, як максимальна, так і середньодобова в літній період року.

Показано, що собівартість складних геліоенергетичних установок буде значно менша або порівняна з аналогічними показниками ідентичних за призначенням енергетичних пристроїв, працюючих на традиційних органічних видах палива, що робить їх конкурентними з останніми.

Ключові слова: судно, фотоелементи, геліоенергетична система, площа, потужність, електроенергія, зарядний пристрій, вартість, паливо, теплоприймач, фоклін, установка, їжа, яхта.

УДК 621.472(043)

DOI 10.47049/2226-1893-2024-1-64-74

SET OF FOLDING SOLAR POWER UNITS FOR SMALL VESSELS

Sergii Khotin

PhD, Associate Professor, Department «Health and safety, ecology and chemistry»

ORCID: 0000-0003-2424-9276

e-mail: enhelios@ukr.net

Oleksandr Demidiuk

PhD, Associate Professor, department «Ship theory and design department

named after prof. J. Vorobyov»

ORCID: 0009-0002-1450-4077

e-mail: alexanderdemidiuk@gmail.com

Oleksandra Vasilchenko

«Asistant, Department «Health and safety, ecology and chemistry»

ORCID: 0000-0002-8480-0384

e-mail: sashaod3819@gmail.com

Evgenia Savchuk

Senior Lecturer, Department «Health and safety, ecology and chemistry»

ORCID: 0000-0002-4108-666X

e-mail: regijane72@meta.ua

Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine

Abstract. *A justified optimal set of suitable solar energy installations for various small-sized sea and river vessels, which consists of compact solar energy systems for various purposes.*

The evaluation of the technical and economic characteristics of the above-mentioned solar power plants was carried out. Their possible thermal and electrical power, both maximum and average daily in the summer period of the year, is determined.

It is shown that the cost of complex solar energy installations will be significantly lower or comparable to similar indicators of energy devices identical in purpose, operating on traditional organic fuels, which makes them competitive with the latter.

Keywords: *ship, photovoltaics, solar energy system, area, power, electricity, charger, cost, fuel, heat receiver, focklin, installation, food, yacht.*

Вступ. Малорозмірні морські і річкові судна такі, як парусні і парусно-моторні яхти, катери, човни різних типів як правило використовуються для туризму і активного відпочинку. У сучасному світі люди бажають здійснювати туристичні подорожі і активний відпочинок з максимально можливим комфортом. Для забезпечення комфортних умов на малорозмірних суднах під час переходів і при знаходженні в прибережних районах, віддалених від населених пунктів, необхідні автономні пристрої для приготуванні їжі, нагріву і кип'ячення води, а також

енергопостачання різних систем зв'язку, навігації і сигналізації. Особливо актуальною ця проблема буде для безмоторних суден, позбавлених електро і теплогенеруючих систем. Однією з головних вимог до таких систем буде їх компактність і невелика маса. Вирішити вищезгадану проблему здатний пропонований набір доладних геліоенергетичних установок, що включає:

- доладні сонячні водонагрівачі з еластичних пластичних матеріалів;
- освітлювальні пристрої на базі енергопостачальних складних плоских фотоелектричних панелей;
- сонячні зарядні пристрої для систем зв'язку і сигналізації;
- геліоустановка для приготування їжі;
- складна водоопріснювальна геліоустановка, виготовлена з еластичних матеріалів.

За бажанням заказчика пропонований набір доладних геліоенергетичних систем може бути розширений іншими портативними геліосистемами в якості додаткової опції.

Метою даної роботи є розрахунок і оцінка техніко-економічних показників вищозначених геліоенергетичних установок і підтвердження економічної рентабельності їх масового використання.

Основна частина статті. Розглянемо конструктивний устрій і техніко-економічні параметри доладних геліоенергетичних систем, з яких складається пропонований набір для малорозмірних суден. При цьому найбільш детально ми зупинимося на сонячних зарядних пристроях, геліоустановках для приготування їжі та доладній водоопріснювальній установці.

Сонячні переносні електрзарядні системи зазвичай складаються з двох компонентів: фотоелектричній батареї і адаптера, який трансформує і стабілізує параметри постійного електричного струму, що знімається з фотобатареї (фотоелектричного пристрою), адаптуючи їх до конкретного електроприладу, що заряджає.

У всіх цих зарядних пристроїв є один основний недолік, через малу площу фотоелементів, яка обмежена допустимими габаритними розмірами переносних пристроїв, реальна потужність заряджаючого електроструму навіть під час астрономічного півдня, коли щільність сонячної радіації максимальна, не перевищує 0,6-0,8 Вт, звідси великий час зарядки. Необхідно заряджати мобільний телефон, портативну рацію або освітлювальні пристрої впродовж 2-2,5 годин, для чого потрібна набагато більша номінальна потужність зарядної системи, ніж у зазначених нами зразків.

Нам також необхідно, щоб дана зарядна система входила в комплект індивідуального рятувального постачання кожного моряка, тому небажано, щоб його об'єм в складеному стані перевищував 300 см³, а маса 200-250 г., щоб цей пристрій поміщався в кишеню спецодягу моряка.

Для звичайного пристрою з вказаними вище габаритами максимальна площа робочої поверхні може скласти не більше 250 см². Але цій площі робочої поверхні традиційних кремнієвих елементів, ККД яких не перевищує 15 %, явно недостатньо для здобуття необхідної потужності. Збільшення площі робочої

поверхні фотоелементів приведе до збільшення її габаритних розмірів і маси вище за допустимі межі. Дана проблема може бути вирішена двома шляхами: вживанням більш високопродуктивних фотоелементів або використанням доладної схеми сонячної радіації.

В даний час існують фотоелементи з вищим ККД, але матеріали, що йдуть на їх виготовлення сульфід кадмію, індій галій та ін., є дуже дорогими. Тому даний варіант вирішення проблеми явно не є раціональним. Тому ми пропонуємо компактний зовнішній доладний зарядний пристрій на базі фотоелементів. У наслідку складаної конструкції і компактності воно зручне до транспортування і перенесення [1].

Для того, щоб концентратор у складеному стані вписався в загальні габарити пристрою, він повинен складатися з трьох частин: основи, усередині якої вмонтований адаптер, а на верхній поверхні розташовані фотоелементи, і двох бічних секцій, на внутрішніх поверхнях яких також знаходяться фотоелементи. При цьому кожен секцію доведеться зробити доладною, такою, що складається з двох частин, шарнірно сполучених між собою. У напівскладеному стані зарядний пристрій показаний на рис. 1, де позицією 1 показано основа, 2 – фотоелементі, 3 – бічні секції, 4 – сполучний шарнір.

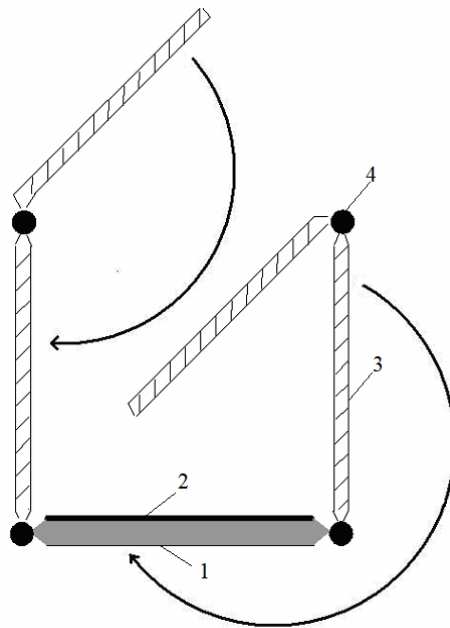


Рис. 1. Фотоелектричний пристрій в напівскладеному стані

У повністю складеному стані він представлений на рис. 2.

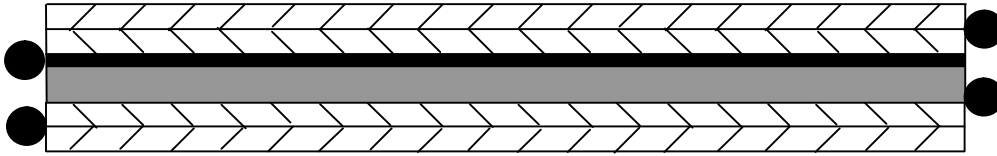


Рис. 2. Фотоелектричний пристрій в складеному положенні

Запропонована конструкція дає можливість збільшити робочу площу і електричну потужність зарядного пристрою в 5 разів при збереженні його габаритних розмірів по довжині і ширині. Номінальну потужність зарядного пристрою визначимо по формулі

$$N = S J K \cdot \eta_{\text{фм}} \tau, \quad (1)$$

де S – робоча площа фотоелементів, м^2 ;

J – щільність сумарної сонячної радіації, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$\eta_{\text{фм}}$ – ККД кремнієвих фотоелементів;

τ – коефіцієнт пропускання сонячної радіації захисного прозорого покриття.

Розрахунки показують [2], що такий зарядний пристрій з габаритними розмірами $150 \times 80 \times 25$ мм матиме максимальну потужність влітку в період астрономічного півдня на широті м. Одеса близько 14-15 Вт. Середньодобова електрична потужність в літній період року складе 7-8 Вт.

Собівартість такого зарядного пристрою складе близько 1000 грн. [3]. За бажанням замовника зарядний пристрій може комплектуватися вбудованими або зовнішніми акумуляторами різної ємкості.

Геліонергетична установка для приготування їжі, що пропонується, може бути використана для приготування різноманітного харчування на борту малорозмірних суден, на присадибних ділянках, містах відпочинків, а також у важкодоступних та віддалених районах де бракує органічного палива.

Геліосистема (рис. 3) являє раму з трьома опорами (1), на котрій монтується концентратор сонячної радіації переметної геометрії, типу двогранний пластичний фоклін (2). У вихідному отворі концентратора встановлено спеціальні ємкості для їжі (3 та 4), або рожен. Перша ємність (4) зображає герметичну закриту циліндричну капсулу для виготовлення рідкої їжі або гарячих напоїв, а друга (3) – є жолобоподібним листом для других страв. За бажання замовника установка може комплектуватися газовою пальницею з регулятором інтенсивності горіння (5), котра монтується під днищем капсули і трубопроводом (6) з'єднується газовим балоном (7), який при необхідності закріплюється у лівій частині установки. Стоянки кріплення граней фокліна забезпечені шарнірами (8), з допомогою яких змінюють кут нахилу та коефіцієнт концентрації сонячної радіації [4].

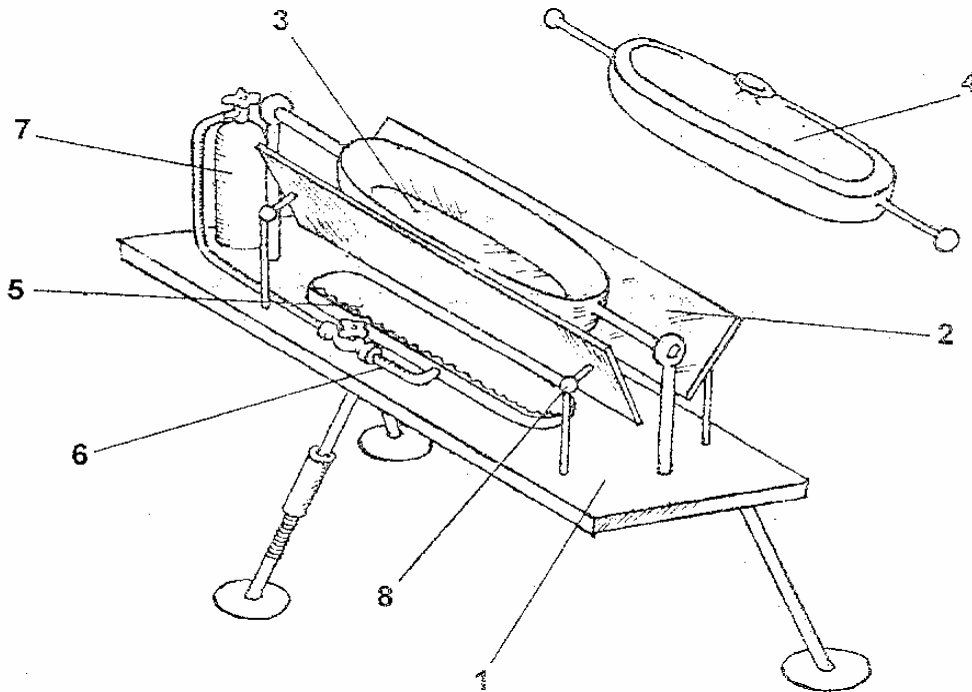


Рис. 3. Геліоенергетична установка для приготування їжі

Вночі та при хмарній погоді їжу готують, використовуючи газову пальницю.

Геліоустановка, має ряд переваг у порівнянні з вже відомими сонячними енергосистемами аналогічного призначення. Передусім це можливість готування не тільки твердої їжі, але й «перші страви» і різноманітні гарячі напої. Установка має змогу нагрівати воду для різних побутових потреб.

Концентратор перемінної геометрії дозволяє встановити режими термічної обробки їжі різної інтенсивності [4; 5]. Крім того, вона не вимагає включення в свою конструкцію систем добового стеження за положенням Сонця, що значно знижує її собівартість в порівнянні з іншими аналогічними по потужності і можливостям геліосистемами.

Легка, розбірна і у той же час проста конструкція установки робить її зручною для транспортування та при експлуатації. Час монтажу та демонтажу конструкції не перевищує п'яти хвилин. У комплект вищеописаної геліосистеми входить спеціальний футляр, призначений для її розміщення в розібраному вигляді при перевезенні або тривалому зберіганні.

Пропонується модельний ряд, що містить три геліоустановки для готування їжі, які відрізняються розміром, функціональними можливостями та тепловою потужністю. При цьому слід зазначити, що не менше 40 % деталей і вузлів для всього модельного ряду вищеписаних геліоустановок будуть уніфікованими.

На морських судах проблема забезпечення прісною водою також достатньо актуальна, перш за все, на судах малого класу, що здійснюють тривалі автономні плавання, наприклад спортивні і туристичні яхти. Ці судна, унаслідок малої водотоннажності не можуть нести великий запас прісної води і її запаси необхідно поповнювати без заходу в порти. Саме у таких випадках незамінними виявляються геліоопріснювальні установки. Вельми бажано також, щоб засоби для опріснення води входили в комплект судових аварійно-рятувальних засобів. Це перспективно ще й тим, що геліотехнічні системи є екологічно чистими і не забруднюють довкілля, як це має місце при функціонуванні опріснювальних установок, що працюють на органічному паливі [6].

Найпростішим і ефективнішим пристроєм є сонячний дистильатор-басейн (рис. 4).

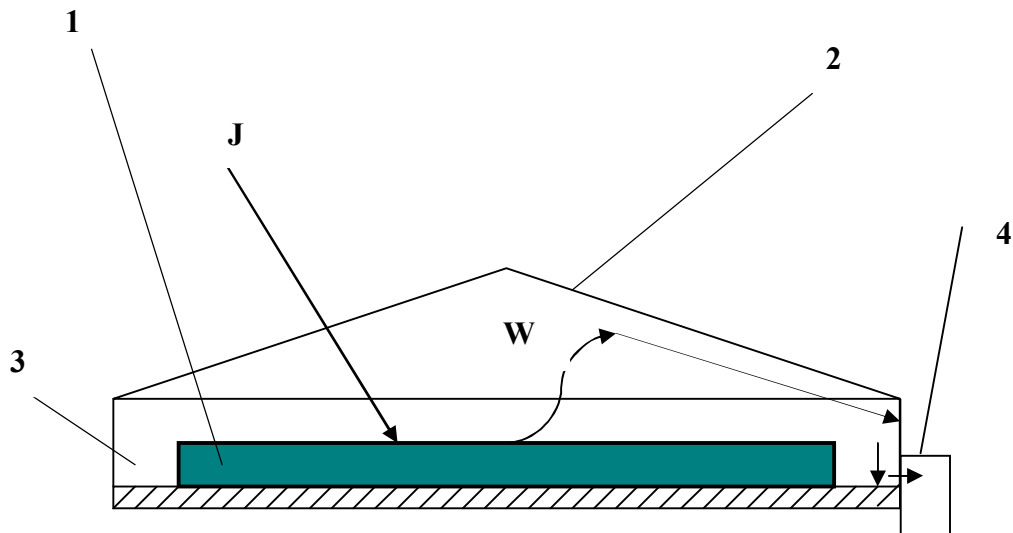


Рис. 4. Сонячний водоопріснювач

Він складається з неглибокого басейну з чорними стінками і дном, заповненого водою і закритого прозорою герметичною кришкою, яка повністю займає простір над басейном. Кришка нахилена у напрямку до потоку сонячної радіації.

Під час роботи дистильатора потік сонячної радіації (J), що пройшов через кришку нагріває воду, частина якої при цьому випаровується. Водяна пара (W_p) унаслідок теплової конвенції піднімається вгору з нагрітої поверхні (1) і конденсується на холодній кришці (2). Потім краплі сконденсованої вологи скачуються по кришці в приймальний жолоб (3), звідки вони віддаляються в бачок-накопичувач (4).

Враховуючи невисоку щільність сонячної радіації, очевидно, що для постачання навіть відносно невеликого числа людей достатньою кількістю прісної води необхідні опріснювачі з великими площами скління. У зв'язку з цим для оцінки економічної доцільності вживання сонячних опріснювальних установок, слід визначити реальну продуктивність сонячних дистильаторів. Для цього у свою чергу необхідно знати, яка частина сонячної енергії, що приходить, витрачається на випар. Тепловий баланс описується виразом [6]

$$J \tau \alpha = c_p \Delta t m + \rho m' - c_k m_p + Q_{\text{пот}}, \quad (2)$$

- де τ – коефіцієнт пропускання сонячної радіації верхнього прозорого покриття;
 α – коефіцієнт поглинання сонячної радіації покриттям дна басейну-дистильатора;
 Δt – різниця температур між водою, що поступає в опріснювач, і водою в басейні, °C;
 c_p – питома теплоємність води, Дж/кг·°C;
 m – маса води в басейні, кг;
 ρ – питома теплота паротворення, Дж/кг·°C;
 m' – маса рідини, що випаровується за одиницю часу, кг;
 c_k – питоме тепловиділення при конденсації водяної пари, Дж/кг·°C;
 m_p – маса пари, що конденсується за одиницю часу, кг;
 $Q_{\text{пот}}$ – теплові втрати за одиницю часу, Вт.

Розрахунки, виконані на підставі даних про ресурси сонячної радіації на території Одеської області [7], показують, що максимальна продуктивність сонячних водоопріснювальних систем на чорноморських широтах в літній сонячний день може досягати близько 6 кг дистилірованої води в добу на 1 м² робочій поверхні. У екваторіальних районах цей показник складе 7,5 кг. Таким чином установка з площею робочої поверхні 1 м² здатна забезпечити питною водою 3-4 .

Тепловий ККД геліоопріснювальної установки з водою в басейні, що нагрівається до температури 50 °C складає приблизно 60 % [6]. У геліоопріснювачелі з посиленою теплоізоляцією температура випаровуваної води може бути доведена до 65 °C. Тепловий ККД при цьому може досягати 65-70 %.

Проте громіздкі, такі, що мають велику вагу і нездібні до оперативного монтажу і демонтажу традиційні геліоопреснітелі украй складно використовувати на малотоннажних судах, а їх включення в комплект аварійно-рятувального спорядження на шлюпках, надувних човнах і плотах повністю виключається по вищезгаданім причинам.

Вирішити дану проблему радикально здатні доладні надувані повітрям водоопріснювальні геліоустановки, виготовлені з м'яких пластичних матеріалів: гуми, пластмас, поліетилену і ін.

Такі опріснювачі характеризуються невеликою масою і малими габаритами в складеному стані. Опріснювач з максимальною добовою продуктивністю 15 кг буде матиме масу що не перевищує 14 кг і може бути розміщений в складеному стані у футляр об'ємом не більше 0,1 м³. У робоче положення доладний геліоопріснювач може бути приведений протягом декількох хвилин за рахунок надуву його повітрям. Це може бути зроблено вручну або за допомогою балончика із стислим повітрям, що входить в комплект пристрою [6].

Такий опріснювач зможе функціонувати, як знаходячись на борту судна або будь-якого іншого плавзасобу, у тому числі рятувального, так і знаходячись на плаву в морській воді. За виняткових обставин він і сам може виступити в ролі рятувального плавзасобу. Саме тому він буде незамінний для забезпечення життєдіяльності людей при аваріях і катастрофах на морі. З неменшою ефективністю він зможе працювати, знаходячись на суші.

Безумовно, доладні геліоопріснювачі даного типу матимуть на 8-10 % менший тепловий ККД, в порівнянні з традиційними сонячними опріснювачами, що виготовляються з металу і скла. Але цей недолік з лишком компенсується можливістю їх експлуатації в екстремальних умовах, де традиційні геліоопріснювачі експлуатуватися не зможуть.

Орієнтовна собівартість вищезначеного доладного водоопріснювача знаходитиметься в діапазоні від 1600 до 2000 грн. Покупна вартість при великосерійному виробництві складе 2000-2400 грн. Економічна ефективність від експлуатації сонячного водоопріснювача значною мірою залежатиме від вартості інших джерел прісної води. У ряді випадків рентабельність такої геліосистеми складе 300 % і більше.

Пропоновані доладні сонячні водонагрівачі з еластичних пластичних матеріалів зовні нагадують надувні матраци з вхідним і вихідним кранами, розташованими на торцях пристрою. Вони можуть мати різні габарити і робочий внутрішній об'єм від 20 до 200 літрів. У складеному стані їх об'єм зменшується на 95 % в порівнянні з робочим. Їх номінальна теплова потужність складатиме відповідно від 120 до 1200 Вт. Ринкова вартість вищезначених сонячних водонагрівачів складе від 400 до 2000 грн. (11-55 долл. США) залежно від продуктивності і якості матеріалів, що йдуть на їх виготовлення [8]. Для порівняння, покупна вартість традиційних електричних бойлерів ємкістю 100 літрів і потужністю 1200-2000 Вт знаходиться в межах 3800-8000 грн. [3].

Висновки. Застосування, розроблених в даній роботі, сонячних енергопостачальних пристроїв дозволяє створити на їх базі ефективно працюючі доладні геліоенергетичні установки невеликої потужності.

Обґрунтований оптимальний набір доладних геліоенергетичних установок для різних малорозмірних морських і річкових суден, який складається з компактних геліоенергетичних систем різного призначення.

Вживання пропонованого набору сонячних енергетичних систем дозволить збільшити автономність суден малого класу і підвищить ефективність корабельних засобів рятування людей.

У результатах роботи можуть бути зацікавлені підприємства і організації які належать до різних сфер економіки: морські і річкові судноплавні компанії, рибальські підприємства, геологорозвідувальні організації, аграрні підприємства, ДСНС України та ін.

Запропонована науково-технічна продукція має гарні перспективи масового впровадження в промислову експлуатацію як у нашій країні, так і за кордоном.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хотин С. Ю. Компактні доладні геліоенергетичні системи для енергопостачання аварійних систем зв'язку, сигналізації і водоопріснення // 7-а міжнародна науково-методична конференція «Безпека життєдіяльності людини – освіта, наука, практика» Тези доповідей. Миколаїв. – 2008. – С. 98-99.
2. Хотин С.Ю. (2008) Энергоснабжение объектов инфраструктуры морских портов и терминалов за счёт солнечной энергии // II международная научно-практическая конференция «Современные порты – проблемы и решения». Тезисы докладов. Одеса-Стамбул. С. 102-105.
3. Огляд цін українського та світового товарних ринків. Журнал ДП «Держзовнішінформ» Друге півріччя 2023 р.
4. Хотин С.Ю. (2000) Геліоенергетична установка для приготування їжі у польових умовах // Аграрний вісник Причорномор'я: збірник наук праць. Одеський ДСГІ. Одеса. Випуск № 3 (11). С 133 -137.
5. Мисак Й.С. (2014) Сонячна енергетика. Видавництво: Львівська політехніка, 340 с.
6. Хотин С.Ю. Солнечные установки для опреснения морских и грунтовых вод // Проблемы техники. – 2007. – № 1. – С. 65-71.
7. Ивус Г.П., Иванова С.М., Хотин С.Ю. Оценка ресурсов солнечной радиации на территории Одесской области. // Міжвідомчий науковий збірник України «Метеорологія, кліматологія та гідрологія». – Одеса. – «Екологія». – 2004. – С. 112-118.
8. Матвеев И.Е. Развитие производства энергии из возобновляемых источников энергии в ЕС: задачи и перспективы, «Бюллетень иностранной коммерческой информации», 2010.

REFERENCES

1. Hotin S.YU. *Kompaktni doladni gelioenergetichni sistemi dlya energo-postachannya avarijnih sistem zv'yazku, signalizaciyi i vodoopresneniya* // 7-a mizhnarodna naukovo-metodichna konferenciya «Bezpeka zhittyediyalnosti lyudini – osvita, nauka, praktika» m. Tezisy dokladov. – Mikolayiv. – 2008. – S. 98-99.
2. Hotin S.YU. (2008) *Energosnabzhenie obektov infrastruktury morskikh portov i terminalov za schyot solnechnoj znergii* // II mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Sovremennye porty – problemy i resheniya». Tezisy dokladov. Odesa-Stambul. S. 102-105.
3. *Oglyad cin ukrayinskogo ta svitovogo tovarnih rinkiv. ZHurnal DP «Derzhzovnishinform» Druge pivrichchya 2023 r.*
4. Hotin S.YU. (2000) *Gelioenergetichna ustanovka dlya prigotuvannya yizhi u polovih umovah* // *Agrarnij visnik Prichornomor'ya: zbirnik nauk prac. Odeskij DSGI. Odesa. Vipusk № 3 (11). S 133-137.*
5. Misak J.S. (2014) *Sonyachna energetika. Vidavnictvo: Lvivska politehnika, 340 s.*
6. Hotin S.YU. *Solnechnye ustanovki dlya opresneniya morskikh i gruntovyh vod* // *Problemi tehniki. – 2007. – № 1. – S. 65-71.*
7. Ivus G.P., Ivanova S.M., Hotin S. YU. *Ocenka resursov solnechnoj radiacii na territorii Odesskoj oblasti. // Mizhvidomchij naukovij zbirnik Ukrayini «Meteorologiya, klimatologiya ta gidrologiya». – Odesa. – «Ekologiya». – 2004. – S. 112-118.*
8. Matveev I.E. *Razvitie proizvodstva energii iz vozobnovlyaemyh istochnikov energii v ES: zadachi i perspektivy, «Byulleten inostrannoj kommercheskoj informacii», 2010.*

Стаття надійшла до редакції 15.01.2024

Посилання на статтю: Хотін С.Ю., Демідюк О.В., Савчук Є.В., Васильченко О.С. Набор доладних геліоенергетичних установок для малорозмірних суден: *Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць, 2024. № 1 (72). С. 64-74. DOI 10.47049/2226-1893-2024-1-64-74.*

Article received 15.01.2024

Reference a journalartic: Khotin S., Demidiuk O., Vasilchenko O., Savchuk E. Set of folding solar power units for small vessels: *Herald of the Odesa national maritime university: Coll. scient. works, 2024. № 1 (72). 64-74. DOI 10.47049/2226-1893-2024-1-64-74.*