УДК 621.181.2 **DOI https://doi.org/10.33082/td.2021.4-11.11**

СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ НАУКОЄМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ У ВИПУСКНИХ ГАЗАХ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ

А.Г. Данилян[1], І.З. Маслов[2], Н.Б. Тірон-Воробйова[3]
[1]старший викладач кафедри суднових енергетичних установок і систем,
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія», Ізмаїл, Україна,
ORCID ID: 0000-0003-1759-6077
[2]к.т.н., доцент, завідувач кафедри суднових енергетичних установок і систем,
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія», Ізмаїл, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-9468-2756
[3]к.т.н., доцент кафедри загальнонаукових дисциплін,
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія», Ізмаїл, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-8269-2682

Анотація

Вступ. *Бурхливий розвиток світового транспорту завдає непоправної шкоди довкіллю всього людства земної кулі. Морський і річковий транспорт робить свій внесок у питанні карбонізації до 18% від загального обсягу шкідливих викидів в атмосферу.* ***Мета.*** *Основна мета науково-дослідної роботи авторів статті підпорядкована зниженню шкідливих викидів в атмосферу суден морського та річкового транспорту. Використана методика розкриття мети заснована на аналітичній і практичній дослідницькій роботі.* ***Результати.*** *У статті проведено аналітику кращих світових технологій щодо зниження шкідливих викидів у випускних газах в атмосферу суднових дизелів, проведено аналіз науково-дослідної роботи Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія» та НВФ «Еко-Авто-Титан», Україна.*

Протягом останніх 6 років на суднах Українського дунайського пароплавства проведено випробування паливних каталізаторів різних модифікацій, продукції НВФ «Еко-Авто-Титан», Україна з контролем Українського аудитора «Науково-дослідного інституту «Охорони навколишнього середовища та економії палива», м. Київ. Отриманий матеріал досліджень на суднах пароплавства дав позитивні результати й показав зниження оксиду азоту NOx на 38%, оксиду вуглецю COx до 50%, діоксиду вуглецю 7%, викиди сажі за показаннями димомеру знизилися на 55%, економія палива становила до 10%. Сам паливний каталізатор касетного типу є досить складною конструкцією. У металеву оболонку паливного каталізатора вмонтовано хімічні реагенти різних оксидів металів, що реструктурують дизельне паливо на молекулярному рівні. Каталізатор установлюється на гнучких зв'язках перед насосом високого тиску, ресурс каталізатора 500 т палива до заміни в ньому хімічних реагентів. Відпускна ціна каталізатора залежить від потужності двигуна, на який він планується до встановлення та знаходиться

© Данилян А.Г., Маслов І.З., Тірон-Воробйова Н.Б., 2021

в діапазоні від 400 у.о. (автомобільний транспорт), 10 000 у.о. (суднові двигуни потужністю до 3 тис. кВт).

Розглянуто технології використання у двигунах внутрішнього згоряння автомобільного, залізничного, річкового й морського транспорту палива рослинного походження. Наведено аналіз можливого використання газового палива на суднах річкового флоту Українського дунайського пароплавства.

Більш детально розглянуто питання виробництва водню з використанням останніх інноваційних технологій, розроблених у створенні ядерних реакторів останнього покоління, які успішно інтегровані у виробничі хімічні модулі, що дають змогу отримувати гідроплазму в перегрітій водяній парі до 800^0 С з отриманням водню й кисню. Собівартість одного літра водню із застосуванням цієї технології не перевищує 1,6 у.о., що дає повний пріоритет виробництва водню в промислових обсягах.

Незважаючи на успіх виробництва водню за новою технологією, авторами статті розкрито серйозні недоліки при спалюванні водню в теплових машинах (двигунах внутрішнього згоряння, газових турбінах і котлах). Основний недолік спалювання водню – це наявність закису азоту N_20 у випускних газах теплових машин, який є парниковим газом із високим ступенем згубного впливу на довкілля. ***Висновки.*** *Отриманий дослідницький матеріал спільної роботи Дунайського інституту НУ «ОМА» із НВФ «Еко-Авто-Титан», Україна отримав своє схвалення на внутрішніх водних шляхах Європи. Паливні каталізатори почали купувати Індія, Туреччина, Казахстан.*

У статті зроблено конкретні пропозиції щодо локалізації закису азоту при згорянні водню. Узагальнено досвід використання авангардних технологій щодо використання ядерних інтегрованих сольових реакторів для отримання промислового водню.

Ключові слова: *наукомісткі технології зниження шкідливих викидів в атмосферу з випускними газами суднових дизелів, ядерні реактори з низьким збагаченням урану, паливний каталізатор, гідроплазма.*

CREATION AND RESEARCH OF NEW SCIENTIFIC TECHNOLOGIES TO REDUCE HARMFUL EMISSIONS IN THE EXHAUST GASES OF MARINE DIESELS

A.H. Danylyan[1], I.Z. Maslov[2], N.B. Tiron-Vorobiova[3]
[1]Senior Lecturer of the Department of Ship's power plants and systems,
Danube Institute of National University "Odessa Maritime Academy", Izmail, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0003-1759-6077
[2]PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department
of Ship's power plants and systems,
Danube Institute of National University "Odessa Maritime Academy", Izmail, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-9468-2756
[3]PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department
of General scientific disciplines,
Danube Institute of National University "Odessa Maritime Academy", Izmail, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-8269-2682

Summary

Introduction. *The turbulent development of world transport causes unjustifiable harm to the health of all humanity of the Earth's population. Marine and river*

transport contributes up to 18% of the total amount of toxic discharges into the atmosphere. ***Purpose.*** *The main goal of scientific and investigative work of the authors of this article is to reduce waste discharges into the atmosphere of ships of maritime and river transport. The article uses the methodology of the statement of purpose based on the analytical and practical research work.* ***Results.*** *This article analyzes the world's leading technologies for reduction of hazardous emissions in exhaust gases of marine diesel engines, analyzes scientific and research work of the Danube Institute of the National University "Odessa Marine Academy" and NVF "Eco-Auto-Titan", Ukraine.*

During the last 6 years on the vessels of the Ukrainian Danube Shipping Company the testing of oil catalyzers of different modifications, products of NVF "Eco-Auto-Titan", Ukraine under the control of the Ukrainian auditor "Scientific-research Institute "Environment protection and fuel economy", Kyiv was carried out. The material obtained during examinations of vessels used for water heating had positive results and showed nitrogen oxide NOx reduction by 38%, carbon monoxide COx reduction by 50%, carbon dioxide reduction by 7%, soot emissions by dimmometer measurements decreased by 55%, fuel economy reduced by up to 10%. The cassette-type fuel catalyst itself is a very complex construction. Chemical reagents of different metal oxides, which restructure diesel fuel at molecular level, are built into metal shell of the catalytic converter. The catalyst is installed on flexible links before the high-pressure pump, the catalyst life is 500 tons of fuel before the chemical reagents are replaced in it. Release price of the catalyst depends on the power of the engine, which it is planned for installation and ranges from 400 c.u. (automobile transport), 10 000 c.u. (marine engines up to 3 thousand kW).

The article describes technologies of internal combustion engines of automobile, railway, river and sea transport using rosin-based fuels. The analysis of possible use of gas fuel on the vessels of the river fleet of the Ukrainian Danube Shipping Company is given.

In more detail the production of water heating with the use of the latest innovative technologies developed in the creation of the latest generation of nuclear reactors is considered, the reactors are successfully integrated into the production chemistry modules to produce hydroplasma in superheated water vapor up to 800^0 C. with the production of aqueous and acidic hydrogen. The cost of one liter of water with the use of this technology does not exceed 1.6 c. u, which gives full priority to the production of industrial volumes of water.

In spite of the success of water production with the new technology, the authors of the article revealed serious shortcomings in combustion of water in thermal machines (internal combustion engines, gas turbines and boilers). The main disadvantage of water-combustion is the presence of nitrogen oxide N_20 in the exhaust gases of thermal machines, which is a greenhouse gas with a high degree of harmful effect on the downdraft.

Conclusions. *The obtained investigative material of the joint work of the Danube Institute of Scientific and Production Enterprise "OMA" with scientific and production company "Eco-Auto-Titan" Ukraine received its seizure in the internal waterways of Europe. The coal-powered catalyzers began to be purchased: India, Turkey, Kazakhstan.*

This article contains specific suggestions on the localization of nitrogen oxide during water combustion. It summarizes the experience of using avant-garde technologies on the use of nuclear integrated salt reactors for obtaining industrial water.

Key words: *science-intensive technologies to reduce harmful emissions into the atmosphere with exhaust gases from marine diesel engines, nuclear reactors with low uranium enrichment, fuel catalyst, hydroplasma.*

Вступ. Забруднення повітряного океану планети – одна з актуальних проблем людства, яка призвела до незворотних процесів серед існування всіх живих істот. Повені, посуха, зниження кисню в повітряній масі та насичення повітря отруйними включеннями з великим прискоренням крокують планетою. Ранні прогнози вчених щодо зміни клімату в часі виявилися не коректними, наближення парникового ефекту значно наблизило нас до глобальної катастрофи.

Постановка проблеми. Випускні гази суднових дизелів поширюються на морський і річковий флот, які забруднюють продуктами згоряння повітря прибережних міст морського узбережжя та внутрішніх річок, що протікають усередині багатьох держав. Забруднення атмосфери випускними газами двигунів внутрішнього згоряння призводить до різкого збільшення захворювань органів дихання населення планети, знищується родючість земель сільськогосподарського призначення, гине фауна та флора довкілля людства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі дослідження проводилися за двома напрямами:

– обробка аналітичного матеріалу щодо використання екологічно чистих палив;

– узагальнення дослідницької роботи, що проводиться авторами статті на суднах морського та річкового флоту, а також на автомобільному транспорті.

Аналітичні дослідження базувалися на вивченні й узагальненні останніх наукових праць у галузі використання газоподібного палива для теплових двигунів, включаючи суднові дизелі та двигуни автомобілів, літаків, залізничного транспорту. Проведено детальний аналіз наукових праць: Радченко Р.В., Мокрушина О.С., Тюльпи В.В. Водень в енергетиці. Єкатеринбург : Вид-во Уральського університету, 2014; вивчено матеріали Європейської комісії «Воднева стратегія для нейтрального клімату Європи», Брюссель, 2020. Отримано нову інформацію ООН із забруднення атмосферного морського судна транспорту, настав час включитися в боротьбу зі зміною клімату. Женева : Видавництво ООН, 2019. Проаналізовано низку публікацій щодо використання водневого палива на транспорті, знайдено пріоритетні напрями отримання водню, надано оцінку можливості розвитку суднової енергетики для роботи на метані. Також використовується багаторічний досвід науково-дослідної роботи авторів статті щодо зниження шкідливих викидів на морському та річковому транспорті із застосуванням паливних каталізаторів НВФ «Еко-Авто-Титан», Україна. Дослідницька робота узагальнена й опублікована в наукових фахових виданнях. Усі випробування контролювалися українськими та зарубіжними аудиторами з підтвердженням показників досліджень – сертифікатами.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є знаходження оптимальних рішень у процесі дослідження шкідливих викидів в атмосферу в газах, що

відходять, суднових дизелів, які могли б бути запропоновані в подальшому судновласникам. Різноманітність наукомістких технологій, що пропонуються науковими колективами, на жаль, не завжди відповідає безпеці мореплавання, економіці перевезень, управлінню й технічному обслуговуванню інноваційних технологічних установок. Дослідження теми потребує високих професійних знань, ретельної перевірки поставленого експерименту й обов'язкового незалежного аудиту третьої сторони.

Виклад основного матеріалу. Останнім часом світ побачив масу робочих наукомістких технологій зі зниження шкідливих викидів в атмосферу у відпрацьованих газах двигунів внутрішнього згоряння транспортних засобів. Америка та країни Південної Америки активно почали переходити на суміші палива із застосуванням рослинних олій і спиртів, що дало конкретні результати щодо зниження оксиду азоту NOx, оксиду вуглецю COx, летючих карбонів у вигляді сажі, діоксиду вуглецю CO_2 [1, с. 10]. Останній показник знизився незначно, над ним працюють великі наукові світові центри Європи й Америки, але, на жаль, суттєвих результатів, які могли послужити надалі створенням робочої технології, поки що немає. Для морських і річкових суден розроблено технологію зниження діоксиду вуглецю за відомою методикою, в основі якої розроблено та затверджено середньорічний експлуатаційний коефіцієнт енергоефективності CEKE з параметрами моніторингу:

$$CO_2 = A \bullet E, \quad (1)$$

де CO_2 – уміст діоксиду вуглецю, г;

A – активність роботи судна, тонно-миль;

E – енергоефективність, витрати палива, г/тонно-миль.

Цей коефіцієнт визначено IMO для суден будівлі після 1 липня 2015 р., де в судовому свідоцтві CEKE враховуватиметься типорозмір судна, розрахунок CO_2. До суден старої споруди будуть застосовані збільшені портові збори зі зниженням потужності на робочих режимах з метою зменшення викидів CO_2. Судна нової споруди оснащені сучасними двигунами з електронним управлінням процесу подачі та горіння палива, якщо порівняти два двигуни однієї марки: RND 90 Sulser випуску 70 мм і сучасний RT-flex 90 Sulser, то стане очевидним, що викиди CO_2 у новому двигуні будуть значно нижчими. Новий двигун цієї лінійки витрачає 160 г на кВт/год, а старий – 240 г на кВт/год, практично при однаковій ефективній потужності з ходом поршня 2500 мм циліндрова потужність становить 5720 кВт і помножена на 8 циліндрів, їх ефективна сумарна потужність буде Ne= 45760 кВт. Різниця в годинній витраті палива в них становитиме (45760 х 240 = 10,982 т, 45760 х 160 = 7,322 т) майже 4 тонни палива [2, с. 10].

Проведено спільну науково-дослідну роботу Дунайського інституту національного університету «ОМА» з науково-виробничою фірмою «Еко-Авто-Титан», Україна протягом 6 років, низку досліджень як в Україні, так і за кордоном, включаючи автодорожній, річковий і морський транспорт. Предмет досліджень полягав у зниженні шкідливих викидів у газах, що виходять, витрат палива двигунів внутрішнього згоряння з використанням каталізатора палива, який, на відміну від каталізаторів очищення вихлопних газів, установлених на випускному тракті двигунів, установлюється на бензинових двигунах перед

карбюратором, а на дизельних двигунах – перед паливним високого тиску. Сама схема дає змогу робити одночасно порівняння на установках із двома двигунами з підключеним каталізатором і без нього [3, с. 12]. Схема обслуговується сучасними електронними приладами: димоміром і газоаналізатором Testo-350, а також до установки, що випробовується, підключається індикатор контролю основних і непрямих показників роботи двигуна, що дає можливість контролювати навантажувальні режими роботи, які постійно збігаються з показниками газоаналізатора й димоміру. Через мірний бачок фіксується витрата палива на кожному робочому режимі, що дає змогу з достатньою точністю визначати економію палива, яка додатково розраховується аналітичним шляхом. Перед початком випробувань проводиться математичне моделювання за програмою «Дизель – RK», у цю програму вводяться дані всього процесу для отримання прогнозованих показників випробувань, що дуже важливо з урахуванням різних рівнів технічного стану випробуваних двигунів, щоб не допустити аварійну ситуацію [4, 1tr.]. Як правило, усі випробування фіксуються третьою стороною – незалежним міжнародним аудитором, який усі отримані показники за заздалегідь затвердженою програмою підтверджує сертифікатом.

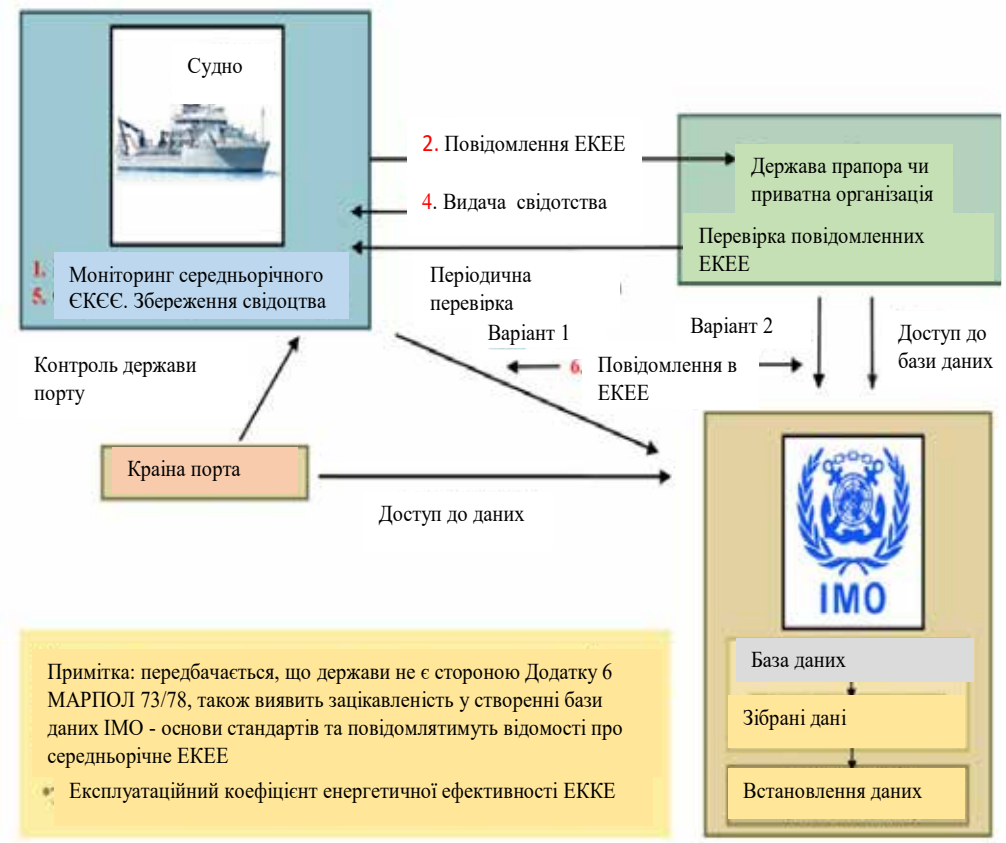
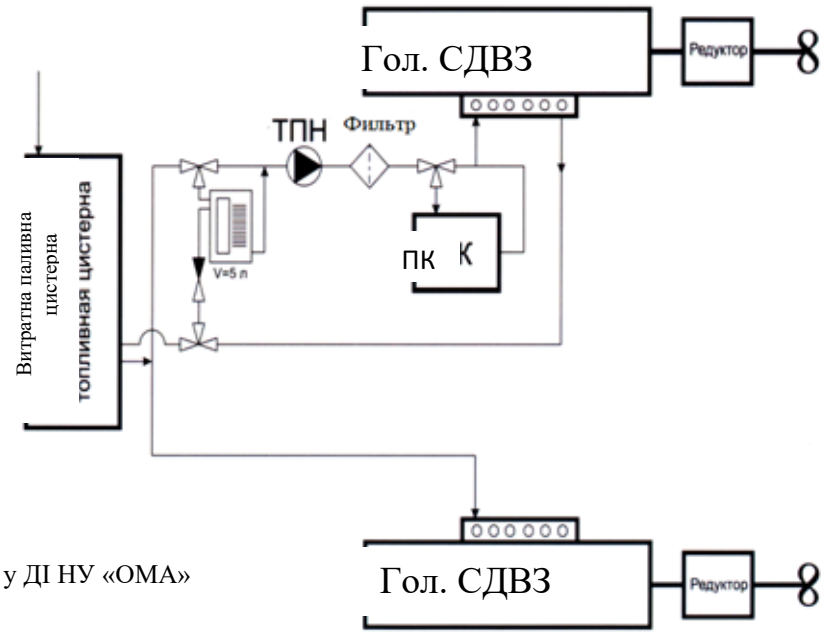


Рис. 1. Схема моніторингу судна щодо визначення коефіцієнта СЕКЕ

Загальна схема установки паливного каталізатора на «Портовий-22»



Розроблено у ДІ НУ «ОМА»

Рис. 2. Робоча схема установки паливного каталізатора ПК на СДВС: ППН – паливопідкачувальний насос, ПК – паливний каталізатор, V = 5 л – мірний бачок палива, гол. СДВЗ – головний судновий двигун внутрішнього згоряння

Паливний каталізатор виробництва НВФ «Еко-Авто-Титан», Україна, спільно з Дунайським інститутом НУ «ОМА» проходить удосконалення з урахуванням зміни якості бензинів, авіаційного газу, дизельного палива тощо. Він є компактною циліндричною конструкцією з різними видами хімічних реагентів, з урахуванням різних потужностей випробуваних двигунів його розміри трохи змінюються. Він легко встановлюється на гнучких з'єднаннях під капотом легкових і вантажних машин і компактно монтується на суднових двигунах. Ціновий діапазон ПК варіюється від 400 у.о. до 10000 у.о. з тривалістю роботи його до наступної заправки реагентами, близько 500 тонн дизельного палива та бензинів.

На рис. 3 в розрізі показаний каталізатор камерно-касетного типу, до складу якого входять титанові фільтри-активатори тонкого очищення, активні елементи хімічного каталізатора та гранульований каталізатор. У першій камері осідають важкі фракції, що потрапили в паливо, а також відбувається селективне очищення дизельного палива від сірчистих з'єднань і смол. У другій камері паливо каталітично обробляється шляхом контакту його вуглеводневих молекул з високопористою активною поверхнею гранульованого каталізатора, до складу якого входять сполуки металів і каталітично активних органічних включень. Після цього паливо обробляється на молекулярному рівні таблетками-присадками, солями металів, які під впливом високих температур і тиску в камері згоряння двигуна у вигляді молекул металу осідають на поверхні деталей циліндро-поршневої групи. У третій камері за рахунок застосування титанових склянок активаторів модифіковане

паливо піддається додатковій активації та стабілізується. Ефект каталітичної обробки палива зберігається протягом 30–40 с, що цілком достатньо для спалювання його в камері згоряння двигуна. Комплексна обробка палива збільшує повноту його згоряння, за рахунок чого зменшується витрата палива та вихлоп в атмосферу шкідливих речовин із відпрацьованими газами.

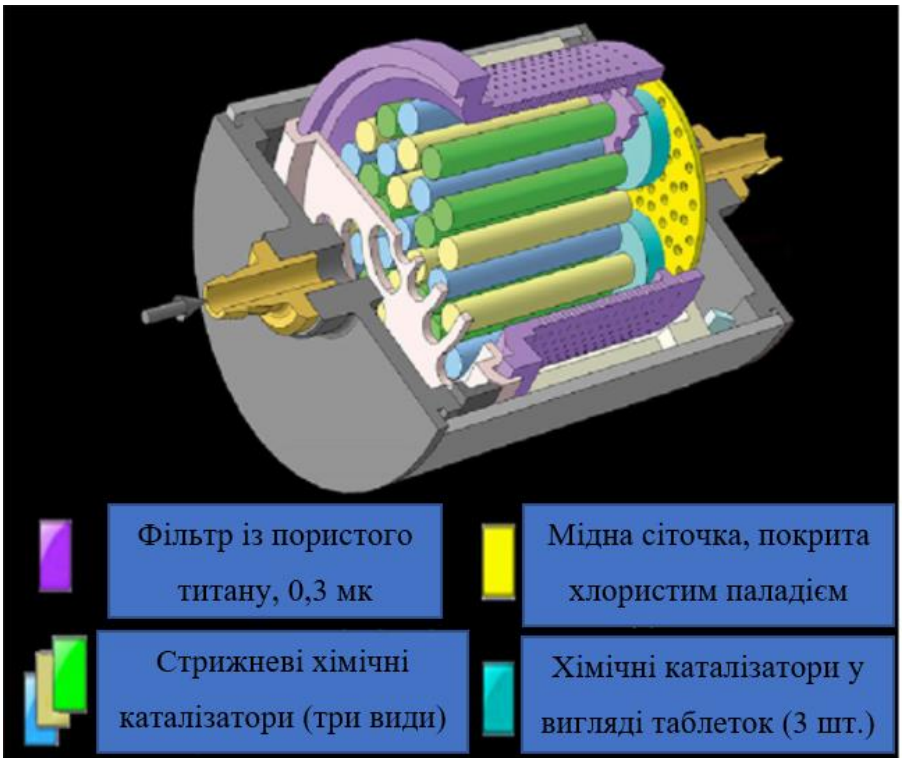


Рис. 3. Паливний каталізатор камерно-касетного типу

На випробуваннях, що проходять в Українському дунайському пароплавстві, паливний каталізатор показував стабільне зниження шкідливих викидів у газах, що відходять, головних двигунів: NOx – 35%, CO – 50%, викиди твердих частинок (сажа) – 50%, CO_2 – 7%, економія палива становила до 10%, усі показники було підтверджено незалежним аудитором Інституту екології та енергозбереження України на суднах УДП: «Капітан Жидков» у 2017 році [5, с. 54], рівно через рік було проведено випробування на однотипному судні «Механік Сінілов» із подібними режимами навантаження двигунів, де зниження шкідливих викидів зафіксовано лише на рівні попереднього судна [6, с. 54].

Проведені випробування різного автотранспорту в Україні й за кордоном підтверджують стабільність зниження шкідливих викидів у відпрацьованих газах та економію палива. Фіналом значущого досягнення стали результати випробувань каталізатора Дунайським інститутом НУ «ОМА» на рибальському сейнері індійської компанії в Індійському океані, які мали чистого ходового часу 12,5 діб і забезпечили стабільну економію палива 17,5% з фіксацією результатів міжнародним аудитором компанії «Enggsol Engineering India» з видачею українській

стороні підтверджуючого сертифіката, що послужило просуванню паливного каталізатора на ринок Індії [7, p. 1].

Дунайським інститутом НУ «ОМА» наприкінці 2020 року узагальнено весь досвід спільної роботи щодо зниження шкідливих викидів в атмосферу з використанням паливних каталізаторів НВФ «Еко-Авто-Титан» [8, с. 38].

За роботою інституту з пильною увагою спостерігала Міжнародна дунайська комісія, яка двічі на засіданнях у 2016, 2020 роках розглядала питання щодо використання каталізатора на річкових судах, які працюють на внутрішніх річках ЄС [9, с. 11].

Розширене спільне засідання Міжнародної дунайської комісії та європейських судновласників за участю міжнародних екологічних інститутів і громадських організацій підготувало програму поетапного зниження шкідливих викидів в атмосферу з річкових суден. Програма включає конкретні заходи з декорбонізації викидів, мета – зниження середньої температури планети [10, с. 32].

Екологічні сучасні вимоги останніми роками визначили масштабний перехід світового транспорту на газове паливо різних марок, але здебільшого використовується природний газ – метан, пропан-бутан, етан як у зрідженому, так і в компримованому стані з тиском 220 бар. Українське дунайське пароплавство практично весь свій флот готувало перевести на скраплений метан до 2023 року. Це річкові судна, які працюють на ділянці річки Дунай, що охоплює 8 країн із довжиною судноплавства в 2230 км, які повинні мати заправні станції та сервісне обслуговування, але це питання ще повністю не вирішене низкою країн Придунайських країн, що буде стримуючим фактором щодо використання нових технологій річковим флотом. Зберігання рідкого метану з температурою -162^0 С у суднових кріотанках вимагатиме значного переобладнання та фінансових витрат, не кажучи вже про модернізацію суднових двигунів під використання метану.

Перехід на газове паливо не усуває основну проблему, пов'язану з викидами парникового газу CO_2 (діоксиду вуглецю). За низкою оцінок Державного комітету зі статистики РФ, частка викидів CO_2 у 2019 р. від спалювання природного газу в загальному обсязі становила 24,7%. Одна тонна умовного газу при спалюванні викидає в атмосферу в еквіваленті 1,603 т CO_2, дизельне паливо викидає в атмосферу 2,172 т CO_2. Цей показник повністю перекреслить перспективу використання газу в теплових двигунах світового транспорту. Виходячи з вищевикладеного, керівництво ТОВ УДП змінило своє рішення та підписало протокол намірів з ANGLO-BELGIAM CORPORATION ABC щодо встановлення двигунів на штовхачі-буксири відповідні до EURO STAGE V щодо зниження шкідливих викидів в атмосферу. Двигуни компанії ABC здатні працювати на водні та рідкому паливі; переобладнання відбуватиметься на Кілійському суднобудівному-судноремонтному заводі. Сам проект оцінюється у 90 млн. євро [11, с. 12].

Невипадково на засіданні комітету при ООН у 2020 році зроблено зауваження, що морський і річковий флот постійно збільшує частку викидів парникового газу, це пов'язано зі збільшенням морських і річкових перевезень, з нарощуванням кількості суден із двигунами підвищеної потужності [12, с. 5].

Основною альтернативою всім видам палива, що використовується на транспорті, є водень. Водень користується достатнім попитом у Європі й у всьому

світі. Його можна використовувати як сировину, паливо або енергоносій і сховища, а також безліч можливих застосувань у промисловості, транспорті, енергетиці та будівництві. Що важливо, він не виділяє CO_2 і майже не забруднює повітря при його використанні. Таким чином, він пропонує рішення для декарбонізації промислових процесів і секторів економіки, у яких скорочення викидів вуглецю є невідкладним і важкодосяжним. Усе це робить водень необхідним для підтримки зобов'язань ЄС щодо досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року та глобальних зусиль щодо реалізації Паризької угоди, прагнучи нульового забруднення [13, с. 64]. Нові напрями науки у виробництві водню пов'язані з атомною енергетикою. Відомо, що при подальшому нагріванні перегрітої водяної пари до температури 3000–3500^0 С ми отримаємо гідроплазму, що складається з водню та кисню, зрозуміло, що подібна технологія виробництва водню в промисловому виробництві буде вкрай нерентабельною. У зв'язку з цим розроблена нова ядерна технологія з інтегрованим реактором на розплавлених солях компанії Terrestial, це реактор четвертого покоління IMSR, який працює на низькозбагаченому 235 урані з коефіцієнтом корисної дії 50%. Реактор інтегрований для виробництва водню за технологією SRNL Savannah River National Laboratory з гібридної сірки. Ключовим етапом реакції є електрохімічне розщеплення води з використанням деполяризованого діоксиду сірки електролізера [14, с. 22]. Виробництво водню із застосуванням цієї технології обходиться за собівартістю в 1,6 $ за 1 л при t 800^0 С. Пріоритетність технології SRNL незаперечна й може бути з успіхом застосована для широкого виробництва водню, але останнім часом з'явилися нові наукові заперечення не на користь використання водню в сучасній енергетиці.

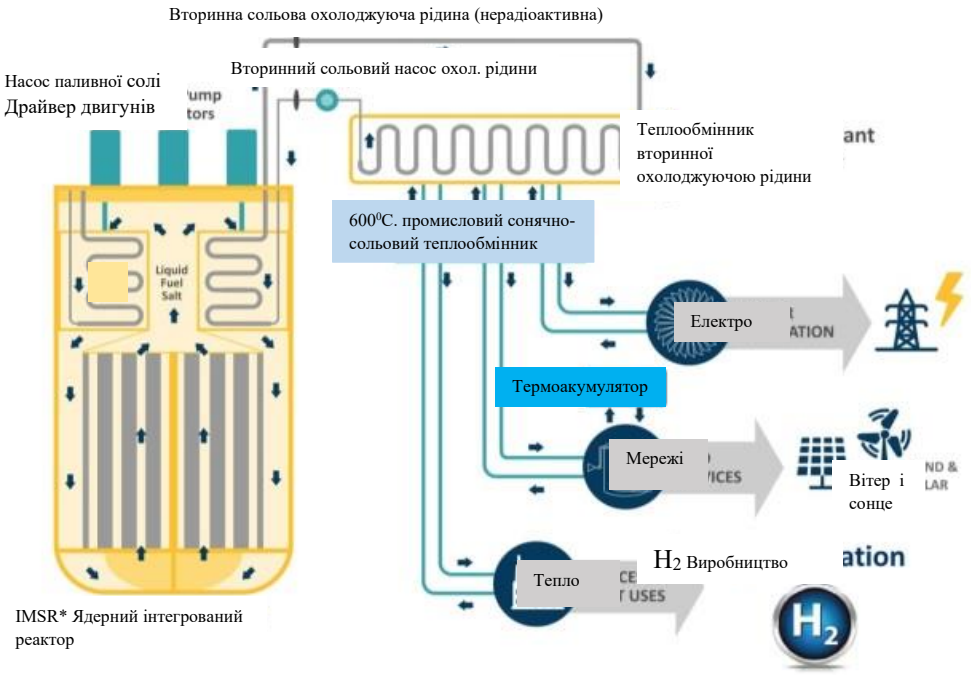


Рис. 4. Інтеграція виробництва водню з інтегрованим реактором на розплавлених солях IMRS

На жаль, при спалюванні водню останнім часом зіткнулися з проблемою, яка пов'язана з викидами в атмосферу закису азоту N_2O з потенціалом глобального потепління ПГП, що дорівнює 298, що у 298 разів перевищує ПГП вуглекислого газу [15].

Висновки. У статті розкрито й досліджено основні напрями декарбонізації викидів в атмосферу при спалюванні різних видів палива, показано певний обсяг науково-дослідної роботи авторів статті за програмою Дунайського інституту НУ «ОМА» та НВФ «Еко-Авто-Титан», Україна. Розкрито суттєву нестачу спалювання водню за значного збільшення викидів в атмосферу закису азоту N_2O, який може бути локалізований із застосуванням ядерної енергетики на Світовому морському флоті з використанням парових турбін, а також на теплових та електричних станціях. Автомобільний і залізничний транспорт доцільно перевести на електроенергію з високоємними акумуляторами.

Водень як основне паливо сучасної енергетики може успішно використовуватися за умови надійного відділення закису азоту в абсорбері. Сучасні абсорбери дають змогу до 90% уловлювати закис азоту з продуктів згоряння палива, конструкційно вони поділяються на два типи: поверхневі та барботажні, останні успішно застосовуються на морському флоті у вигляді скруберів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Данилян А.Г., Маслов І.З., Тірон-Воробйова Н.Б. Екологія та економія дизельного палива в науковому огляді нових технологій його спалювання. *Transport Development.* 2020. № 2(7). С. 86–98.
2. Данилян А.Г., Залож В.І., Руденко М.І. Створення нових напрямів зниження шкідливих викидів у газах двигунів внутрішнього згоряння. *Вісник ОНМУ.* 2017. № 2 (51). 10 с.
3. Данилян А.Г. Програма випробувань паливного каталізатора на портовому буксирі Портовий-22. ДІ НУ «ОМА». Ізмаїл, 2016. 12 с.
4. Програма «Дизель-РК» – сервер МДУ ім. М. Баумана. 2017. 1 тр.
5. Звіт про проведення випробувань на теплоході «Капітан Жидков» / Інститут екології та енергозбереження. Київ, 2017. 54 с.
6. Звіт про проведення випробувань на теплоході «Механік Сінілов» / Інститут екології та енергозбереження. Київ, 2018. 54 с.
7. Conformity test certificate, company Enggsol Engineering India. 2019. 1 p.
8. Данилян А.Г. Звіт про науково-дослідну роботу з випробування каталізатора паливного НВФ «Еко-Авто-Титан», Україна / Дунайський НУ «ОМА». Ізмаїл, 2020. 32 с.
9. Матеріали засідання Міжнародної Дунайської комісії щодо впровадження паливного каталізатора «Еко-Авто-Титан», Україна на річкові судна. Будапешт, 2016. 11 с.
10. Засідання робочої групи Дунайської комісії з технічних питань (12–15 жовтня 2021 р.): Розділ II.3 попереднього порядку денного: «Модернізація флоту та заходи щодо скорочення забруднення повітря від внутрішнього судноплавства». Будапешт, 2021. 32 с.

11. Протокол засідання Ради УДП про модернізацію річкового флоту (34 буксира-штовхача) із заміною двигунів компанії ABC на Кілійському суднобудівному-судноремонтному заводі. Ізмаїл, 2021. 12 с.
12. Морському транспорту настав час включитися в боротьбу зі зміною клімату, вважають в ООН. Женева, 2019. 5 с. URL: www. news.un.org (дата звернення: 26.09.2021).
13. Аналітичний документ Європейський зелений курс. Формування майбутнього східного партнерства / Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство та навколишнє середовище». Київ, 2020. 64 с.
14. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водень в енергетиці / Уральський університет. Єкатеринбург, 2014. 229 с.
15. Гавриленко Г. Водневі сюрпризи. Київ, 2021. 8 с.

REFERENCES

1. Danylyan A.H., Maslov I.Z., Tiron-Vorobsova N.B. (2020). Ecology and economy of diesel fuel in the scientific review of new technologies of its combustion [Ekolohiya ta ekonomiya dyzel′noho palyva v naukovomu ohlyadi novykh tekhnolohiy yoho spalyuvannya]. Transport Development, No 2(7), 86–98 [in Ukrainian].
2. Danylyan A.H., Zalozh V.I., Rudenko M.I. (2017). Creation of new directions for reducing harmful emissions in exhaust gases of internal combustion engines [Sozdaniye novykh napravleniy snizheniya vrednykh vybrosov v vykhlopnykh gazakh dvigateley vnutrennego sgoraniya]. ONMU Bulletin, No 2 (51), 9 [in Russian].
3. Danylyan A.H. Fuel catalyst test program on the port tug Portovy-22. DI NU «OMA» [Prohrama vyprobuvan′ palyvnoho katalizatora na portovomu buksyri Portovyy-22. DI NU «OMA»]. Izmail, March 2016, 12 [in Ukrainian].
4. The program «Diesel-RK» – MSU server. M. Bauman. 2017, 1p [in Ukrainian].
5. Test report on the ship «Captain Zhidkov», Institute of Ecology and Energy Conservation, Kyiv. 2017, 54 [in Ukrainian].
6. Test report on the ship «Mechanic Sinilov», Institute of Ecology and Energy Conservation, Kyiv. 2018, 54 [in Ukrainian].
7. Conformity test certificate, company Enggsol Engineering India. 2019, 1 [in English].
8. Danylyan A.H. (2020). Report on research work on testing the fuel catalyst of NMF «Eco-Auto-Titan», Ukraine [Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote po ispytaniyu toplivnogo katalizatora NPF «Eko-Avto-Titan», Ukraina]. Izd-vo Dunayskiy institut NU «OMA» Danube Institute NU «OMA», 38 [in Russian].
9. Proceedings of the meeting of the International Danube Commission on the introduction of fuel catalyst «Eco-Auto-Titan», Ukraine on river vessels. Budapest, 2016, 11 [in Ukrainian].

10. Meeting of the working group of the Danube Commission on Technical Issues (October 12–15, 2021): Section II.3 of the Preliminary Agenda: «Fleet Modernization and Measures to Reduce Air Pollution from Inland Navigation». Budapest, 2021, 32 [in Ukrainian].
11. Minutes of the meeting of the UDP Council on the modernization of the river fleet (34 tugboats) with the replacement of ABC engines at the Kiliya Shipbuilding and Shiprepair Plant. Ishmael, July 22, 2021. 12 [in Ukrainian].
12. www.news.un.org «It's time for sea transport to get involved in the fight against climate change, according to the UN». [electronic resource] [«Morskomu transportu pora vklyuchit'sya v bor'bu s izmeneniyem klimata, schitayut v OON». [elektronnyy resurs]] UN, Geneva. 2019, 5 (09/26/2021) [in Russian].
13. Policy paper European Green Deal. (2020). Formation of the future Eastern partnership [Analiticheskiy dokument Yevropeyskiy zelonyy kurs. Formirovaniye budushchego vostochnogo partnerstva]. Resource and Analytical Center «Society and the Environment», 64 [in Russian].
14. Radchenko R.V., Mokrushin A.S., Tyulpa V.V. (2014). Hydrogen in power engineering [Vodorod v jenergetike]. Ural University, Yekaterinburg, 229 [in Russian].
15. Georgy Gavrilenko (2021). Hydrogen surprises [Vodorodnyye syurprizy]. Energy business, Kiev, 8 [in Russian].