

зробити вибракування форсунок, і зробити висновок про їхню заміну або ремонтні роботи.

### Література

1. Губертус Гюнтер. Диагностика дизельных двигателей. Серия «Автомеханик»; пер. с нем. Ю.Г. Грудского. – М. : ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с
2. Зенкин Е.Ю. Диагностика в эксплуатации автомобильных дизелей с помощью ЭВМ / Е.Ю. Зенкин // Автомобильный транспорт: Сборник научных трудов, – Х., 2005. – Вып. 16. – С. 73–75.
3. Пойда А.Н. Определение эксплуатационных показателей дизельной топливной аппаратуры по балансу расходов / А.Н. Пойда, А.Н. Врублевский, Е.Ю. Зенкин // Автомобильный транспорт: Сборник научных трудов, – Х., 2009. – Вып. 23. – С. 135–139.

Сатулов Анатолій Іванович, механік I розряду, старший викладач, Херсонська державна морська академія, [anasat@ukr.net](mailto:anasat@ukr.net)

Кавун Віталій Іванович, механік II розряду, старший викладач, Херсонська державна морська академія, [kavun.v.ticher@gmail.com](mailto:kavun.v.ticher@gmail.com)

Скрипка Григорій Леонтійович, механік I розряду, старший викладач, Херсонська державна морська академія

Манжелей Віктор Стефанович, механік I розряду, старший викладач, Херсонський національний технічний університет, [cevikman@i.ua](mailto:cevikman@i.ua)

### ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА СУДНОВИМИ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ УСТАНОВКАМИ

Згідно з дослідженнями Міжнародної морської організації (International Maritime Organization – ІМО) в період 2007...2012 рр. на міжнародне судноплавство доводилося приблизно 3,1 % CO<sub>2</sub>, 15 % NO<sub>x</sub> і 13 % SO<sub>x</sub> від загальної кількості викидів цих компонентів в атмосферу [1]. Загальний обсяг викидів CO<sub>2</sub> в період 2013...2015 рр. зріс з 910 до 932 млн. т, тобто на 2,4 %.

Не дивлячись на те, що, частка викидів від судових енергетичних установок в загальному балансі щорічних шкідливих викидів в атмосферу відносно не висока і не перевищує 5...7 % [1] (рис. 1), вимоги до екологічних показником судових дизелів рік від року посилюються. Пояснюється це великими агрегатними потужностями, які в деяких випадках перевищують 80 МВт. Таким чином, в місцях інтенсивного судноплавства забруднення повітряного басейну може досягати критичних значень, особливо оксидами азоту (NO<sub>x</sub>), виділення яких, в силу специфіки організації робочого процесу, особливо велике у малооборотних судових двигунах.

Прогнозується, що в 2050 році, у порівнянні з 2012, емісія CO<sub>2</sub> збільшиться на 50...250 %. Такий розкид даних обумовлений, з одного боку

стійким зростанням обсягу морських перевезень, а з іншого – інтенсивним розвитком технологій щодо зниження шкідливого впливу на атмосферу з боку енергетичних установок суден [1].

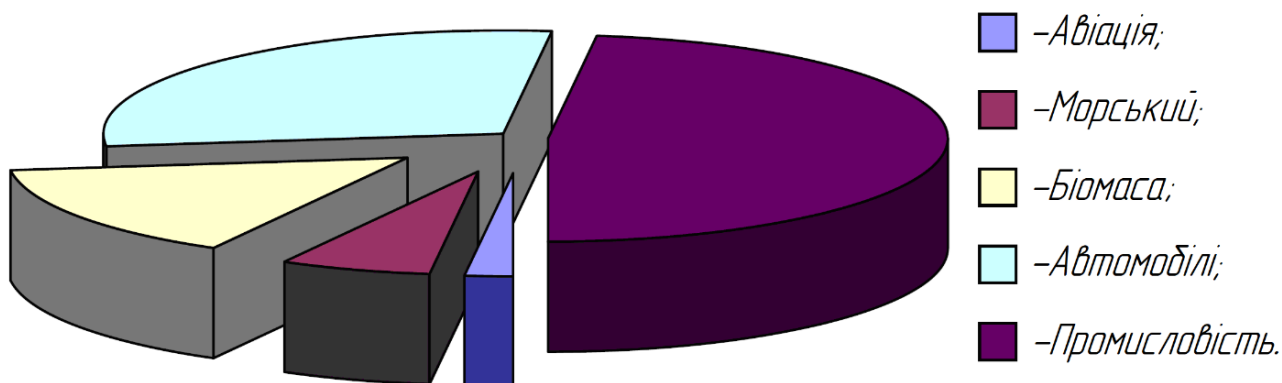


Рисунок 1 – Частка шкідливих викидів в атмосферу від різних джерел забруднення

Щоб стимулювати судноплавні компанії до зниження шкідливих викидів в атмосферу, в рамках Додатку VI Конвенції MARPOL 73/78 введені істотні обмеження на викиди цих речовин. Найбільш жорсткі вимоги почали діяти з 2009 року зі введенням індексу енергетичної ефективності (Energy Efficiency Design Index – EEDI) суден, який обмежує емісію CO<sub>2</sub>. З 2016 року введені в дію вимоги Tier III по викидах NO<sub>x</sub>.

Крім загальних міжнародних норм, міжнародне морське законодавство також встановлює особливі зони контролю (ECA – Emission Control Area). У цих зонах, куди сьогодні входять 200-мильні зони США і Канади, акваторії Північного і Балтійського морів, протоки Ла-Манш, Карибське море та інші регіони до викидів пред'являються ще більш жорсткі вимоги (рис. 2).

З кожним роком обмеження MARPOL стають жорсткішими, так якщо в 2010 році вміст сірки в паливі не повинен був перевищувати 1,0 %, а зонах ECA і 4,5 % в інших акваторіях, то до 2020 року допустима кількість сірки і її сполук в паливах буде обмежено до 0,1 і 0,5 %, відповідно.

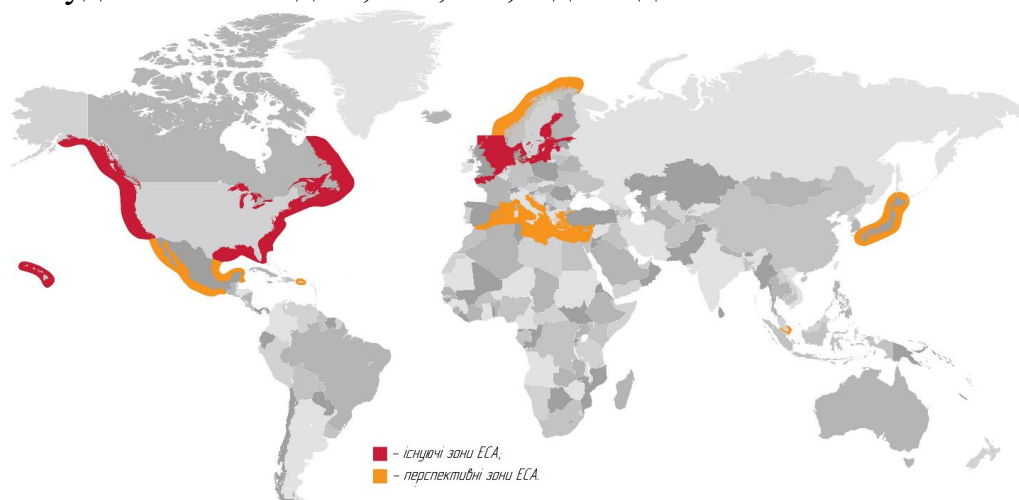


Рисунок 2 – Зони контролю рівня шкідливих викидів (Emission Control Area)

Постійне зростання цін на нафту і палива, одержувані з неї, а також посилення вимог, пов'язаних з екологічними показниками суднових двигунів, змушують все більше число виробників шукати альтернативні рішення, пов'язані як з пошуком нових палив, так і способів їх використання в суднових дизелях [2].

В якості перспективних палив, що дозволяють одночасно знизити і вартість перевезень, і кількість шкідливих викидів, є газові палива різного походження.

Найбільш перспективними газовими паливами сьогодні вважається природний газ і нафтові гази, які представляють собою продукти випаровування нафти в танках нафтоналивних танкерів або зріджені пропан-бутанові суміші.

Застосування газових палив дозволяє істотно скоротити кількість шкідливих викидів у порівнянні з паливами нафтового походження – повністю виключити викиди сірки, кардинально (на 90 %) знизити викиди оксидів азоту ( $\text{NO}_x$ ) і істотно (на 30 %) знизити викиди твердих частинок і діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) [2]. До інших переваг газових палив можна віднести відсутність рідких фракцій, що виключає розрідження мастила в зоні роботи поршневого кілець, а практично повна відсутність зольності приводить до поліпшення умов змащення і підвищенню терміну служби циркуляційного мастила. В результаті ресурс двигунів, що працюють на газі, може бути збільшений в 1,3...1,5 рази, у стільки ж знижені витрати на обслуговування і ремонт.

Специфічні умови роботи суден наклали свої відбитки на розвиток паливних систем суднових двигунів, що працюють на газі. В першу чергу це пов'язано з необхідністю зберегти можливість роботи двигуна на рідких паливах, яка виникає кожного разу, коли судно рухається в баласті. Крім того, в залежності від виду вантажу, умов плавання і часу, склад газів, що використовуються в СЕУ, може істотно змінюватися. Паливна система повинна адекватно реагувати на такі зміни і забезпечувати роботу двигунів на номінальних режимах.

Виходячи з цього, основна маса суднових двигунів створюється сьогодні двопаливними (dual-fuel (DF)), тобто здатними працювати на газовому, рідкому паливі або на обох паливах відразу в різних пропорціях [2...7].

До організації робочого процесу в DF-двигунах при роботі на газі існує два принципово різних підходи – використання зовнішнього і внутрішнього сумішоутворення. При цьому в обох випадках займання газоповітряної суміші здійснюється від електричної іскри або невеликої порції рідкого палива [2...7].

**Висновки.** Жорсткість екологічних норм по вмісту в відпрацьованих газах суднових двигунів токсичних речовин і парникових газів, зробили використання природного і нафтового газів привабливою альтернативою традиційним моторним паливам. І це не дивлячись на додаткові технічні труднощі, пов'язані з їх використанням.

## Література

1. Olmer N. et al. Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013–2015. – Washington: ICCT, 2017. – 38 p.
2. Wettstein R. The Wärtsilä low-speed, low-pressure dual-fuel engine. AJOUR Conference, Odense, 27/28 Nov 2014. – 31 p.
3. Wärtsilä 2-stroke dual fuel technology. CIMAC NMA norge annual meeting 22.01.2014. – 32 p.
4. Ott M. X-DF low-pressure dual-fuel engine technology. WinGD low-speed engines Licensees, Conference 2015. – 7 p.
5. Nylund I., Low pressure at low speed. Marine / In Detail. Dual-Fuel Technology, Wärtsilä. 2014. – 6 p.
6. Rolsted H. MAN B&W 2-stroke Marine Engine Leading today's Environmental challenges. Korea: MAN Diesel & Turbo SE, 2010. – 86 p.
7. ME-GI Dual Fuel Done Right. MAN Diesel, ME-GI, SNAME NY, 2013. – 73 p.

Скалига М.М. , к.т.н., доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, +38(050)672-76-56, [cnn110162@gmail.com](mailto:cnn110162@gmail.com)

Рудинець М.В. , к.т.н., доцент кафедри цивільної безпеки, Луцький НТУ, +38(050)378-04-73, [rudinetc@meta.ua](mailto:rudinetc@meta.ua)

Радчук Д.М. , Луцький НТУ, бакалавр кафедри автомобілів і транспортних технологій

### **ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШЛЯХОМ КОНВЕРТАЦІЇ ЇХ ДИЗЕЛІВ ПРЯМОГО ВПОРСКУВАННЯ У ПЕРЕДКАМЕРНІ**

Експлуатація вантажних автомобілів має певну специфіку. Перш за все, це зумовлено тим, що різноманітні види вантажів мають різну густину, а отже і різну масу, за сталого об'єму вантажної платформи. Крім того, під час завантаження платформи іноді дуже важко візуально встановити дійсну масу вантажу за щільністю, формою насипу, характером розміщення контейнерів, їх габаритними та геометричними параметрами [1]. Тобто, в деяких випадках можливі перевантаження платформи. В той же час, у процесах завантаження/розвантаження платформи, характерних для спеціалізованих видів вантажних автомобілів, наприклад, сміттєвозів, необхідно мати можливість регулювати потужність приводу масляного нагнітача. Це накладає відповідні вимоги до величини коефіцієнта пристосовуваності двигуна таких автомобілів. Тому, на сьогодні, вантажні автомобілі практично всіх провідних світових виробників обладнуються дизелями прямого впорскування, як джерелами механічної енергії [2].