

УДК 621.444:629.

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗМЕНШЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ  
ТА ДИМНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВЗ ШЛЯХОМ МЕТОДУ  
КЕРОВАНОЇ ПОДАЧІ ПОВІТРЯ ДО КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ**

**Пирисунько М.А.<sup>1</sup>, Гук В.В.<sup>2</sup>, Левочко Д.О.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> кандидат технічних наук, доцент кафедри суднового машинобудування та енергетики  
Херсонського навчально-наукового інституту  
Національного університету кораблебудування імені  
адмірала Макарова,  
Херсон, Україна  
taximka1786@gmail.com

<sup>2</sup> студент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,  
Херсонський навчально-науковий інститут,  
м. Миколаїв, Україна

**Анотація.** Проблема захисту навколишнього середовища поступово входить в число глобальних проблем всього людства. Насамперед це стосується неконтрольованого споживання вуглеводневих палив і викидів від їх використання, постійне їх збільшення, викликає порушення природного процесу самоочищення біосфери і становить загрозу життю людини. Щоб зупинити цей процес, підписані міжнародні угоди, прийняті державні постанови і програми захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів. Ефективним засобом зниження токсичності відпрацьованих газів при одночасному поліпшенні паливної економічності дизельних двигунів є забезпечення оптимальних значень коефіцієнта надлишку повітря.

**Ключові слова:** шкідливі викиди, випускні гази, двигун внутрішнього згоряння.

Законодавчим органом для нормування екологічних показників суднових ДВЗ є Міжнародна морська організація (ІМО). Розроблені нею і діючі з 1 січня 2011 р технічні норми ІМО Tier-2 стосуються тільки викидів оксидів азоту. З 2016 р введено новий стандарт ІМО Tier-3, в якому гранично допустимий вміст NO<sub>x</sub> у відпрацьованих газах знижено майже в 4 рази. Інакше кажучи, з 2016 р суднові двигуни повинні забезпечувати ті ж показники по викидах NO<sub>x</sub>, що і автомобільні дизелі.

Таке різке посилення нормативів на викиди забруднюючих атмосферу речовин змушує виробників постійно вишукувати все нові і нові технічні рішення, щодо покращення екологічних показників дизелів. В даний час склалася ситуація, коли розвиток сучасних ДВЗ і їх конкурентоспроможність визначаються головним чином наявністю коштів, що дозволяє знизити викиди шкідливих речовин до рівня відповідних екологічних вимог [2]. Ці вимоги можуть бути досягнуті різними засобами. Найбільш відомі і промислово відпрацьовані способи зниження викидів оксидів азоту, такі як селективне каталітичне відновлення, рециркуляція відпрацьованих газів і зволоження повітря мають ряд серйозних недоліків - це значне ускладнення конструкції і збільшення витрати палива. Тим часом спостерігається зростання цін на паливо змушує шукати такі методи, які одночасно забезпечують зниження оксидів азоту і покращують паливну економічність. Серед таких методів заслуговують на особливу увагу, перш за все ті, які спрямовані на вдосконалення робочого процесу шляхом впливу на термодинаміку горіння палива в циліндрі двигуна.

Коефіцієнт надлишку повітря  $\alpha$  значно впливає на токсичність відпрацьованих газів (ВГ). Так, концентрація оксидів азоту плавно зменшується зі збільшенням  $\alpha$  (рис.1). Багато в чому цей факт пояснюється тим, що основна маса NO<sub>x</sub> утворюється протягом короткого проміжку часу в основному в другій фазі згоряння палива. Тому при збільшенні

кількості повітря падає температура, а її високе значення є головною умовою для утворення оксиду азоту. [1].

Вміст в ВГ продуктів неповного згоряння палива  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_x$  і  $\text{C}$  також самим безпосереднім чином залежить від коефіцієнта надлишку повітря. Так, емісія  $\text{CH}_x$  характеризується ступенем гасіння полум'я і кількістю палива, що не бере участі в горінні, емісія  $\text{CO}$  залежить від кількості палива, яке не повністю прореагувало, в зв'язку з нестачею кисню повітря, емісія сажі визначається кількістю палива, що не бере участі в процесі горіння, в зв'язку з тим, що воно не перейшло з рідкого стану в газоподібний і не мало контакту з киснем під впливом високої температури, тобто паливо піддавалося реакції крекінгу. Всі ці залежності мають яскраво виражений мінімум при  $\alpha = 4 \div 6$ . Збільшення їх емісії при великих  $\alpha$  пов'язано зі зменшенням циклової подачі. В результаті погіршується розпилювання палива і сповільнюється процес згоряння, який починається з великим періодом затримки самозаймання і тому переноситься на лінію розширення, відповідно зростає частка незгорілого палива [2].

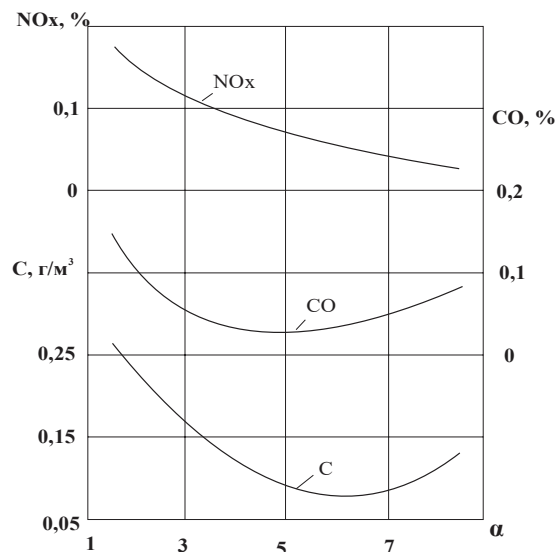


Рисунок 1. Вплив коефіцієнта надлишку повітря на концентрації шкідливих речовин, що містяться у відпрацьованих газах

Оптимального значення  $\alpha$  можна досягти шляхом управління подачею палива, змінюючи циклову подачу, або за рахунок управління подачею повітря. Традиційно на практиці користуються першим способом, в якому досягнення оптимальних значень коефіцієнта надлишку повітря забезпечується впливом на циклову подачу за допомогою системи автоматичного управління подачею палива. Однак даний спосіб підтримки коефіцієнта надлишку повітря в межах оптимального значення призводить до погіршення параметрів двигуна, оскільки перехідні процеси особливо при набиранні навантаження помітно затягуються. Тому регулювання по подачі повітря має свої переваги. Крім поліпшення тягових властивостей дизеля короткочасна і додаткова подача повітря в циліндр дозволяє зменшити емісію шкідливих речовин, що містяться в ВГ.

На теперішній час вже є досвід подачі додаткової кількості повітря в камеру згоряння двигуна з метою зменшення димності ВГ на перехідних режимах. Зокрема, фірма Cummins пропонує пристрій для роздільного впорскування палива і повітря. По суті, цей пристрій є форсункою з двома роздільними каналами: повітряним і паливним. Подача повітря варіюється блоком управління. Відзначається, що за допомогою даної форсунки вдалося на дослідному дизелі знизити емісію  $\text{NO}_x$  на 70%, а витрата палива на 9%. Однак, як підкреслюється в опублікованих даних, цього недостатньо, щоб відповідати вимогам IMO Tier 3.

Уприскування палива, насиченого повітрям, дозволяє:

- оперативно управляти складом суміші за рахунок зміни витрати повітря;
- істотно зменшити неоднорідність паливних факелів завдяки вмісту в них пухирців повітря;
- здійснити додаткове диспергування палива і, отже, розбити ядра паливних факелів, надмірно збагачених паливом;
- створити умови для отримання оптимального значення коефіцієнта надлишку повітря у всьому діапазоні експлуатаційних режимів роботи двигуна.

**Висновки.** Проаналізовано можливість зниження токсичності та димності відпрацьованих газів за рахунок керованої подачі повітря в камеру згоряння. Коефіцієнт надлишку повітря впливає на токсичність відпрацьованих газів. Концентрація оксидів азоту плавно зменшується зі збільшенням коефіцієнту надлишку повітря.

### Література

- [1]. Fournier A. Air Emission from Marine Vessels: Problems and Opportunities, University of California Santa Barbara. 2006.
- [2]. Marine Engine IMO Tier II and Tier III (2nd ed., Vol. Programme). (2009). MAN Diesel. Retrieved from [https://marine.mandieselturbo.com/docs/librariesprovider6/marine-engine-programmes/mep2017\\_2web.pdf?](https://marine.mandieselturbo.com/docs/librariesprovider6/marine-engine-programmes/mep2017_2web.pdf?)
- [3]. Fisher, R.W., Brown, N.A. Factors affecting the underwater noise of commercial vessels operating in environmentally sensitive areas. OCEANS. 2005.
- [4]. Pham, V.V.: Advanced technology solutions for treatment and control noxious emission of large marine diesel engines: A brief review. Journal of Mechanical Engineering Research and Developments 42(5), 2019, pp. 21–27/
- [5]. De Serio, D., de Oliveira, A., Sodr , J. R.: Application of an EGR system in a direct injection diesel engine to reduce NOx emissions. Journal of Physics: Conference Series 745(3), 2016.

### PROSPECTS FOR REDUCING THE TOXICITY AND SMOKE OF THE EXHAUST GASES OF THE DVZ BY THE METHOD OF CONTROLLED SUPPLY OF AIR TO THE COMBUSTION CHAMBER

Maxim Pyrysunko - PhD, Lecturer of the Ship Power Plants Operation and Heat-Power Engineering Department, Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson, Ukraine.

Volodymyr Huk, Denis Levochko - student of Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson, Ukraine.

**Abstract.** The problem of environmental protection is gradually becoming one of the global problems of mankind. First, this concerns the uncontrolled consumption of hydrocarbon fuels and emissions from their use, their constant increase causes a violation of the natural process of self-purification of the biosphere and poses a threat to human life. To stop this process, international agreements have been signed, government regulations and programs have been adopted to protect the environment from harmful emissions. An effective means of reducing the toxicity of exhaust gas while improving the fuel efficiency of diesel engines is to ensure optimal values of the excess air ratio.

**Keywords:** harmful emissions, exhaust gases, diesel engine.