УДК 621.43.013

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ПРИРОДНЬОГО ГАЗУ В ЯКОСТІ ПАЛИВА МОРСЬКИХ СУДЕН

Н. С. Урум, О. І. Рященко, В. В. Ліганенко
Дунайський інститут водного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій

Анотація: *Актуальність дослідження доцільності використання газомоторного палива на морських суднах обумовлена планомірним посиленням вимог до вмісту оксидів сірки, азоту та вуглецю, а також твердих частинок у викидах морських суден. При цьому найбільш жорсткі вимоги встановлюються для районів контролю викидів (Emission Control Areas – ECA), до яких належать Балтійське та Північне моря, прибережні води США та Канади, Карибське море, Середземне море, узбережжя Японії, Малакська протока та ін. Одним з варіантів задоволення вимог щодо вмісту оксидів сірки, азоту та вуглецю, а також твердих частинок у викидах морських суден є використання зрідженого природнього газу. В доповіді проведено аналіз сучасного стану використання зрідженого природнього газу в якості палива морських суден. За результатами аналізу визначено, що зріджений природний газ домінує у низці альтернативних ресурсів. Використання зрідженого газу на морському флоті сформувалося як світове явище, має тенденцію до нарощування і в даний час переживає стадію прискореного розвитку як у флоті, що використовує його у вигляді палива, так і у засобах портової інфраструктури, що служить для здійснення бункерування. На даний час зріджений газ застосовується для широкого класу морських суден і не має будь-яких суттєвих обмежень до застосування за типами спеціалізації суден.*

Ключові слова: *зріджений природній газ, паливо, морське судно, викиди, оксид азоту, вуглекислий газ.*

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE USE OF LIQUEFIED NATURAL GAS AS A FUEL FOR SEA VESSELS

N. S. Urum, O. I. Riashchenko, V. V. Lihanenko
Danube Institute of Water Transport,
State University of Infrastructure and Technologies

Abstract: *The relevance of the study of the feasibility of using gas motor fuel on ships is due to the systematic strengthening of the requirements for the content of sulfur, nitrogen and carbon oxides, as well as particulate matter in the emissions of ships. At the same time, the most stringent requirements are set for emission control areas (ECA), which include the Baltic and North Seas, the coastal waters of the United States and Canada, the Caribbean Sea, the Mediterranean Sea, the coast of Japan, the Strait of Malacca, etc. One option to meet the requirements for sulfur oxides, nitrogen and carbon oxides, as well as particulate matter in marine emissions, is the use of liquefied natural gas. The report analyzes the current state of the use of liquefied natural gas as a fuel for ships. Based on the results of the analysis, it was determined that liquefied gas dominates in a number of alternative resources. The use of liquefied gas in the maritime fleet has emerged as a global phenomenon that has a tendency to increase and is currently undergoing a stage of accelerated development as a fleet using it as a fuel and as a means of port infrastructure serving for bunkering. At present, liquefied gas is used for a wide class of marine vessels and does not have any significant restrictions on its use by types of vessel specialization.*

Keywords: *liquefiedgas, fuel, marinevessel, emissions, nitricoxide, carbondioxide.*

Актуальність дослідження доцільності використання газомоторного палива на морських суднах обумовлена планомірним посиленням вимог до вмісту оксидів сірки, азоту та вуглецю, а також твердих частинок у викидах морських суден (Додаток VI МК МАРПОЛ). Світовий морський флот, на частку якого припадає 2,2 % світових викидів CO_2 і близько 90 % світових вантажних перевезень, перебуває під тиском щодо скорочення цих викидів та інших форм забруднення. У реальних цифрах судноплавство споживає близько 400 млн. тон палива на рік. Тому навіть економія «незначних» 5–10 % дозволить скоротити приблизно 40–100 млн. тон парникових газів. Один кілограм палива містить 50–70 % вуглецю. Отже, кілограм палива дає 1,7–2,7 кілограма парникових газів. Це приблизно 2–2,5 кубометри газу на 1 кг палива (рис. 1).

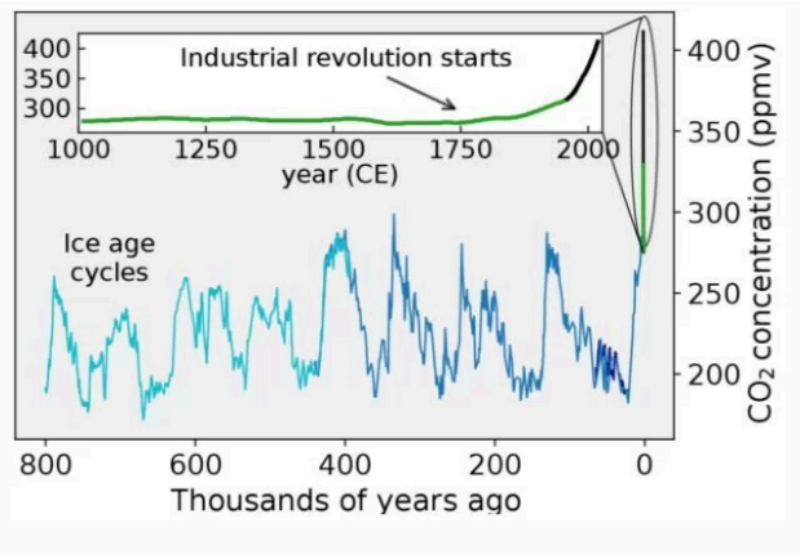

Рисунок 1 – Ілюстрація світових викидів CO_2

При цьому найбільш жорсткі вимоги встановлюються для районів контролю викидів (Emission Control Areas – ECA), до яких належать Балтійське та Північне моря, прибережні води США та Канади, Карибське море, Середземне море, узбережжя Японії, Малакська протока та ін. Так, наприклад:

- з початку 2015 року встановили, що у зонах особливого контролю за викидами сірки (Sulphur Emission Control Areas – SECA), до яких входять Балтійське та Північне моря, вміст сірки в судновому паливі не повинен перевищувати 0,1 %;
- з 2020 року у всьому світі запроваджено обмеження на вміст сірки в судновому паливі на рівні не більше 0,5 %;
- викид сірки під час перебування в портах Євросоюзу не повинен перевищувати 0,1–0,2 %.

У ситуації, що склалася, судновласники, оператори суден і бункерні компанії сформували три основних варіанти вирішення даної проблеми, наведені на рис. 2.

Рисунок 2 – Варіанти задоволення вимог щодо вмісту оксидів сірки, азоту та вуглецю, а також твердих частинок у викидах морських суден

Кожен із зазначених варіантів має недоліки. У даній доповіді розглядається поточний стан у світі з точки зору використання зрідженого газу як найбільш перспективного варіанту. Зріджений природний газ (ЗПГ) – це криогенна рідка багатокомпонентна суміш легких вуглеводнів, основу якої становить метан. Основними факторами, що обмежують використання ЗПГ як моторного палива на суднах, є:

- відсутність берегової інфраструктури для постачання та зберігання ЗПГ;
- пристосування до роботи на газі основних двигунів та енергетичної установки;
- додаткова кубатура для зберігання бункера ЗПГ на судні;
- створення спеціальних газопаливних систем;
- необхідність перепідготовки плавскладу судна.

Тим не менш, на даний час у світі більше 117 суден вже використовують зріджений природний газ у вигляді палива, приблизно дві третини з них задіяні в Європі. Довіра до використання ЗПГ-енергії на флоті наростає так, що вже через кілька років, відповідно до спільної доповіді південнокорейського банку Korea Development Bank та агентства зі сприяння торгівлі та інвестиціям KoreaTrade-InvestmentPromotionAgency, опублікованій наприкінці квітня 2020 року, до 2025 року 60,3 % світового портфеля замовлень на будівництво суден буде представлено ЗПГ-суднами. У доповіді, яка ґрунтується на даних глобальної дослідницької фірми з судноплавства та суднобудування Clarksons та британського класифікаційного товариства Lloyd's Register, прогнозується, що до 2025 року у світі мають бути введені в експлуатацію додаткові 1962 морські судна різної спеціалізації, що використовують ЗПГ.

Як приклад, у доповіді розглядається такий ряд сучасних (перспективних) суден, спеціально розроблених (або тих, що розробляються) для функціонування на ЗПГ:

1. Контейнеровози на ЗПГ. Наприклад, контейнеровоз із силовою установкою на ЗПГ IslaBella (IMO: 9680841) знаходиться у спільній власності TOTE та General Dynamics NASSCO. Це судно є першим із двох

контейнеровозів класу Marlin та найбільшим суховантажем із силовою установкою на ЗПГ із малообертовим двигуном MAN ME-GI, що працює на двох видах палива.

2. Круїзне судно із силовою установкою на ЗПГ. Компанія CarnivalCorporation замовила чотири круїзні судна із силовою установкою на ЗПГ, два з яких приєднаються до флоту AIDA Cruises. Будівництво буде виконано на судноверфях Meyer Werft та Fincantieri S.p.A.

3. Пором Ro-Ro із силовою установкою на ЗПГ. Найбільший у світі пором Ro-Ro Searoad Mersey 2 (IMO: 9745794) із силовою установкою на ЗПГ замовлений австралійським судновласником SeaRoad та побудований на верфі Flensburger-Schiffbau-Gesellschaft (FSG) у Німеччині у 2016 році.

4. Судно забезпечення платформ із силовою установкою на ЗПГ. M/v RemEir (IMO: 9668647), найбільше у світі судно з силовою установкою на ЗПГ, було збудовано на верфі Kleven Vreft у 2014 році. Знаходиться у власності компанії Remmi Shipping.

5. Цементовоз із силовою установкою на ЗПГ. Судно-цементовоз Greenland (IMO: 9734264) з силовою установкою на ЗПГ збудовано на верфі Ferus Smit для компанії Erik Thun AB у 2015 році та поставлено компанії JT Cement.

6. Судна типу Кон-Ро із силовою установкою на ЗПГ. Судна типу Кон-Ро із силовою установкою на ЗПГ надійшли в експлуатацію у 2017 році. Проект суден класу Commitment представлений компанією Wartsila Ship Design разом із Crowley – дочірньою компанією Jensen Maritime. Вони спроектовані для максимізації перевезення 53-футових контейнерів шириною 102 дюйми, які мають найбільш високу об'ємну місткість у сфері торгівлі.

7. Бурове судно із силовою установкою на ЗПГ. Перше у світі бурове судно з силовою установкою на ЗПГ буде побудоване на верфі Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (DSME) у Південній Кореї за спільним проектом дослідно-конструкторського з фірмою ABS.

8. Буксири з силовою установкою на ЗПГ. Судна Borgøy (IMO: 9662112) та Bokn (IMO: 9662124) спроектовані норвезьким судновласником Buksrog Berging AS та побудовані на турецькій верфі Sanmar у 2015 р.

9. Рибальські судна на батарейному та газовому паливі. Рибальське судно, обладнане батарейним та газовим паливом серії Libas (IMO: 9850989), побудоване в Туреччині в 2019 р., має на борту резервуар для ЗПГ об'ємом 350 м^3.

Іншим підходом є переобладнання суден під новий вид палива. Так, на думку експертів, Китай стрімко рухається у напрямку використання ЗПГ як бункерного палива. Особливість їхнього підходу полягає в тому, що китайська промисловість пішла шляхом переобладнання вже існуючих суден на ЗПГ, а не створення нових.

Загалом доцільність переходу на ЗПГ обумовлена, насамперед, тим, що газомоторне паливо дозволяє повністю виключити викиди оксидів сірки та твердих частинок, знизити на 90 % викиди оксидів азоту та на 30 % зменшити викиди вуглекислого газу. Так, наприклад, як повідомляє судновласник

контейнеровозу з силовою установкою на ЗПГ IslaBella (IMO: 9680841), двигуни даного судна знизили викиди оксидів азоту на 98 %, оксидів сірки на 97 % та вуглекислого газу на 72 %, зробивши це найчистішим екологічним проектом для такого розміру судна.

Висновки. Зріджений природний газ є одним із альтернативних енергетичних джерел. ЗПГ домінує у цій низці альтернативних ресурсів, оскільки вирішено більшість інженерних завдань з його використанням. Стійкість присутності ЗПГ на ринку бункерного палива буде зумовлена успіхами розробки технологій масового використання інших джерел енергії. Використання зрідженого газу на морському флоті сформувалося як світове явище, має тенденцію до нарощування і в даний час переживає стадію прискореного розвитку як флоту, що використовує ЗПГ у вигляді палива, так і засобів портової інфраструктури, що служить для здійснення бункерування. У даний час ЗПГ застосовується для широкого класу морських суден: від невеликих буксирних та рибопромислових до супертанкерів. Дослідження кон'юнктури перспективного ринку бункерування ЗПГ морських суден не показують будь-яких суттєвих обмежень за типами спеціалізації суден.

Українському морському торговому флоту також необхідно розвиватися з урахуванням світової тенденції щодо використання альтернативних енергоджерел, оскільки така еволюція, перш за все, є економічно ефективною. При цьому механізми розробки вітчизняної нормативної бази, що регламентує використання ЗПГ на флоті, та операцій з бункерування суден у портах, повинні готуватися вже зараз, незважаючи на процеси, що тільки зароджуються, в українських портах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Elnemr, Y. 2011. “Acoustic Modeling and Testing of Exhaust and Intake System Components.” Doctoral dissertation. KTH Royal Institute of Technology. [Google Scholar]
2. Bagley, S. T., L. D. Gratz, J. H. Johnson, and J. F. McDonald. 1998. “Effects of an Oxidation Catalytic Converter and a Biodiesel Fuel on the Chemical, Mutagenic, and Particle Size Characteristics of Emissions From a Diesel Engine.” Environmental Science & Technology 32 (9): 1183–1191. doi: 10.1021/es970224q [Crossref], [Web of Science ®], [Google Scholar]
3. Ladommatos, N., S. M. Abdelhalim, H. Zhao, and Z. Hu. 1997. “The Dilution, Chemical, and Thermal Effects of Exhaust Gas Recirculation on Diesel Engine Emissions-part 4: Effects of Carbon Dioxide and Water Vapour (No. 971660).” SAE Technical Paper. [Google Scholar]
4. Sayin, C. 2010. “Engine Performance and Exhaust Gas Emissions of Methanol and Ethanol–Diesel Blends.” Fuel 89 (11): 3410–3415.
doi: 10.1016/j.fuel.2010.02.017 [Crossref], [Web of Science ®], [Google Scholar]
5. Sheng, G. 2012. Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality. Warrendale, PA: SAE International. [Google Scholar]
6. Valentinas Mickūnaitis, Alvydas Pikūnas & Igor Mackoit. Reducing fuel consumption and CO2 emission in motor cars. Transport. URL: https://www.tandfonline.com/doi/pdf/ 10.1080/16484142.2007.9638119?utm_source=site_mds&utm_medium=post&utm_campaign=article_top_7_navigation_problems

Урум Наталія Степанівна *кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри природничо-математичних та інженерно-технічних дисциплін Дунайського інституту*

водного транспорту, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Ізмаїл. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2493-9314; nataliiaurum@gmail.com.

Рященко Оксана Іванівна *старший викладач кафедри судноводіння та експлуатації технічних систем на водному транспорті, Дунайського інституту водного транспорту, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Ізмаїл. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9242-0752; oksanaivanovna561@gmail.com.*

Ліганенко Віталій Валерійович *старший викладач кафедри судноводіння та експлуатації технічних систем на водному транспорті Дунайського інституту водного транспорту, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Ізмаїл. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6523-4137; vitvallig555@gmail.com.*