УДК 621.43.068.7

І. В. ПАРСАДАНОВ, В. О. ХИЖНЯК, А. С. ГОРОХІВСЬКИЙ, А. К. АРТЕМЕНКО

ФАКТОРИ ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КАТАЛІТИЧНОГО ВПЛИВУ НА ЗГОРЯННЯ В ДИЗЕЛІ

Розглянуто фактори та методи, що забезпечують підвищення ефективності каталітичного впливу на внутрішньоциліндрові процеси в дизелі. Запропонована класифікація, в якій фактори поділяються на три групи: хімічні, технологічні та фізичні. Визначальною ознакою хімічного фактору є швидкість протікання хімічних реакцій, яка залежать від температурних умов на поверхні камери згоряння і каталітичної активності матеріалу. Напрямок реалізації технологічного фактору залежить від вибору методу, матеріалів та стадій нанесення каталітичного покриття. Вплив фізичного фактору визначається формою камери згоряння, турбулізацією заряду та особливістю розпилу палива.

Ключові слова: токсичні речовини, камера згоряння, каталітичне покриття, турбулізація заряду, дифузійне згоряння, дизель.

Рассмотрены факторы и методы, обеспечивающие повышение эффективности каталитического воздействия на внутрицилиндровые процессы в дизеле. Предложена классификация, в которой факторы делятся на три группы: химические, технологические и физические. Определяющим признаком химического фактора является скорость протекания химических реакций, которая зависит от температурных условий на поверхности камеры сгорания и каталитической активности материала. Направление реализации технологического фактора зависит от выбора метода, материалов и стадий нанесения каталитического покрытия. Влияние физического фактора определяется формой камеры сгорания, турбулизацией заряда и особенностью распыливания топлива.

Ключевые слова: токсические вещества, камера сгорания, каталитическое покрытие, турбулизация заряда, диффузионное сгорание, дизель.

Factors and methods which provide increase in efficiency of catalytic impact on in-cylinder processes in diesel engines are considered. Classification in which factors are divided into three groups is offered: chemical, technological and physical. A defining sign of a chemical factor is the speed of course of chemical responses which depends on temperature conditions on the surface of the combustion chamber and catalytic activity of material. The direction of implementation of technology factor depends on a choice of a method, materials and stages of plotting of a catalytic covering. Influence of a physical factor is defined by the form of the combustion chamber, turbulization of a charge and feature of a spraying of fuel.

Keywords: toxic substances, combustion chamber, catalytic coating, charge turbulence, diffusion combustion, diesel engine.

Вступ. Одним із засобів зниження утворення токсичних речовин при згорянні в дизелі може розглядатися покриття поверхні камери згоряння (КЗ) шаром каталізатора. Даний засіб дозволяє підвищити повноту згоряння, скоротити фазу підготовки палива до згоряння і фазу дифузійного згоряння, знизити максимальну температуру згоряння, що в сукупності забезпечує підвищення паливної економічності та зменшує утворення продуктів неповного згоряння палива і оксидів азоту (NO_x).

При підвищенні температури в циліндрі, на поверхні КЗ поршня відбувається виокремлення з шару каталітичного покриття активних частинок, які додатково впливають на руйнування довгих складних вуглеводних ланцюгів, розширюють діапазон займання і забезпечують вигоряння паливо-повітряної суміші в зонах з високим та низьким значенням коефіцієнту надлишку повітря, стимулюють перетворення токсичних речовин в нешкідливі речовини [1].

Метою роботи є систематизація факторів і методів, що забезпечують підвищення ефективності каталітичного впливу на процес згоряння в дизелі.

При розгляді особливостей каталітичного перетворення продуктів неповного згоряння палива і NO_x в циліндрі дизеля необхідно враховувати дисперсність розпилювання палива, умови взаємодії молекул палива з активними центрами каталітичного покриття, швидкість протікання хімічних реакцій, турбулентність руху заряду, температурний стан поверхні та конструктивні особливості КЗ, каталітичну активність покриття, методи та стадії нанесення підкладки з урахуванням енерго-ефективності обладнання, тощо. Наведені особливості дозволяють підвищити ефективність каталітичного впливу на процес згоряння і в сукупності представляють собою ряд факторів, які можна кваліфікувати як хімічний, технологічний та фізичний.

Хімічні фактори пов’язані із забезпеченням підвищення швидкості протікання хімічних реакцій за рахунок збільшення вмісту каталітично активних сполук у поверхні КЗ, де накопичується значна кількість палива. Дотримання температурних умов на поверхні камери згоряння поршня з каталітичним покриттям дозволяє контролювати та активувати взаємодію каталітично активних компонентів з продуктами неповного згоряння, при цьому забезпечують перетворення токсичних речовин у нешкідливі речовини на такті розширення. Зі зростанням швидкості хімічних реакцій відбувається інтенсифікація процесу окиснення паливо-повітряної суміші, скорочення фази дифузійного горіння, що створює умови для отримання необхідної ефективної роботи за більш короткий проміжок часу [2].

Експериментальними дослідженнями [3], проведеними в НТУ «ХПІ», встановлено, що каталітичне покриття може оказувати вплив на протікання процесу згоряння. Так, при використанні поршня з каталітичним покриттям КЗ на основі оксиду кобальту відбувається скорочення тривалості згоряння, головним чином, за рахунок фази дифузійного згоряння, що забезпечує підвищення паливної економічності на 1-3 % та зменшення емісії NO_x за рахунок скорочення підготовки палива до займання.

© І. В. Парсаданов, В. О. Хижняк, А. С. Горохівський, А. К. Артеменко, 2017

Технологічні фактори пов'язані з визначенням оптимальних умов нанесення каталітичних покриттів на основі оксидів перехідних металів.

При розгляді технологічних факторів необхідно в першу чергу обґрунтувати вибір матеріалу основи, матеріалів для каталітичних покриттів та метод нанесення покриття. Важливим є врахування вартості матеріалу, витрати електроенергії на забезпечення технологічних процесів, якості нанесення покриття.

Вибір основи (підкладки) в першу чергу пов'язано із методом нанесення каталітичного покриття. Так, наприклад, метод плазмово-електролітичного оксидування (ПЕО) забезпечує створення покриттів на поверхні вентильних металів (Ti, Zr, Mg, Al і його сплавах). Як відомо, найбільш поширеним матеріалом для виготовлення поршнів ДВЗ є алюмінієві сплави [4].

Метод ПЕО забезпечує включення каталітично активних компонентів в матрицю оксиду алюмінію завдяки суміщенню у високоенергетичних режимах електрохімічних та термохімічних реакцій. Технологія ПЕО передбачає нанесення каталітичного покриття в одно- і двостадійному режимах. При двостадійному режимі ПЕО включення каталітично активних компонентів протікає за дві фази, це дозволяє здійснювати контроль за товщиною каталітичного покриття, при цьому отримуване покриття володіє високою якістю і когезійною міцністю.

Матеріали для нанесення каталітичних покриттів поділяються на дві групи: на основі благородних металів, в основному Pt та Pd, та на основі оксидів перехідних металів (Mn, Co, Fe, Cu тощо), у тому числі складного складу (шпинелі, перовскіти, гексаалюмінати) [5]. Головним недоліком благородних металів є висока вартість, що унеможливлює їх використання для нанесення каталітичних покриттів. Саме тому, оксиди перехідних металів, які мають схожі властивості, і володіють перспективами по забезпеченню каталітичного впливу на процес згоряння при високих температурах.

Порівняльний аналіз методів гальванічної обробки алюмінієвих сплавів дозволяє виділити технологію ПЕО, як найбліш енергоефективну, за рахунок відносно невеликих витрат часу для нанесення каталітичного покриття, мінімізації витрати електроенергії і отримання покриття високої якості.

Товщина утвореного шару каталітичного покриття на поверхні КЗ поршня складає близько 7 – 10 мкм. Мінімальна товщина каталітичного покриття сприяє періодичному видаленню нагароутворення на поверхні КЗ поршня за рахунок саморегенерації поверхні каталітичного покриття.

За рахунок великої пористості шару каталітичного покриття відбувається збільшення контактної площі поверхні КЗ, що забезпечує рівномірний розподіл активних центрів під час протікання каталітичних процесів в циліндрі дизеля.

Фізичні фактори впливають на каталітичні процеси через параметри, що характеризують рух повітря і подачу палива в циліндр дизеля.

Форма КЗ поршня є одним з визначальних факторів. Шляхом підбору форми КЗ, не змінюючи її об'єму, можна досягти покращення турбулізації руху паливо-повітряної суміші. Підвищена турбулізація заряду сприяє зниженню утворення токсичних речовин, шляхом створення високоінерційного потоку, що забезпечує покращення процесу згоряння та посилює контакт палива, що згоряє під впливом каталізатора у поверхні КЗ [6]. Збільшення поверхні КЗ дозволяє інтенсифікувати протікання каталітичних реакцій на поверхні у пристінкових зонах.

Треба враховувати, що збільшення поверхні КЗ може призводити до зростання теплових втрат, але за рахунок формування підкладки і нанесення каталітичного покриття, утворюється теплоізоляційний шар, і теплові втрати не будуть зростати.

Для забезпечення рівномірного розподілу палива по поверхні КЗ поршня необхідно обирати оптимальний варіант розташування форсунки відносно вертикальної осі циліндра (центральне, або із незначним зміщенням від центру, і під незначним кутом нахилу).

Дисперсність розпилення палива залежить від тиску впорскування палива, діаметра отворів розпилювача і впливає на якість процесу сумішоутворення, що в свою чергу обумовлює протікання активної фази згоряння та каталітичні процеси.

Приведений аналіз факторів дозволив кваліфікувати методи підвищення ефективності каталітичного впливу на згоряння в дизелі, які представлені у вигляді схеми (рис. 1).

Висновки. Наведена класифікація показує, що для забезпечення ефективності каталітичного впливу на внутрішньоциліндрові процеси в ДВЗ необхідно враховувати хімічні, технологічні та фізичні фактори.

Характерною особливістю хімічного фактору є вплив каталітичної активності компонентів покриття на швидкість протікання каталітичних реакцій, яка пов'язана з температурними умовами на поверхні КЗ. Дотримання температурних умов КЗ дозволяє своєчасно активувати каталітично активні компоненти.

Від вибору напрямку реалізації технологічного фактору, а саме – методу, матеріалів та стадій нанесення каталітичних покриттів залежить якість, міцність, пористість та енергоефективність нанесеного каталітичного покриття.

Визначальними ознаками фізичного фактору є форма КЗ, турбулізація заряду та паливоподача.

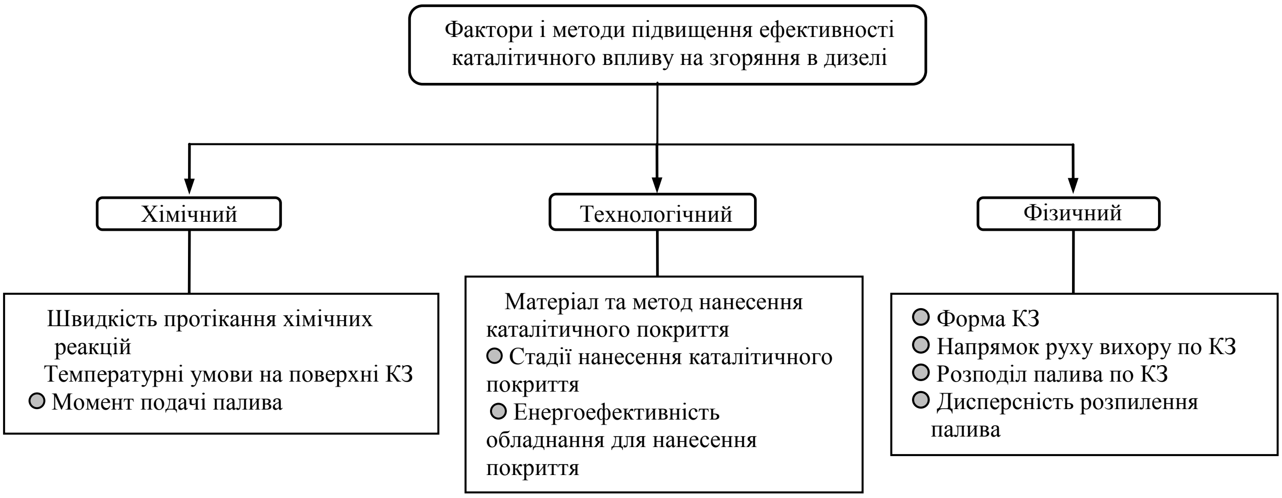

Рис. 1 – Класифікація факторів і методів підвищення ефективності каталітичного впливу на згоряння в дизелі

Список літератури

1. *Ведь М.В.* Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей [Текст]: монографія / *М.В. Ведь, М.Д. Сахненко. –* Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 272 с.
2 *Парсаданов І.В.* Підвищення екологічності дизелів шляхом внутрішньоциліндрової нейтралізації токсичних речовин відпрацьованих газів / *І.В. Парсаданов, М.Д. Сахненко, В.О. Хижняк, Г.В. Каракуркчі* // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. – № 2. – с. 63-67.
3. *Парсаданов І.В.* Дослідження дизеля з каталітичним покриттям поверхні камери згоряння / *І.В. Парсаданов, М.Д. Сахненко, М.В. Ведь, І.М. Карягін, В.О. Хижняк, Д.С. Андрощук* // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – № 2. – с. 69-72.
4. *Андрощук Д.С.* Формування покриттів оксидами мангану на високолегованих сплавах алюмінію / *Д.С. Андрощук, М.Д. Сахненко, М.В. Ведь, Т.П. Ярошок* // Вопросы химии и химической технологии. – 2015. – № 1 (99). – с. 38-43.
5. *Ведь М.В.* Организация рабочего процесса в камере сгорания ДВС в присутствии каталитических материалов / *М.В. Ведь, Н.Д. Сахненко, Е.В. Богоявленская* // Двигатели внутреннего сгорания. – 2013. – № 2. – с. 109-111.
6. *Васильев И. П.* Влияние характеристик турбулентности воздушного заряда в камере сгорания с локальной турбулизацией заряда и каталитическим покрытием на показатели дизеля / *И.П. Васильев*, В.А. *Звонов, П.Н. Гавриленко* // Совершенствование быстроходных дизелей: Тезисы докл. международной научно-техн. конф. 25-28 мая 1993 г. - Барнаул, 1993. – с. 30-31.

References (transliterated)

1. Ved' M. V., Sakhnenko M.D. *Katalitychni ta zakhysni pokryttya splavamy i skladnymy oksydamy: elektrokhimichnyy syntez, prohnozuvannya vlastyvostey* [Catalytic and protective coatings alloys and complex oxides: electrochemical synthesis, forecasting of properties]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2010. 272 p.
2. *Parsadanov I. V., Sakhnenko M.D., Khyzhnyak V.O., Karakurkchi H. V.* Pidvyshchennya ekolohichnosti dyzeliv shlyakhom vnutrishn'otsylindrovoyi neytralizatsiyi toksychnykh rechovyn vidprats'ovanykh haziv [Improving the environmental performance of engines by intra-cylinder neutralization of toxic exhaust gases]. *Dvigateli vnutrennego sgoranija*. 2016, no. 2, p.p. 63-67.
3. *Parsadanov I. V., Sakhnenko M. D., Ved' M. V., Karyahin I. M., Khyzhnyak V. O, Androshchuk D.S.* Doslidzhennya dyzelya z katalitychnym pokryttyam poverkhni kamery zhoryannya [The research of the diesel engine with a catalytic coating on the surface of the combustion chamber]. *Dvigateli vnutrennego sgoranija*. 2015, no. 2, pp. 69-72.
4. *Androshchuk D. S., Sakhnenko M. D., Ved' M. V., Yaroshok T. P.* Formuvannya pokryttiv oksydamy manhanu na vysokolehovanykh splavakh alyuminiyu [Formation of coverings oxides of a mangan on the high-alloyed aluminum alloys]. *Voprosy himii i himicheskoj tehnologii*. 2015, no. 1 (99), p.p. 38-43.
5. *Ved' M. V., Sahnenko N.D., Bogojavlenskaja E.V.* Organizacija rabochego processa v kamere sgoranija DVS v prisutstvii kataliticheskih materialov [Organization of the working process in the combustion chamber of ice with a catalytic materials]. Dvigateli *vnutrennego sgoranija*. 2013, no. 2, p.p. 109-111.
6. *Vasil'ev I. P., Zvonov V. A., Gavrilenko P. N.* Vlijanie harakteristik turbulentnosti vozdushnogo zarjada v kamere sgoranija s lokal'noj turbulizaciej zarjada i kataliticheskim pokrytiem na pokazateli dizelja [The effect of the characteristics of turbulence of the air charge in the combustion chamber with the local turbulence of the charge and the catalytic coating on the performance of diesel engine]. *Sovershenstvovanie bystrohodnyh dizelej: Tezisy dokl. mezhdunarodnoj nauchno-tehn. konf. 25-28 maja 1993g., Barnaul* [Improvement of high-speed diesel engines: Abstracts. Int. Sci.-Techn. Conf. 25-28 may 1993, Barnaul]. Barnaul, 1993, p.p. 30-31.

Надійшла (received) 22.01.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Фактори і методи підвищення ефективності каталітичного впливу на згоряння в дизелі / І. В. Парсаданов, В. О. Хижняк, А.С. Горохівський, А. К. Артеменко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 5 (1227). – С. 64–67. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2079-0066.

Факторы и методы повышения эффективности каталитического воздействия на сгорание в дизеле / И. В. Парсаданов, В. А. Хижняк, А.С. Горохивский, А. К. Артеменко // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Транспортное машиностроение- Х.: НТУ «ХПИ», 2017 № 5 (1227). – С. 64–67. – Библиогр.: 6 назв. – ISSN 2079-0066.

Factors and methods to improve the efficiency of the catalytic effects on the combustion in a diesel engine / I. V. Parsadanov, V. O. Khyzhniak, A.S. Gorokhivskiy, A. C. Artemenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Transport machine building. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 5 (1227). – P. 64 –67. – Bibliogr.: 6. – ISSN 2079-0066.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Парсаданов Ігор Володимирович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння; тел.: (057)707-60-89; e-mail: parsadanov@kpi.kharkov.ua.

Парсаданов Игорь Владимирович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры двигателей внутреннего сгорания; тел.: (057) 707-60-89; e-mail: parsadanov@kpi.kharkov.ua.

Parsadanov Igor Vladimirovich - Doctor of Technical Sciences, Full Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Professor at the Department of Internal Combustion Engines; tel.: (057) 707-60-89; e-mail: parsadanov@kpi.kharkov.ua.

Хижняк Володимир Олександрович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри двигунів внутрішнього згоряння; тел.: (063)-794-94-40; e-mail: Leo_18@ukr.net.

Хижняк Владимир Александрович – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», аспирант кафедры двигателей внутреннего сгорания; тел.: (063)-794-94-40; e-mail: Leo_18@ukr.net.

Khyzhniak Vladimir Alexandrovich – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Postgraduate Student at the Department of Internal Combustion Engines; tel.: (063) 794-94-40; e-mail: Leo_18@ukr.net.

Горохівський Андрій Сергійович – науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (БЗПВ та РХБз) факультету військової підготовки при Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут»; тел.: (066) 315-45-57; e-mail: gorohivskiy86@gmail.com.

Горохивский Андрей Сергеевич – научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории (БОПВ и РХБз) факультета военной подготовки при Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт»; тел.: (066) 315-45-57; e-mail: gorohivskiy86@gmail.com.

Gorokhivskiy Andrew Sergeevich – Research Officer of Scientific Research Laboratory (FPDT and RChBP) of Faculty of Military Preparation at National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute"; tel.: (066) 315-45-57; e-mail: gorohivskiy86@gmail.com.

Артеменко Андрій Костянтинович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», магістр; тел.: (095) 016-35-94; e-mail: andryuha_lp@mail.ru.

Артеменко Андрей Константинович – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», магистр; тел.: (095) 016-35-94; e-mail: andryuha_lp@mail.ru.

Artemenko Andrew Konstantinovich – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Master Student; tel.: (095) 016-35-94; e-mail: andryuha_lp@mail.ru.