

І.В. Парсаданов, М.Д. Сахненко, М.В. Ведь, І.М. Карягін, В.О. Хижняк, Д.С. Андрощук

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИЗЕЛЯ З КАТАЛІТИЧНИМ ПОКРИТТЯМ ПОВЕРХНІ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ

В статті представлені результати стендових досліджень ефективності нейтралізації токсичних речовин з відпрацьованими газами одноциліндрового дослідного дизеля з нанесеними каталітичними покриттями на поверхні камери згоряння в поршні на основі оксидів марганцю та кобальту.

Вступ

Для ДВЗ пріоритетними задачами сьогодні є зниження шкідливих викидів з відпрацьованими газами (ВГ). До небезпечних компонентів ВГ дизеля відносять оксиди азоту (NO_x), вуглеводні (СН), монооксид вуглецю (СО) та тверді частинки (ТЧ). Для їх зменшення існує комплекс заходів, зокрема таких, як використання відновлювальних та окислювальних нейтралізаторів, сажових фільтрів, рециркуляції ВГ, селективної очистки за допомогою сечовини тощо. Втілення зазначених засобів потребує внесення суттєвих змін у конструкцію ДВЗ, що, в свою чергу, зумовлює ускладнення та підвищення вартості двигуна [1].

Одним з перспективних напрямків з підвищення ефективності нейтралізації токсичних речовин з ВГ ДВЗ є впровадження *внутрішньоциліндрового каталізу*. Внутрішньо-циліндровий каталіз дозволяє підвищити швидкість протікання окислювальних і відновлювальних реакцій під дією каталітичного шару покриття, яке наноситься на поверхню камери згоряння (КЗ) [2].

Метою дослідження було виявлення ефективності забезпечення внутрішньоциліндрової нейтралізації NO_x та СО при нанесенні каталітичного покриття на поверхні камери згоряння в поршні на основі оксидів марганцю та кобальту.

В Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») на кафедрі фізичної хімії з використанням методу плазмово-електролітичного оксидування поверхні алюмінієвого сплаву АЛ25 запропонована технологія нанесення каталітичного покриття на основі оксидів марганцю та кобальту (рис. 1 та 2) [3]. Товщина нанесеного покриття КЗ знаходиться у межах 3-7 мкм.

Дослідження проведені на кафедрі двигунів внутрішнього згоряння НТУ «ХПІ» на одноциліндровому дослідному дизелі по навантажувальним характеристикам при частотах обертання колінчастого валу 1200 хв^{-1} , 1400 хв^{-1} .



Рис. 1. Поршень з каталітичним покриттям на основі оксиду марганцю



Рис. 2. Поршень з каталітичним покриттям на основі оксиду кобальту

Програма досліджень складалась з наступних етапів:

- підготовка одноциліндрового дослідного відею, приладів та обладнання для контролю за параметрами роботи дизеля, перевірка справності роботи газоаналізатора;
- проведення випробувань одноциліндрового дизеля з визначенням годинної витрати палива та емісії токсичних речовин з ВГ по навантажуваль-

ним характеристикам: з серійним поршнем, з поршнем з каталітичним покриттям на основі оксиду марганцю і з поршнем з каталітичним покриттям на основі оксиду кобальту;

– опрацювання отриманих результатів досліджень.

Експериментальна установка

Дослідна експериментальна установка, що представлена на рис. 3, складається з одноциліндрового дизеля (діаметр циліндра 120 мм, хід поршня 140 мм), навантажувального пристрою, пускового електродвигуна, ваг для визначення витрати палива, паливного бака, панелі керування установкою, повітряного ресивера, витратоміра повітря фірми «Bosch», автономного масляного насосу і насосу охолоджуючої рідини, контрольно-вимірювального обладнання, термопар, датчиків тощо.



Рис. 3. Дослідна експериментальна установка

Випробування проводилися на стандартному дизельному пальному, при приблизно рівних атмосферних умовах. Для визначення концентрацій NO_x та CO під час проведення досліджень використовувався газоаналізатор «ОКСІ – 5М – 5Н».

При каталітичному згорянні окиснення палива відбувається на поверхні твердого каталізатора при температурах 650-1200 К, що впливає на особливості вигорання палива у пристінковій зоні і утворенні NO_x і CO .

На рис. 4-7 наведені зміни годинної витрати палива (G_p), емісії NO_x та CO за навантажувальними характеристиками при частоті обертання колінчастого валу дизеля 1200 хв^{-1} і 1400 хв^{-1} з дослідженими варіантами покриття поршнів в порівнянні з серійним поршнем.

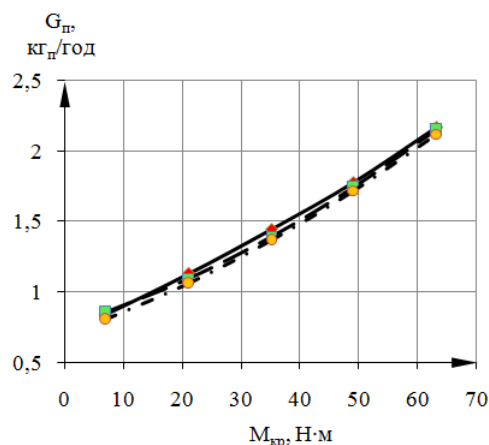


Рис. 4. Зміна годинної витрати палива в залежності від навантаження при $n=1200 \text{ хв}^{-1}$
—●— Без покриття; —■— Mn; —●— Co

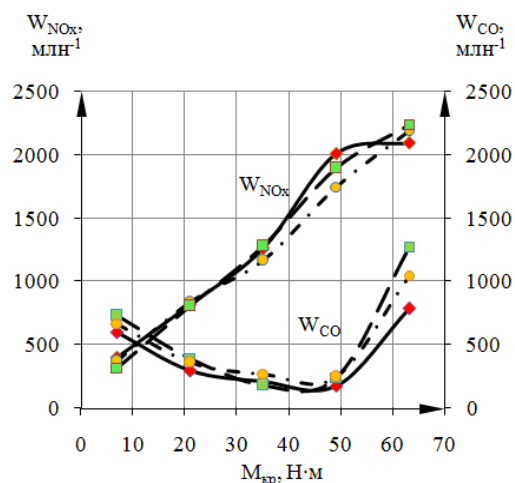


Рис. 5. Зміна емісії оксидів азоту та монооксиду вуглецю в залежності від навантаження при $n=1200 \text{ хв}^{-1}$
—●— Без покриття; —■— Mn; —●— Co

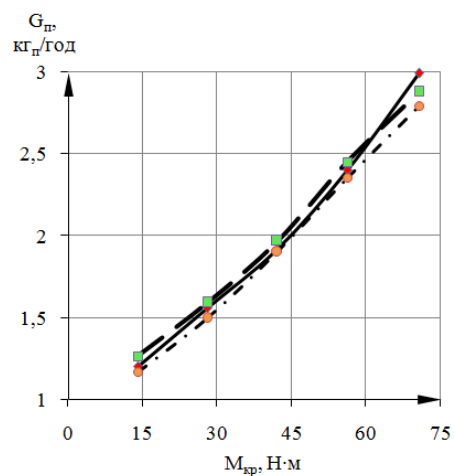


Рис. 6. Зміна годинної витрати палива в залежності від навантаження при $n=1400 \text{ хв}^{-1}$
—●— Без покриття; —■— Mn; —●— Co

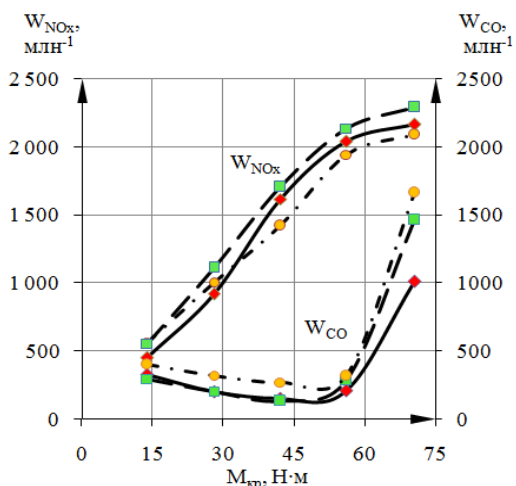


Рис. 7. Змінення емісії оксидів азоту та монооксиду вуглецю в залежності від навантаження при $n=1400 \text{ хв}^{-1}$

—●— Без покриття; —■— Mn; —●— Co

Аналіз результатів досліджень показує, що при використанні каталітичного покриття на основі оксиду марганцю в порівнянні з серійним поршнем практично не змінюється годинна витрата палива (рис. 4 та 6). Однак каталітичне покриття на основі оксиду кобальту дозволяє знизити витрату палива дизеля в межах 1-3%.

На емісію NO_x (рис. 5 та 7) каталітичне покриття на основі оксиду марганцю практично не впливає, проте каталітичне покриття на основі оксиду кобальту дозволяє знизити в діапазоні навантажень від 50 до 100% емісію NO_x (коли викиди оксиду азоту найбільш значні) на 4-5%. При низьких навантаженнях в діапазоні від 10 до 40% викиди оксидів азоту дещо зростають.

Аналіз емісії CO (рис. 5 та 7) показав, що викиди монооксиду вуглецю є нижчими для дизеля з серійним поршнем, ніж для поршнів з нанесеними

каталітичними покриттями на поверхні КЗ. Зростання емісії монооксиду вуглецю пов'язано з особливостями протікання реакцій у пристінкових зонах КЗ в присутності каталізатора.

Висновки

Попередні результати дослідження одноциліндрового дизеля з каталітичним покриттям поверхні КЗ поршня показали, що використання каталітичних покриттів дозволяє впливати на особливості вигорання палива у пристінкових зонах, що, в свою чергу, знижує годинну витрату палива на 1-3% та має вплив на його екологічні показники.

Покриття поршня оксидом кобальту забезпечує зменшення викиду NO_x на режимах, де концентрація NO_x найбільш значна.

Викиди CO при використанні каталізаторів на поверхні камери згорання в поршні на основі оксидів марганцю та кобальту дещо збільшуються.

Список літератури:

1. Рыкова И.В. Пути экологизации рабочего цикла ДВС / И.В. Рыкова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 31 (1004). – с. 111-115.
2. Власенко В. М. Экологический катализ [Текст] : монография / В. М. Власенко. - К. : Наук. думка, 2010. - 238 с.
3. Ведь М.В. Формирование каталитически активных покрытий на рабочих поверхностях камер сгорания / М.В. Ведь, Н.Д. Сахненко, Д.С. Андросчук, Т.П. Ярошок // Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. – № 2. – с. 73-76.

Bibliography (transliterated):

1. Ryikova I.V. Puti ekologizatsii rabocheho tsikla DVS / I.V. Ryikova // Visnyk NTU «KhPI». Seriya: Transportne mashynobuduvannia. – Kh.: NTU «KhPI», 2013. – № 31 (1004). – s. 111-115.
2. Vlasenko V. M. Ekologicheskii kataliz [Tekst] : monografiya / V. M. Vlasenko. - K. : Nauk. dumka, 2010. – 238 s.
3. Ved' M.V. Formirovaniye kataliticheski aktivnykh pokrytij na rabochih poverhnostyah kamer sgoraniya / M.V. Ved', N.D. Sahnenko, D.S. Androshhuk, T.P. Yaroshok // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. – 2014. – № 2. – s. 73-76.

Надійшла до редакції 20.07.2015 р.

Парсаданов Ігор Володимирович – доктор техн. наук, професор, заст. зав. кафедрою двигуни внутрішнього згорання з наукової роботи Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Україна, Харків, вул. Фрунзе, 21, тел.: (057) 707-60-89, E-mail: parsadanov@kpi.kharkov.ua.

Сахненко Микола Дмитрович – доктор техн. наук, професор, зав. кафедрою фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Україна, Харків, вул. Фрунзе, 21, тел.: (057) 707-63-27, E-mail: sakhnenko@kpi.kharkov.ua.

Ведь Марина Віталіївна – доктор техн. наук, професор, кафедра загальної та неорганічної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Україна, Харків, вул. Фрунзе, 21, тел.: (057) 707-61-04, E-mail: vmv@kpi.kharkov.ua.

Карягін Ігор Миколайович – старший науковий співробітник, кафедра двигуни внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Україна, Харків, вул. Фрунзе, 21, тел.: (093)-276-06-27, E-mail: karyagin@gmail.com.

Хижняк Володимир Олександрович – аспірант, кафедра двигуни внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Україна, Харків, вул. Фрунзе, 21, тел.: (063)-794-94-40, E-mail: Leo_18@ukr.net.

Андросчук Дмитро Степанович – аспірант, кафедра фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Україна, Харків, вул. Фрунзе, 21, тел.: (063)-248-08-95, E-mail: Li-pol@i.ua.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЗЕЛЯ С КАТАЛИТИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ НА ПОВЕРХНОСТИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ

И.В. Парсаданов, Н.Д. Сахненко, М.В. Ведь, И.Н. Карягин, В.А. Хижняк, Д.С. Андросчук

В статье представлены результаты стендовых исследований эффективности нейтрализации токсических веществ с отработанными газами одноцилиндрового опытного дизеля с нанесенными каталитическими покрытиями на поверхности камеры сгорания в поршне на основе оксидов марганца и кобальта.

THE RESEARCH OF THE DIESEL ENGINE WITH A CATALYTIC COATING ON THE SURFACE OF THE COMBUSTION CHAMBER

I.V. Parsadanov, M.D. Sakhnenko, M.V. Ved', I.M. Kariagin, V.O. Khyzhniak, D.S. Androshhuk

The article deals with the results of bench testing of the efficiency of toxic substances neutralization with exhaust gases of the experienced single-cylinder diesel engine with a catalytic coating on the surface of the combustion chamber in the piston on the basis of manganese and cobalt oxides.

УДК 621.43.068

И.В. Парсаданов, А.П. Поливянчук, Е.А. Холкина, Е.А. Гречишкина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ НА НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ РАБОТЫ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Обоснована необходимость создания новых расчетных методов оценки содержания твердых частиц в отработавших газах при работе дизелей на неустановившихся режимах испытаний. Разработана методика исследований, с помощью которой экспериментально установлена регрессионная зависимость для определения отклонений концентраций твердых частиц в отработавших газах на неустановившихся и установившихся режимах работы автотракторного дизеля 4ЧН12/14.

Введение

Высокая стоимость и трудоемкость обслуживания оборудования для определения массовых выбросов твердых частиц (ТЧ) с отработавшими газами (ОГ) дизелей вызывают необходимость разработки косвенных (расчетных) методов определения содержания ТЧ в ОГ. Расчетные методы основаны на оценке выбросов ТЧ по показателю дымности (оптической непрозрачности) ОГ [1], показателям дымности и концентрации газообразных углеводородов [2], показателям дымности, содержания серы и концентраций тяжелых углеводородов в топливе [3] и др.

Расчетные методы используются при оценке результатов испытаний дизелей на отдельных установившихся режимах и среднеэксплуатационных выбросов ТЧ, которые определяются по результатам испытательных циклов, в частности, циклов ESC (European Stationary Cycle) [4], 8 - ступенчатого цикла R-96 [5] и др.

С началом использования при проведении сертификационных испытаний дизелей транзитных циклов - ETC (European Transient Cycle) [4], WTVC (Worldwide Transient Vehicle Cycle) [6], WHTC (Worldwide heavy-duty transient cycle) [7] и др., которые предусматривают работу дизелей на неустановившихся (переходных) режимах, возникла необходимость в корректировке расчетных методов контроля выбросов ТЧ. Сущность такой кор-

ректировки состоит в учете при косвенном определении содержания ТЧ в ОГ на неустановившемся режиме испытаний поправки ΔC_{pt} :

$$C_{pt}^d = C_{pt}^{st} + \Delta C_{pt}, \text{ г/кг}, \quad (1)$$

где C_{pt}^d , C_{pt}^{st} - концентрации ТЧ, определяемые на неустановившемся и установившемся режимах, соответственно, при одинаковых значениях частоты вращения коленчатого вала - n (мин⁻¹) и нагрузки - L (%).

Постановка задачи

Цель исследований состояла в разработке методики установления регрессионной зависимости для определения отклонений концентраций ТЧ в ОГ дизеля на неустановившихся и установившихся режимах режимах - ΔC_{pt} в ходе испытаний автотракторного дизеля 4ЧН12/14 с использованием частичнопоточной системы контроля выбросов ТЧ - микротуннеля МКТ-2 [8].

Результатам предыдущих исследований автотракторов показали, что эта зависимость может быть представлена в виде полинома 1-й степени:

$$\Delta C_{pt} = K_n \left(\frac{\Delta n}{\Delta t} \right) + K_L \left(\frac{\Delta L}{\Delta t} \right), \quad (2)$$

где K_n и K_L - коэффициенты, которые определяются в ходе эксперимента;

Δn , ΔL - приращения в течение продолжительности неустановившегося режима Δt относительных