

**Радченко О.А.**доцент кафедри маркетингу  
Національного авіаційного університету**Войченко Т.О.**кандидат економічних наук,  
доцент кафедри експлуатації засобів транспорту  
на внутрішніх водних шляхах  
Державного університету інфраструктури і технологій**Radchenko Olena**

National Aviation University

**Voichenko Tetiana**

State University Infrastructure and Technology

## ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ НА ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ ЕКОЛОГІЧНОГО АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА

### PREREQUISITES FOR THE USE OF ECOLOGICAL ALTERNATIVE FUEL ON THE RIVER AND MARINE FLEET

В статті досліджено проблеми використання альтернативних палив на судах морського та річкового флоту, наведено фактори, які ускладнюють їх впровадження на водному транспорті в Україні, узагальнено заходи, направлені на активізацію використання альтернативного палива на флоті, запропоновані шляхи переведення флоту на екологічні види палива. Акцентовано увагу на тому, що використання газомоторного палива на водному транспорті визначається і економічною, і екологічною доцільністю, що в підсумку дозволяє скоротити потреби в паливних ресурсах і контролювати викиди оксиду сірки і азоту в водних акваторіях. Приділено особливу увагу проблемам забезпечення транспортного комплексу України інфраструктурою, яка дозволяє використовувати альтернативні паливно-енергетичні ресурси на судах морського і річкового флоту.

**Ключові слова:** водний транспорт, альтернативні види палива, зріджений природний газ, екологічні вимоги, суднові енергетичні установки.

В статье исследованы проблемы использования альтернативных видов топлива на судах морского и речного флота, приведены факторы, осложняющие их внедрения на водном транспорте в Украине, обобщены мероприятия, направленные на активизацию использования альтернативного топлива на флоте, предложены пути перевода флота на экологические виды топлива. Акцентируется внимание на том, что использование газомоторного топлива на водном транспорте определяется и экономической, и экологической целесообразностью, что в итоге позволяет сократить потребности в топливных ресурсах и контролировать выбросы оксида серы и азота в водных акваториях. Уделено особое внимание проблемам обеспечения транспортного комплекса Украины инфраструктурой, которая позволяет использовать альтернативные топливно-энергетические ресурсы на судах морского и речного флота.

**Ключевые слова:** водный транспорт, альтернативные виды топлива, сжиженный природный газ, экологические требования, судовые энергетические установки.

At present, in developed countries, in order to solve the environmental problem caused by the massive use of traditional petroleum products as fuel, measures are being actively implemented to regulate emissions of harmful substances into the atmosphere contained in the exhaust of internal combustion engines. At the design stage of transportation, environmental issues are given priority along with consumer qualities and safety. The issues of increasing energy efficiency caused by the shortage of energy resources and the desire to improve the environmental performance of ship power plants, which underlie the requirements established by the IMO, are currently urgent problems in the development of transport, transport technologies and related infrastructure. The tightening of environmental protection requirements, the transition to more expensive grades of fuel with a low sulfur content, the need to reduce harmful emissions into the atmosphere, a decrease of the noise characteristics of ships

in certain navigation areas, the allocation of certain areas of navigation and ports where the operation of marine diesel engines is excluded, caused the need to search alternative energy sources that meet modern requirements of marine and environmental legislation. The main type of fuel on river and sea vessels in the near future will remain liquid fuel of oil origin. The only new type of fuel, the use of which significantly affects the environmental performance of marine engines, is natural gas. The main obstacle to the use of natural gas in water transport is the lack of infrastructure for bunkering ships with liquefied natural gas. Emphasis is placed on the fact that the use of gas motor fuel in water transport is determined by both economic and environmental feasibility, which ultimately reduces the need for fuel resources and control emissions of sulfur oxide and nitrogen in water bodies. The main problem of using natural gas as an alternative engine fuel in our country is the absence of a regulatory framework that establishes standards for its application in transport, a unified investment policy in this area and, therefore, motivation for ship owners to switch to alternative fuel.

**Key words:** water transport, alternative fuel, liquefied natural gas, environmental requirements, ship power plants.

**Постановка проблеми.** В даний час в розвинених країнах з метою вирішення екологічної проблеми, обумовленої масовим використанням в якості палива традиційних нафтопродуктів, активно реалізуються заходи з регулювання викидів в атмосферу шкідливих речовин, що містяться у вихлопах двигунів внутрішнього згоряння; і на стадії проектування транспортних засобів їх екологічності не випадково приділяється першочергова увага поряд із споживчими якостями і безпекою. Тому одним із пріоритетів державної політики багатьох світових держав є застосування найбільш «чистого» моторного палива (МТ) – природного газу (ПГ) [1].

Зокрема, в Європі до 2020 року на нього планується перевести 23,5 млн. автомобілів (згідно з резолюцією Європейської економічної комісії ООН), і тільки в Німеччині – не менше ніж 30% всіх машин (відповідно до національної програми). Що стосується водного транспорту (ВТ), то Міжнародна морська організація (ІМО), підписавши конвенцію МАРПОЛ 73/78 (і протоколи до неї), давно почала встановлювати граничні норми викидів шкідливих речовин в результаті спалювання палива в суднових енергоустановках [2].

В умовах постійно зростаючих цін на основні види енергоресурсів та значної зовнішньоекономічної залежності від постачальників енергоносіїв енергозбереження та енергоефективність набувають особливої актуальності для загального підвищення економічної ефективності транспорту, зменшення його негативного впливу на навколишнє природне середовище, забезпечення високих соціальних стандартів транспортних послуг.

У відповідності до стратегічних пріоритетів соціально-економічної політики України ставиться завдання переведення національної економіки на енергозберігаючу модель розвитку, спрямовану на суттєве скорочення енергетичної складової у собівартості виробництва та сфери послуг. Проектом Енергетичної страте-

гії України до 2035 року передбачається доведення показників енергетичної ефективності всіх галузей національної економіки, включаючи транспорт, до рівня відповідних показників ЄС та інших промислово розвинених країн [3].

Питання підвищення енергоефективності, викликані дефіцитом енергоресурсів і прагненням до поліпшення екологічних показників суднових енергетичних установок, які лежать в основі вимог, встановлених ІМО, наразі є актуальними проблемами у галузі розвитку транспорту, транспортних технологій і відповідної інфраструктури. Жорсткість вимог з охорони навколишнього середовища, перехід на більш дорогі сорти палива з низьким вмістом сірки, необхідність зменшення шкідливих відходів в атмосферу, зниження шумових характеристик суден в певних районах плавання, виділення окремих районів судноплавства і портів, де виключається робота суднових дизелів, викликало необхідність пошуку альтернативних джерел енергії, які б відповідали сучасним вимогам морського і екологічного законодавства [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Важливе теоретичне значення для розуміння ефективності суднових енергетичних установок (СЕУ) на базі альтернативних паливно-енергетичних ресурсів, удосконалення енергоперетворення в СЕУ мають праці вчених та фахівців, зокрема Г.А. Артемова, М.О. Дикого, А.А. Долинського, В.М. Клименка, В.В. Маслова, М.І. Радченка, С.С. Рижкова, Я.Х. Сороки та ін.

Дослідження питань, пов'язаних з особливостями технології отримання палив з відходів полімерної сировини, здійснювалося у працях закордонних корпорацій (Mitsubishi Heavy Industries, BASF) та науковців (Н. Bockhorn, Y. Sakata, S.Y. Kim, C. Roy, A. Tarrer та ін.). Особливості використання в двигунах СЕУ компонентів палив, які вміщували компоненти, отримані з полімерної сировини, у кількості до 40% розглядали О. Nishida та Y. Mitsuhashi.

Однак, комплекс питань, що входять до проблеми створення СЕУ на базі альтернативних паливно-енергетичних ресурсів й досі залишаються актуальними. Актуальність даної теми обумовлюється тим фактом, що судну для його функціонування необхідна велика кількість палива, що негативно позначається на стані навколишнього середовища, так як величезні вантажні судна щорічно викидають в атмосферу мільйони кубометрів вуглекислого газу, завдаючи величезної шкоди атмосфері і наближаючи танення льодовиків на полюсах. Також в зв'язку з нестабільними цінами на нафтопродукти й обмежені запаси цих копалин змушують інженерів постійно шукати альтернативні види палива та джерела енергії.

**Мета статті** полягає у виділенні альтернативних палив для використання на судах морського та річкового флоту, розгляді факторів, які ускладнюють їх впровадження, та заходів, направлених на активізацію їх використання на флоті.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нинішній етап характеризується безперервним посиленням вимог до морського флоту в частині забруднення навколишнього середовища сіркою, оксидами азоту, діоксидами вуглецю і отруйними твердими речовинами. Вже функціонують особливі зони контролю викидів в Балтійському і Північному морях, в протоці Ла-Манш, в прибережних водах США і деяких інших держав, в межах яких намічено багаторазове скорочення викидів сірки з суден. Даний перелік, очевидно, буде тільки розширюватися. Адже невідповідність транспортних засобів екологічним вимогам в умовах збільшення кількості та інтенсивності транспортних потоків призводить до постійного зростання рівня забруднення навколишнього середовища.

В українських власників, чиї морські судна працюють в акваторіях країн-членів Євросоюзу, виникають певні труднощі через заборону експлуатації флоту з вмістом сірки в судовому паливі більше 0,1%. Хоча дана проблема для річкового флоту не на стільки актуальна, завдання зниження продуктів неповного згоряння палива в найближчому майбутньому все одно доведеться якось вирішувати.

Перший варіант – очищення судових вихлопів, але він нерентабельний через великі габарити, вагу та вартість спеціального обладнання. Другий варіант – використання малосернистого «чистого» (легкого) пального MGO (від англ. Marine Gas Oil – морський газойль). Це майже вдвічі дорожче найдешевшого застосовуваного зараз палива стандарту IFO (від англ. Intermediate Fuel Oil – проміжний мазут) 380HS. За оцінками експертів паливна складова у вар-

тості доставки вантажу варіюється в межах 30-60% (в залежності від тривалості рейсу і портів бункерування). Це означає, що при переході на MGO тарифи на морські перевезення зростуть приблизно на 25-40%, і вантажопотоки об'єктивно перенаправляться на наземні види транспорту [5].

Тому в світі дедалі активніше звертають увагу на технологію застосування природного газу (ПГ) в компримированному (КПГ) або в зрідженому (ЗПГ) стані. Зокрема в Перській затоці і в Південно-Східній Азії на метан переведено чимало найрізноманітніших транспортних засобів: від легких пасажирських човнів до величезних океанських поромів.

Експлуатація судових дизелів на альтернативному, газоподібному паливі, як на самому ресурсозабезпеченому, дешевому і нешкідливому вигляді пального, дозволяє комплексно вирішувати енергетичні, екологічні та економічні завдання.

Актуально нагадати, що до робіт в даному напрямку приступили ще в 1930-х роках. Але навіть при наявності цілої низки незаперечних переваг газового МП (в порівнянні з нафтопродуктами), його впровадження донині протікає дуже повільно як на автомобільному, так і на морському, річковому і залізничному видах транспорту.

І хоча процес переведення судових енергоустановок з рідкого палива на ЗПГ пов'язаний з певними труднощами (табл. 1), сьогодні в світі налічується вже 140 одиниць газопаливних морських теплоходів, до 2030 року їх кількість збільшиться до 3700 одиниць. При цьому обсяг попиту на ЗПГ як на бункерне паливо до 2030 року може досягти 16 млн. т.

Світове судноплавство є основним джерелом забруднення навколишнього середовища, так як світова торгівля вимагає величезної кількості споживання нафти та інших горючих матеріалів для морських суден, але оскільки все більше уваги приділяється скороченню викидів CO<sub>2</sub>, стає зрозуміло, що настав час внесення змін до силових установок або зовсім знайти їм заміну.

Зміни норм щодо викидів оксиду сірки з морських суден до 2020 року в районах контролю викидів (ECA) складуть 0%, а в усьому світі вже знизяться до 0,5% [5]. Звідси постає потреба у необхідності вирішення проблеми зниження хімічних викидів в атмосферу шкідливих речовин судовими енергетичними установками і пошук нових, більш «доброзичливих» видів палива або енергії для використання останніх на судах.

Для вирішення цих питань доцільно впровадження інновацій в двох різних напрямках.

Таблиця 1

## Фактори, що ускладнюють впровадження ЗПГ як суднового палива

Техніко-економічні	Нормативні	Логістичні
<p>1) Для запасів газового МП, в порівнянні з соляркою, потрібно вдвічі більший обсяг танків при однаковій автономності плавання судна.</p> <p>2) ЗПГ належить зберігати при температурі близько <math>-170^{\circ}\text{C}</math> і тиску до 10 Бар у вкладних ємностях, що займають значний корисний простір в трюмі (або на палубі), яке могло б бути використане з іншою метою, наприклад, для розміщення вантажу.</p> <p>3) Дорожняча експлуатації та обслуговування обладнання.</p> <p>Застосування газового МП має на увазі ускладнену конструкцію енергоустановки і, відповідно, наявність кваліфікованого персоналу. Необхідні для нормального функціонування системи специфічні агрегати і механізми випускаються, як правило, в обмеженій кількості, за оригінальною технологією, з особливих матеріалів і не завжди належним чином сертифіковані, а окремі елементи розраховані виключно для застосування на берегових об'єктах</p>	<p>1) На даний момент в світі існує тільки один документ, який має юридичну силу, в якому порушуються питання використання газів в якості суднового палива, – Міжнародний газовий кодекс IGC (від англ. International Gas Code).</p> <p>2) Прийнята підкомітетом з безпеки ІМО резолюція MSC Res. 285-86 заснована на IGC і регламентує правила застосування метану в якості палива на суднах, які не є газовозами [6].</p>	<p>Бункерування суден, які працюють на газу, в теперішній час здійснюється або за допомогою автотранспорту, або за допомогою плавучих заводів, які виробляють ЗПГ.</p>

Джерело: узагальнено авторами на основі [7]

Перший – використання нових, більш екологічних і економічних видів палива при експлуатації суден; другий – відмова від звичного нам палива на користь використання енергії сонця, води, вітру. Розглядаючи перший шлях, варто звернути увагу на основні види альтернативних палив (рис. 1).

Ціна біодизеля марочного приблизно в два рази вище за ціну звичайного дизельного палива. Дослідження, проведені в 2001/2002 роках в США показали, що при утриманні в паливі 20% біодизеля, вміст шкідливих речовин у вихлопних газах збільшується на 11%, і тільки використання чистого біодизеля зменшує викиди на 50%. Спирти заборонені як паливо з низькою температурою спалаху. Водень використовується в двигунах внутрішнього згоряння в чистому вигляді або у вигляді присадки до рідкого палива. Небезпека його зберігання на судні і дороге устаткування для подібного використання роблять даний вид палива абсолютно не перспективним для суден. Водопаливна емульсія виробляється на судні в спеціальній установці – при цьому економиться паливо, зменшуються викиди оксиду азоту (до 30% в залежності від вмісту води в емульсії), але не робить істотного впливу на викиди оксиду сірки. Зріджені та компримированні горючі гази дозволяють повністю виключити викиди сірки і твердих частинок в атмосферу, кардинально – на 80% знизити викиди оксидів азоту, істотно – на 30% знизити викиди діоксиду вуглецю [5].

Таким чином, можна стверджувати, що єдиним новим видом палива, застосування якого суттєво впливає на екологічні показники суднових двигунів, є природний газ. Самим екологічним видом палива є водень, вироблений з відновлюваної енергії. Рідкий водень може бути використаний у майбутньому. Однак у нього досить низький показник об'ємної енергетичної щільності, що призводить до необхідності створення великих місць зберігання.

Що стосується викидів азоту, для відповідності стандарту Tier III двигуни внутрішнього згоряння з циклом Отто, що працюють ЗПГ або водні, не потребують обладнання для очищення вихлопних газів. У більшості випадків для задоволення стандарту не підходять двопаливні двигуни, що працюють за дизельним циклом. Що стосується другого шляху, то вітер і сонце є найпоширенішими джерелами енергії на землі. Багато організацій пропонують всілякі проекти з впровадження їх в повсякденне життя [9]. У міжнародній практиці існує вже кілька проектів суден з використанням енергії вітру і сонця для свого плавання.

У прагненні скоротити витрати палива на великих торгових суднах флоту в світовому океані групою з Токійського університету був розроблений проект «Wild Challenger». Використовуючи гігантські висувні вітрила, річні витрати палива може бути знижено майже на 30 відсотків. Компанія «Eco Marine Power» розробила проект «Aquarius», особливістю якого є використання сонячних панелей в якості вітрила.

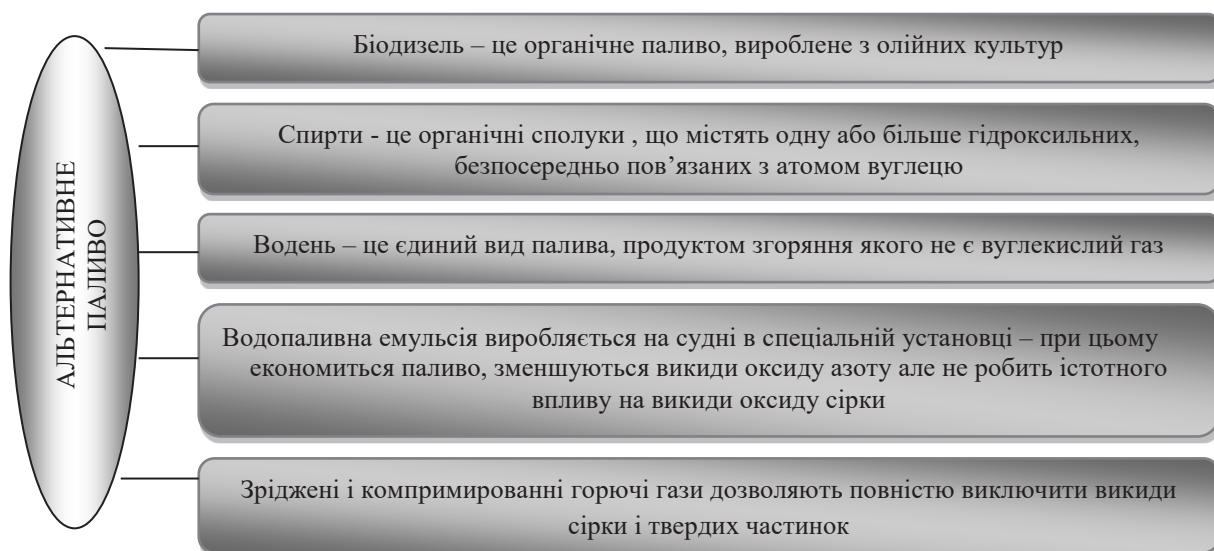


Рис. 1. Основні види альтернативних палив [8]

Останнє досягнення в області сонячних технологій означає, що тепер можна використовувати комбінацію сонячних батарей і вітрила, цей факт виводить даний проект на передові позиції в області розвитку сучасного суднобудування.

Таким чином, впровадження даних проектів значно впливає на світові морські перевезення, сприяючи значному зниженню рівня забруднення навколишнього середовища і скорочення витрат на паливо і обслуговування. Простішим шляхом для впровадження є використання економічного палива, оскільки ця технологія може бути застосована на вже існуючих суднах, проте все ж при цьому зберігається певний рівень витрат на паливо й викиди шкідливих речовин в атмосферу. Вибір на користь будівництва суден, які в своїй експлуатації використовують альтернативні джерела енергії, з одного боку, вимагає повної заміни флоту, але з іншого виключає витрати на паливо й істотно знижує різні види забруднень навколишнього середовища. Ціна впровадження не є головним критерієм при виборі тієї чи іншої технології, а ось ціна на паливо, як раз, є. Вона залежить від декількох факторів, включаючи важко передбачувані. Зростання цін на нафту природним шляхом впливає і на зростання цін на суднове паливо. На піку свого зростання ціна на бункер доходила до 600 доларів за тону важкого палива. За даними джерел, найнижча ціна в період з 2005 по 2015/2016 роки спостерігається на HFO. З нею може конкурувати лише ЗПГ. Ціна на метанол, вироблений з натурального газу вище, ніж на ЗПГ. Біопаливо виробляється з біомаси і традиційно дорожче нафти марки Brent. Ці види палива в майбутньому, швидше за все, зможуть конкурувати з MGO [10].

Комплексна модернізація повинна здійснюватися з урахуванням технічної і економічної

доцільності переобладнання суден для роботи на ЗПГ (табл. 2).

Основна проблема використання ПГ, як альтернативного МП, в нашій країні полягає в відсутності нормативно-правової бази, яка встановлює нормативи застосування ЗПГ на транспорті, єдиної інвестиційної політики в даній сфері і, отже, мотивацій для власників суден до переведення їх на інше паливо.

Переведення морського і річкового флоту на ЗПГ, безумовно, доцільно починати з вирішення комплексу складних інженерних завдань, в числі яких:

- формування інфраструктури (мережі) заправних комплексів;
- серійне будівництво суден з енергетичною установкою, що працює на ЗПГ;
- розробка і виробництво надійного газового обладнання;
- створення сервісної мережі для переобладнання і технічної експлуатації суден, що використовують ЗПГ.

Крім того, необхідно вирішити питання нормативно-правового, економічного і кадрового забезпечення, а саме:

- внести в законодавство зміни, пов'язані зі спрощенням порядку землевідведення та оформлення дозвільної документації при будівництві газозаправних станцій;
- затвердити систему преференцій, податкових пільг і субсидій для організацій, що випускають техніку на газовому МП, і для приватних осіб, що її експлуатують;
- передбачити субсидування будівництва виробничих потужностей зі зрідження ПГ і діяльності компаній по перевезенню їх транспорту на газове МП за допомогою лізингових схем;

Таблиця 2

## Перелік заходів, спрямованих на активізацію застосування ЗПГ на флоті

Задача	Шляхи вирішення на флоті	
	Морському	Річковому
1	2	3
Забезпечення бункерування суден ЗПГ	1) для суден з об'ємом бункера до 200 м <sup>3</sup> використовуються автоцистерни, понад 10 м <sup>3</sup> - застосовується спосіб «судно-судно» або «Причал-судно»; 2) здійснення будівництва підприємств по зрідженню газу	1) використовуються автоцистерни; 2) зводяться станції по зрідженню газу
Підбір оптимальних сховищ запасів ЗПГ на судні	1) використовуються всі типи цистерн, застосовуваних на газозах (мембранні, вкладні, типу SPB); 2) задіюються стандартні 40-футові контейнери-цистерни місткістю 27 м <sup>3</sup> з тиском, підвищеним до 5-6 атм.	1) використовується криогенне устаткування, необхідне для мобільних заправок, ємностей середнього обсягу - від 4 до 25 м <sup>3</sup>
Будівництво суден з СЕУ, працюючими на природному газі	1) здійснюється будівництво суден класу Aframax; 2) виробляються малі судна-бункеровщики ЗПГ для заправки газоходів вітчизняних та іноземних власників; 3) застосовуються 4-тактні дизельні установки із вприскуванням для запалювання 1% палива (так звані «двопаливні дизелі»), а також суднові ДВЗ з чисто газовим циклом та іскровим запалюванням	1) проводиться масштабна модернізація основних засобів, в тому числі замінюються або удосконалюються конструкції дизеля, паливних ємностей і апаратури вітчизняного виробництва; 2) здійснюється будівництво нових річкових і морських газоходів; 3) реалізуються технічні рішення в області створення сучасної газової паливної апаратури, нових двигунів з іскровим запалюванням, що працюють по газовому циклу 4) виконується масова модернізація двигунів, у яких не вироблено ресурс
Забезпечення безпечної експлуатації	На великотоннажних судах застосовується газобезпечний спосіб забезпечення вибухо- і пожежобезпеки машинного відділення, відповідно до Кодексу будівництва газозовів IGC: паливні трубопроводи розміщуються всередині каналів, заповнених інертним газом або постійно вентильованих	На невеликих судах з малогабаритними СЕУ використовується газобезпечний спосіб: машинне відділення безперервно вентильюється
Підготовка кадрів	Задоволення потреб судновласників в персоналі, здатному обслуговувати флот на газовому МП: базове навчання працівників середньої та вищої кваліфікації, перепідготовка та підвищення кваліфікації фахівців	Організація в галузевих освітніх установах навчання працівників середньої і вищої кваліфікації, які спеціалізуються на експлуатації газомоторної техніки на водному транспорті.
Забезпечення фінансування	Залучення інвестицій для будівництва або модернізації суден на газовому МП за лізинговою схемою або в рамках державно-приватного партнерства	Залучення коштів для здійснення переходу річкового і морського флоту на газове МП в рамках лізингової схеми і цільового державного субсидування закупівель нової техніки

Джерело: узагальнено авторами на основі [12]

– провести масштабну інформаційну кампанію в ЗМІ по висвітленню переваг газового МП в порівнянні з традиційним нафтовим;

– організувати для освітніх установ транспорту держзамовлення з підготовки фахівців середньої і вищої ланки, зайнятих в сфері експлуатації газомоторні техніки.

**Висновки.** Основним видом палива на річкових і морських суднах в найближчому майбутньому залишиться рідке паливо нафтового походження. Для економії рідкого палива на суднах можуть бути запропоновані технології по зменшенню витрат палива у вигляді різних присадок до мазуту – водню, води (у вигляді водопаливної емульсії), біопалива, застосування яких покращує екологічні показники ДВЗ, але не впливає принципово. Єдиним новим видом палива, застосування якого істотно впливає на екологічні показники суднових двигунів, є природний газ. Промисловість виробляє всі елементи, необхідні для переходу на газове паливо на суднах невеликої водотоннажності: двигуни, що працюють на газо-

вому паливі, криогенні ємності для зберігання зрідженого газу, прилади-газоаналізатори. Все це обладнання не тільки виробляється, а й уже має схвалення Регістру. При виникненні економічної доцільності використання газу займе своє місце на суднах. Головною перешкодою на шляху застосування природного газу на річкових і морських суднах є відсутність інфраструктури з бункерування суден зрідженим природним газом. Технічних труднощів і нормативних обмежень в Правилах Регістру щодо застосування на суднах цього виду палива в даний час немає.

Важливо відзначити очевидну закономірність: чим інтенсивніше сьогодні буде здійснюватися переведення існуючих суден на альтернативне паливо, тим активніше завтра будуть створюватися нові одиниці флоту на ЗПГ, розвиватися відповідна інфраструктура і, як наслідок, в цілому на водному транспорті поліпшуватися економічна і екологічна ситуація, завдяки застосуванню «чистого» і ефективного виду МП.

#### Список використаних джерел:

1. Закон «Про альтернативні види палива». Верховна Рада України. URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi> (дата звернення: 10.10.2020).
2. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78). кн. 3, прил. VI Предотвращение загрязнения атмосферы судами. Санкт-Петербург : ЦНИИМФ, 2000. 281 с.
3. «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» № 605-р / Кабінет Міністрів України (Розпорядження). URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi> (дата звернення: 30.09.2020).
4. Livanosa G.A. Techno-economic investigation of alternative propulsion plants for Ferries and RoRo ships. *Energy Conversion and Management*. 2014. V. 79. P. 640–651. DOI: 10.1016/j.enconman.2013.12.050
5. Шурпяк В.К. Применение альтернативных видов энергии и альтернативных топлив на морских судах. URL: <http://www.korabel.ru/filemanager> (дата звернення: 01.10.2020).
6. MSC 83/INF.3 «FSA –Liquefied Natural Gas LNG Carriers Details of the Formal Safety Assessment», IMO. 2007. P. 2–12.
7. Бармин И.В., Кунис И.Д. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра. Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 256 с.
8. Кирилов Н.Г. Альтернативные моторные топлива XXI века. *Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо*. 2003. № 3. С. 58–63.
9. Корабли будущего. URL: [http://korabley.net/news/korabli\\_budushhego/2010-04-05-526](http://korabley.net/news/korabli_budushhego/2010-04-05-526) (дата звернення: 13.09.2020).
10. Красавцева А. Судовое топливо будущего. Сравнение и перспективы. PROARCTIC. URL: <http://pro-arctic.ru> (дата звернення: 29.09.2020).
11. Котиков Ю.Г., Ложкин В.Н. Транспортная энергетика : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Москва : ИЦ «Академия», 2006. 272 с.
12. Про затвердження програми «Етанол». Кабінет Міністрів України (Постанова). URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi> (дата звернення: 11.10.2020).

#### References:

1. Law "About alternative vidi fire". Verkhovna Rada of Ukraine. URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi> (accessed: 10.10.2020).
2. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78). book 3, adj. VI Prevention of air pollution by ships. Saint Petersburg: TsNIIMF, 2000. 281 p.
3. "About the meeting of the energy strategy of Ukraine for the period up to 2035" Safety, energy efficiency, competitiveness "No. 605-r / Cabinet of the Ministry of Ukraine (Order). URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi> (accessed: 09.30.2020).

4. Livanosa G.A. (2014) Techno-economic investigation of alternative propulsion plants for Ferries and RoRo ships. *Energy Conversion and Management*, v. 79, p. 640–651. DOI: 10.1016/j.enconman.2013.12.050
5. Shurpyak V.K. The use of alternative energies and alternative fuels on sea vessels. URL: <http://www.korabel.ru/filemanager> (accessed: 01.10.2020).
6. MSC 83 / INF.3 «FSA –Liquefied Natural Gas LNG Carriers Details of the Formal Safety Assessment», IMO. 2007. P. 2–12.
7. Barmin I.V., Kunis I.D. (2009) Liquefied natural gas yesterday, today, tomorrow. Moskva: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman, 256 p.
8. Kirilov N.G. (2003) Alternative motor fuels of the XXI century. Auto gas filling complex + alternative fuel, no. 3, s. 58–63.
9. Ships of the Future. URL: [http://korabley.net/news/korabli\\_budushhego/2010-04-05-526](http://korabley.net/news/korabli_budushhego/2010-04-05-526) (accessed: 09.13.2020).
10. Krasavtseva A. Ship fuel of the future. Comparison and perspectives. PROARCTIC. URL: <http://pro-arctic.ru> (accessed: 09.29.2020).
11. Kotikov Yu.G., Lozhkin V.N. (2006) Transport energy: textbook. manual for stud. higher. study. institutions. Moskva: IC "Academy", 272 p.
12. About the hardened programs "Ethanol". Cabinet of Ministries of Ukraine (Resolution). URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi> (accessed: 11.10.2020).