

УДК 504.064.4 : 621.431 : 389.14 : 528.088

Кондратенко<sup>1</sup> Олександр Миколайович, д.т.н., доцент, професор кафедри  
ПМтаТЗНС, [kondratenoom2016@gmail.com](mailto:kondratenoom2016@gmail.com), 0000-0001-9687-0454,

Краснов<sup>1</sup> Вячеслав Анатолійович, магістр, ад'юнкт кафедри ПМтаТЗНС,  
[krasnovslava81@gmail.com](mailto:krasnovslava81@gmail.com), 0000-0002-8445-6843,

Семикін<sup>2</sup> Віталій Максимович, головний інженер відділу, [semikin\\_vm@ukr.net](mailto:semikin_vm@ukr.net)

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України ДСНС України,

<sup>2</sup>Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПЛЕКСНОГО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ВПЛИВУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВЗ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

**Актуальність дослідження.** Поршневі двигуни внутрішнього згоряння (ПДВЗ), зокрема дизельні, є одним із основних джерел забруднення атмосферного повітря (АП) як компонента навколишнього природного середовища (НПС), тобто чинником рівня показників екологічної безпеки (ЕкБ). У місцях скупчення чи тривалої експлуатації у стаціонарному режимі енергоустановок (ЕУ) з дизельними ПДВЗ – автотранспортних засобів (АТЗ) чи спеціальної техніки (СТ), зокрема аварійно-рятувальних транспортних засобів (АРТЗ), які перебувають в експлуатації підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) з ДВЗ в обмежених просторах (кар'єрах, рудниках, випробувальних станціях тощо) ця проблема стає однією з першорядних та потребує розробки відповідних технологій захисту навколишнього середовища (ТЗНС) та їх виконавчих пристроїв, зокрема – фільтрів твердих частинок (ФТЧ), які вилучають з потоку відпрацьованих газів (ВГ) дизельних ПДВЗ (аерозоль) тверді частинки (ТЧ) – дисперсну фазу [1]. Проте, відповідно до класифікації чинників екологічної небезпеки, джерело яких є дизельний ПДВЗ у складі ЕУ, розробленої у [1], не менш значущими є викид у потоці ВГ оксидів азоту  $NO_x$ , шум випуску та теплове забруднення АП. Інноваційним підходом при цьому буде розробка

виконавчих пристроїв ТЗНС, котрі спроможні чинити на потік ВГ дизельних ПДВЗ комплексну дію та приводити значення одразу декількох показників рівня ЕкБ до законодавчо встановлених нормативів – Правил ЄЕК ООН. Таки є дизельний ФТЧ з рідинним робочим тілом, конструкцію якого розроблено в Інституті проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України [2], та буде вдосконалено і адаптовано до потреб ДСНС України при виконанні ними задач у воєнний час та у період повоєнної відбудови країни [3].

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

З аналізу літературних джерел, результати якого викладено у [1], встановлено, що застосовується кілька методів очищення газу від  $\text{NO}_x$ : окиснювально-сорбційний, некаталітичного відновлення, каталітичного відновлення, денітрації газів з використанням випромінювання.

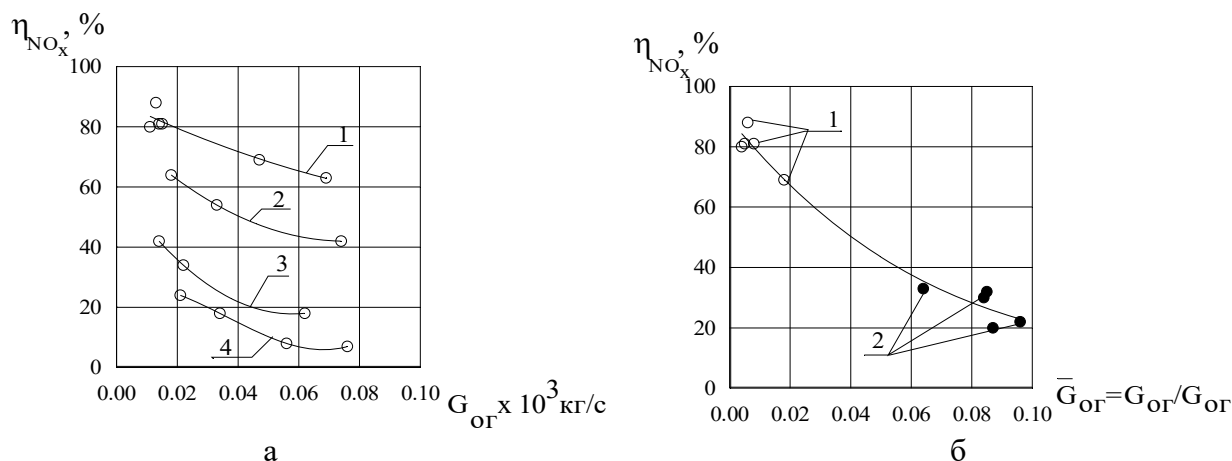
Аналіз існуючих методів нейтралізації оксидів азоту показав, що найбільшого поширення набули методи каталітичного відновлення  $\text{NO}_x$  до елементарного азоту. Дійсно, такий метод дає високий ступінь очищення при великих об'ємних швидкостях газу, що очищається. При цьому немає потреби утилізувати продукти реакції. Проте є низка чинників, які заважають широкому застосуванню каталітичних методів нейтралізації  $\text{NO}_x$  в ВГ дизелів.

Метод рідинної нейтралізації ВГ у порівнянні з переліченими вище є найбільш простим та економічним способом фізико-хімічного впливу на ВГ дизельних ПДВЗ.

При експериментальних дослідженнях зразка запропонованого у роботі [2] ФТЧ з рідинним робочим тілом для дизельного ПДВЗ на моторному випробувальному стенді з автотракторним дизелем Д21А1 (2Ч10,5/12) отримано залежності, наведені на рис. 1 та рис. 2.

Лабораторна установка, на якій проводилися дослідження, складалася зі склянки («реактор»), заповненої рідиною, через яку барботувалася частина ВГ від двигуна Д21А1. Витрата ВГ контролювався витратоміром. Проби газу вміст  $\text{NO}$  замірялися перед «реактором» і після нього газоаналізатором «HORIBA».

Реакційні суміші випробовувалися на різних режимах роботи ПДВЗ.



а: 1 – водний розчин  $\text{KMnO}_4 + \text{HNO}_3$ ; 2 – водний розчин  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_3$ ;  
 3 – водний розчин  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{SnCl}_2 + \text{HNO}_3$ ; 4 –  $\text{H}_2\text{O}$   
 б: 1 – лабораторна установка; 2 – повнорозмірна установка

Рисунок 1 – Ефективність нейтралізації оксидів азоту водним розчином  $\text{KMnO}_4 + \text{HNO}_3$  (а) та залежність ступеня нейтралізації оксидів азоту від витрати ВГ для різних хімічних поглиначів (б)

З графіка на рис. 1 видно, що найбільший ступінь очищення (80–90 %) показав водний розчин калію перманганату в присутності азотної кислоти. Цей склад був випробуваний на повнорозмірному встановленні з дизельним двигуном Д21А1. На рис. 2 представлені результати досліджень, проведених на лабораторній та повнорозмірній установках, з водним розчином  $\text{KMnO}_4(1\%) + \text{HNO}_3(0,4\%)$ . З отриманих результатів видно, що ступінь нейтралізації залежить від витрати ВГ. При малих об'ємних швидкостях процес нейтралізації  $\text{NO}_x$  визначається переважно швидкістю хімічної реакції. З збільшенням витрати ВГ на процес очищення істотно впливають гідрогазодинамічні процеси, що відбуваються в «реакторі». Отримані результати підтвердилися в процесі заводських випробувань системи нейтралізації ОГ для дизеля КамАЗ-740 на випробувальній станції: ступінь нейтралізації  $\text{NO}_x$  водним розчином  $\text{KMnO}_4(1\%) + \text{HNO}_3(0,4\%)$  становить 21,2 %.

## Висновки

Таким чином, результати досліджень щодо аналізу літературних джерел

щодо актуальності створення комплексної ТЗНС від негативного впливу ЕУ з дизельними ПДВЗ, у тому числі й АТРЗ і СТ у складі підрозділів ДСНС України, на які буде покладено широке коло задач як у воєнний час, так і у період повоєнної відбудови країни, на основі вдосконалених виконавчих пристроїв, зокрема ФТЧ з рідинним робочим тілом, можна виділити такі пункти висновків. Вибір методу нейтралізації оксидів азоту ВГ дизелів суттєво залежить від умов експлуатації та конкретних вимог до ступеня нейтралізації ВГ. Для дизелів, що працюють у стаціонарних умовах, може бути використаний простий, економічний та досить ефективний метод рідинної нейтралізації. Ступінь рідинної нейтралізації NOx залежить як від хімічного складу розчину, а й від об'ємної швидкості ВГ в «реакторі». Найбільш перспективним для дизелів, що працюють у стаціонарних умовах, є метод рідинної нейтралізації NOx з використанням озону.

Дане дослідження дозволяє обґрунтувати формулювання теми, об'єкту, предмету і задач дисертаційного дослідження здобувача вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти «Технологія захисту атмосферного повітря від впливу енергоустановок з поршнеvim двигуном внутрішнього згорання», який опановує освітньо-наукову програму вищої освіти «Техногенно-екологічна безпека» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології» [3].

Мета дослідження – розробка комплексної технології захисту атмосферного повітря від впливу хімічних і фізичних чинників, джерело яких є дизельні ПДВЗ різного ступеня морального і фізичного зносу.

Об'єкт дослідження – атмосферне повітря у місцях експлуатації енергоустановок з дизельним поршнеvim двигунів внутрішнього згорання різного ступеня морального і фізичного зносу.

Предмет дослідження – технологія захисту навколишнього середовища, що комплексно забезпечує законодавчо встановлені значення показників об'єкту дослідження у місцях експлуатації енергоустановок з дизельним поршнеvim двигунів внутрішнього згорання різного ступеня морального і

фізичного зносу.

Задачі дослідження:

1. Аналіз впливу енергоустановок з поршневими двигунами внутрішнього згоряння на компоненти навколишнього природного середовища.

2. Розробка технології захисту атмосферного повітря від впливу хімічних і фізичних чинників при експлуатації енергоустановок з поршневим ДВЗ з урахуванням ступеня його фізичного і морального зносу.

3. Розробка раціональної конструкції фільтра відпрацьованих газів з рідинним робочим тілом та комплексною дією для фізично і морального зношеного поршневого двигуна внутрішнього згоряння.

4. Дослідження робочих процесів та показників роботи розробленого виконавчого органу технології захисту атмосферного повітря.

5. Критеріальне оцінювання ефективності розробленої технології захисту атмосферного повітря та її виконавчого пристрою.

### **Список літератури:**

1. Сучасні способи підвищення екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок: монографія / С.О. Вамболь, О.П. Строков, В.В. Вамболь, О.М. Кондратенко. – Х. : НУЦЗУ, 2015. – 212 с.

2. Семикін В.М. Дизельний рідинний нейтралізатор відпрацьованих газів / В.М. Семикін // Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. наук. праць. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “ХАІ”, – Вип. 23. Двигуни та енергоустановки, – 2001. – С. 83-86.

3. Kondratenko O., Babakin V., Krasnov V., Semykin V. The feasibility of research on the development of technology for protecting the environment from the complex physical and chemical effects of reciprocating internal combustion engines with varying degrees of wear, The 2nd International scientific and practical conference «Science and technology: problems, prospects and innovations» (November 17–19, 2022) CPN Publishing Group, Osaka, Japan. 2022. 176–178 с.