

А. М. Левтеров, В.М. Бганцев

МОТОРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МІКРОДОМІШОК ВОДНЮ НА ПОКАЗНИКИ ТОКСИЧНОСТІ МАЛОЛІТРАЖНОГО ДИЗЕЛЯ

В роботі подано аналіз шляхів покращення екологічних характеристик поршневих двигунів внутрішнього згоряння за рахунок застосування альтернативних моторних палив, або за рахунок модифікування штатних нафтових палив мікродомішками. Розглянуто досвід різних дослідників з вивчення механізму взаємодії водню з вуглеводневим нафтовим паливом, його впливу на особливості згоряння паливоповітряної суміші та показники робочого циклу поршневого двигуна внутрішнього згоряння. Запропоновано спосіб покращення характеристик токсичності малолітражного дизеля шляхом додавання до штатного дизельного палива (ДП) мікродомішок атомарного та молекулярного водню, та за рахунок цього зниження рівня емісії шкідливих речовин з відпрацьованими газами (ВГ). Спосіб передбачає отримання суміші атомарного та молекулярного водню шляхом генерування його в малогабаритному економічному електролізері, який живиться від джерела постійного струму з напругою 12В. Такого типу електролізер може бути інтегрованим в паливну систему транспортного засобу, що позбавить від необхідності створювати додаткову, а саме водневу систему живлення двигуна, з застосуванням громіздкого та пожежонебезпечного обладнання для зберігання бортового запасу водню. Дослідження показників токсичності відпрацьованих газів дизеля виконане на моторному стенді для трьох режимів його навантаження – 0,8; 1,0; 1,2 кВт з використанням штатного дизпалива. На наступному етапі виконані дослідження для тих же режимів навантаження з додаванням до нафтового палива мікродомішок водню у відносній кількості – 0,49; 1,15; 1,83 % по масі. Наведено результати моторного дослідження впливу мікродомішок водню до нафтового дизпалива на показники токсичності дизеля 1Ч8,5/11. Ефект полягає у виключенні зі складу відпрацьованих газів незгорілих вуглеводнів, зниженні концентрації оксиду вуглецю у ВГ практично до 0, а концентрації оксиду азоту на 14–26%.

Ключові слова: водень; дизель; токсичність відпрацьованих газів; мікродомішки.

Аналіз проблеми та мета дослідження

У відповідь на виклики, зумовлені техногенним забрудненням навколишнього середовища багатозакордонних моторобудівних фірм спрямовують зусилля на вирішення завдання з досягнення нульової токсичності відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння. Їх досвід засвідчує, що домогтися цього можна також і шляхом використання альтернативних видів моторного палива. Саме тому, практично всі перспективні екологічно чисті автомобілі проектуються під використання альтернативних видів палива. Розробка і створення двигунів для таких автомобілів, безумовно, вимагає величезних матеріальних витрат.

Одним з перспективних напрямків зменшення рівня шкідливого впливу токсичних викидів транспортних ДВС на довкілля є не тільки застосування альтернативних палив, таких як нижчі спирти (метанол, біоетанол, бутанол), природний і попутний нафтові гази, рослинні олії спеціально вирощуваних сільськогосподарських культур, водню і т.д., але й модифікація штатних моторних палив різними домішками. При цьому, в першу чергу, дослідження ведуться з метою заміни основного палива для автомобілів альтернативним, без внесення в двигун істотних конструктивних змін. Іншою вагомою метою є вивчення можливостей їх комбінування та застосування домішок (модифікаторів палива). Одночасно оцінюється і вплив такої заміни на стан навколишнього середовища – він щонайменше не повинен погіршуватися. Практично всіма

перерахованими вище альтернативними видами палива можна замінити певну частину традиційного палива тільки внаслідок наявності в їх складі придатних до окислення речовин.

З усіх видів альтернативних палив слід окремо відзначити водень. Справа в тому, що його домішка до нафтового палива не тільки замінює енергію частини циклової дози основного палива. Якісний вплив водню на робочий процес ДВС визначається, перш за все, його властивостями. Він має більш високу дифузійну проникність, більшу швидкість згоряння, широкі межі займання. Енергія займання водню на порядок менша, ніж енергія займання вуглеводневих палив. Реальний цикл водневого ДВС відрізняється більш високим ступенем досконалості робочого процесу, кращими показниками економічності та токсичності [1–3]. Крім того, застосування водню сприяє комплексному покращенню показників дизельних двигунів через вплив не тільки на якість робочого процесу, але й через підвищення ефективності тепловідводу від найбільш термонапружених деталей камери згоряння [4,5].

Метою дослідження було виявлення впливу мікродомішок водню до нафтового палива на показники токсичності малолітражного дизельного двигуна.

Викладення основного матеріалу

Дослідження проводилось на моторному стенді, який складається з малолітражного дизельного двигуна 1Ч8,5/11, гальмівного пристрою та конт-

рольно-вимірювальних приладів. Гальмівний пристрій являє собою балансірний динамометр постійного струму з максимальною гальмівною потужністю 10 кВт при частоті обертання вала 3500 хв⁻¹. Стенд також обладнано системами автоматичного вимірювання витрати палива та повітря. Склад відпрацьованих газів двигуна визначався з використанням газоаналізатора «Автотест». Штатна система живлення двигуна паливом була доповнена лабораторним мініелектролізером, в якому виробляється водень та дозовано подається у впускний колектор двигуна. Особливістю електролізера є те, що він живиться від джерела постійного струму напругою 12В та працює в режимі постійної продуктивності водню. Це забезпечує автоматичну зміну концентрації мікродомішки водню у дизпаливі в залежності від режиму навантаження двигуна.

Газ, що генерується, складається із суміші атомарного та молекулярного водню. Атомарний водень, як відомо, має суттєво вищу реактивну ак-

тивність ніж молекулярний. Це сприяє прискоренню процесів згоряння вуглеводневого палива та зменшенню, приблизно в п'ять разів, товщини зони гасіння (пристінного шару, в якому не йдуть окислювальні процеси) [6].

Моторний експеримент методично було реалізовано наступним чином. Показники токсичності дизельного двигуна визначалися шляхом вимірювання концентрації оксидів вуглецю CO, незгорілих вуглеводнів СН та вмісту оксидів азоту NO_x у відпрацьованих газах. Означені вимірювання здійснювались на режимах потужності двигуна 0,8; 1,0; 1,2 кВт при обертах колінчастого вала 1300 хв⁻¹ спочатку під час його роботи на штатному дизельному паливі.

На тих же режимах роботи двигуна ті ж самі вимірювання були виконані під час його роботи на дизпаливі з різною концентрацією мікродомішок водню. Результати моторного експерименту наведені у таблиці.

Таблиця. Вплив мікродомішок водню до дизпалива на токсичність відпрацьованих газів дизеля 1Ч8,5/11

Домішки водню до ДП, % мас.	Потужність дизеля, кВт								
	0,8			1,0			1,2		
	Концентрація компонентів ВГ								
	CO, %	CH, млн ⁻¹	NO _x , млн ⁻¹	CO, %	CH, млн ⁻¹	NO _x , млн ⁻¹	CO, %	CH, млн ⁻¹	NO _x , млн ⁻¹
0	0,08	18	4,4	0,05	29	4,9	0,08	32	5,3
0,49	0,02	0	4,2	0,03	0	4,0	0	0	3,9
1,15	0,04	0	4,6	0,04	0	4,2	0,04	0	4,5
1,83	0,06	0	4,9	0,04	0	4,5	0,06	0	4,9

За результатами дослідження, наведеними у таблиці, видно, що при використанні дизпалива з мікродомішками водню у складі відпрацьованих газів дизеля відсутні незгорілі вуглеводні СН. Зниження концентрації оксиду вуглецю у відпрацьованих газах змінюється від 25 до 100% в залежності від вмісту мікродомішки водню у дизпаливі. Діапазон зниження вмісту оксидів азоту NO_x у відпрацьованих газах складає 14-26%.

Висновок

На прикладі стендового дослідження показників токсичності малолітражного дизельного двигуна 1Ч8,5/11 підтверджено позитивний ефект та визначені його чисельні значення (зменшення концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах) від застосування мікродомішок водню до штатного палива. Електролізер для генерування водню може бути інтегрованим в паливну систему транспортно-

го засобу та живитись від бортової електромережі, що виключає необхідність мати бортовий запас водню і робить спосіб безпечним.

Список літератури:

1. Певнев Н.Г. Анализ свойств водорода с целью возможности его применения в качестве добавки к основному топливу / Н.Г. Певнев, В.В. Понамарчук // Прогрессивные технологии в транспортных системах. – 2015. – С. 304-309.
2. Перетрухин, С.Ф. Бортовой генератор синтез-газа для ДВС с искровым зажиганием / С.Ф. Перетрухин, О.Ф. Бризицкий, В.А. Кириллов, Н.А. Кузин, С.И. Козлов // Транспорт на альтернативном топливе, – 2010. – № 5(17). – С. 68-74.
3. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль / Ю. Мацкерле, В.Б. Иванова, А.Р. Бенедиктова. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
4. Abramchuk F. Numerical Simulation of Heat-and-Mass Transfer Processes in the Cooling Passages of a Cylinder Head in a Diesel Locomotive Engine / A. Avramenko, F. Abramchuk // Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. – 2019. – № 63(1), pp. 26–32. DOI: <https://doi.org/10.3311/PPme.12390>.
5. Авраменко А.Н.

Сравнительная расчетная оценка показателей рабочего цикла тепловозного двигателя / А.Н. Авраменко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2018. – № 1. – С. 14-19. DOI: <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2018.1.03>.
 6. Смоленская Н.М. Влияние добавки водорода на процесс горения в бензиновых двигателях с искровым зажиганием / Н.М. Смоленская, В.В. Смоленский, А.П. Шайкин // Прогресс транспортных средств и систем. – 2009. – С. 247–248.

Bibliography (transliterated):

1. Pevnev, N.G., Ponamarchuk, V.V. (2015), "Analysis of the properties of hydrogen for the purpose of its use as an additive to the main fuel", *Advanced technologies in transport systems* ["Analiz svoystv vodoroda s tsel'yu vozmozhnosti yego primeneniya v kachestve dobavki k osnovnomu toplivu"], *Progressivnyye tekhnologii v transportnykh sistemakh*, pp. 304-309. 2. Peretrukhin, S. F., Brizitskiy, O. F., Kirillov, V. A., Kuzin, N. A., Kozlo, S. I. (2010), "On-board synthesis gas generator for spark ignition internal combustion engines", *Alternative Fuel Transport* ["Bortovoy generator sintez-

gaza dlya DVS s iskrovym zazhiganiyem", *Transport na al'ternativnom toplive*], – 2010. – № 5(17). – pp. 68-74. 3. Matzkle, Yu., Ivanova, V. B., Benediktova, A. R. (1987), "A modern economical car" ["Sovremennyy ekonomichnyy avtomobil"], M.: Mashinostroyeniye, 320 p. 4. Avramenko, A., Abramchuk, F. (2019), "Numerical Simulation of Heat-and-Mass Transfer Processes in the Cooling Passages of a Cylinder Head in a Diesel Locomotive Engine", *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.3311/PPme.12390>. 5. Avramenko, A.N. (2018) "Comparative estimate of diesel engine operating cycle indicators", *Internal combustion engines* ["Sravnitel'naya raschetnaya otsenka pokazateley rabocheho tsikla teplovoznogo dvigatelya"], *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*, №1, pp. 14-19 DOI: <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2018.1.03>. 6. Smolenskaya, N.M., Smolenskiy, V.V., Shaykin A.P. (2009), "The influence of additives of hydrogen on the combustion process in petrol engines with spark ignition", *Progress vehicles and systems* ["Vliyaniye dobavki vodoroda na protsess goreniya v benzinovykh dvigatelyakh s iskrovym zazhiganiyem"], *Progress transportnykh sredstv i sistem*, pp. 247-248.

Надійшла до редакції 24.06.2019 р.

Левтеров Антон Михайлович – канд. техн. наук, старший науковий співробітник відділу водневої енергетики, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, Харків, Україна, e-mail: antmix1947@gmail.com, 349-47-02. <http://orcid.org/0000-0001-5308-1375>

Бганцев Валерій Микитович – канд. техн. наук, старший науковий співробітник відділу водневої енергетики, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, Харків, Україна, e-mail: dppp-2@ukr.net, 349-47-54, <http://orcid.org/0000-0003-0661-1040>

МОТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОПРИМЕСЕЙ ВОДОРОДА НА ПОКАЗАТЕЛИ ТОКСИЧНОСТИ МАЛОЛИТРАЖНОГО ДИЗЕЛЯ

А.М. Левтеров, В.Н. Бганцев

В работе представлен анализ путей улучшения экологических характеристик двигателей внутреннего сгорания за счет применения альтернативных моторных топлив, либо за счет модифицирования штатных нефтяных топлив микродобавками. Рассмотрен опыт различных исследователей по изучению механизма взаимодействия водорода с углеводородным нефтяным топливом, его влияния на особенности сгорания топливовоздушной смеси и показатели рабочего цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания. Предложен способ улучшения характеристик токсичности малолитражного дизеля путем добавления в штатное дизельное топливо (ДТ) микропримесей атомарного и молекулярного водорода, и за счет этого снижение уровня эмиссии вредных веществ с отработавшими газами (ОГ). Способ предусматривает получение смеси атомарного и молекулярного водорода путем генерирования его в компактном экономичном электролизере, который питается от источника постоянного тока с напряжением 12 В. Такого типа электролизер может быть интегрированным в топливную систему транспортного средства, что избавит от необходимости создавать дополнительную, а именно водородную систему питания двигателя с применением громоздкого и пожароопасного оборудования для хранения бортового запаса водорода. Исследование показателей токсичности отработавших газов дизеля проводилось на моторном стенде для трех режимов его нагрузки – 0,8; 1,0; 1,2 кВт с использованием штатного дизтоплива. На следующем этапе выполнены исследования для тех же режимов нагрузки с добавлением к нефтяному топливу микродозы водорода в относительном количестве – 0,49; 1,15; 1,83 % по массе. Приведены результаты моторного исследования влияния микропримесей водорода к нефтяному дизтопливу на показатели токсичности дизеля 1Ч8,5/11. Эффект заключается в исключении из состава отработавших газов несгоревших углеводородов, снижении концентрации оксида углерода в ОГ практически до 0, а концентрации оксида азота на 14–26 %.

Ключевые слова: водород; дизель; токсичность отработавших газов; микродобавки.

MOTOR INFLUENCE RESEARCH OF HYDROGEN MICRODOSES ON THE DIESEL MIDGET OF TOXICITY INDICATORS

A.M. Levterov, V.M. Bhangtsev

In this article, an analysis of paths to improve the environmental performance of internal combustion engines through the use of alternative motor fuels or by modifying regular petroleum fuels with microdoses has been presented. The experience of various researchers of the hydrogen interaction mechanism with hydrocarbon fuel and its influence on the characteristics of the air-fuel mixture combustion and the performance of the operating cycle of a piston internal combustion engine has been considered. The method of improvement characteristics of toxicity diesel midget by addition in nominal diesel fuel (DF) microdoses of the atomic and molecular Hydrogen and at the expense of it decrease in level emission of harmful substances with the exhaust gases (EG) has been offered. Receiving mix of atomic and molecular Hydrogen by its generation provides a path in the compact economic electrolyzer which is powered from a DC power source with tension of 12 V. Integration of this electrolyzer type in the fuel system of the vehicle will rid from creation of an additional hydrogen power supply system of the engine with use of the

bulky and fire-hazardous equipment for storage of an onboard reserve of Hydrogen. The research of toxicity indexes of the fuel-filled for diesel gases with use of regular diesel fuel was conducted at the motor stand for three modes of its loading – 0.8; 1.0; 1.2 kW. At the following stage researches for the same load conditions with addition to fuel of the Hydrogen microdoses in a fraction – 0.49 ; 1.15; 1.83% (on mass) have been executed. Motor influence research results of hydrogen microdoses on diesel midget of toxicity indicators 1Ч8,5/11 have been brought to diesel fuel. The effect consists in the composition exception of the exhaust gases of the unburnt hydrocarbons and weakening of white damp in EG practically up to 0 and concentration of nitrogen oxide for 14–26%.

Keywords: hydrogen; diesel; toxicity of the exhaust gases; microdoses.

UDC 504.064.4 : 621.431.063 : 389.14 : 528.088

DOI: 10.20998/0419-8719.2019.1.09

O. P. Strokov, O. M. Kondratenko, V. Yu. Koloskov, I. V. Mishchenko

DESCRIPTION OF MASS HOURLY EMISSIONS OF PARTICULATE MATTER OF DIESEL ENGINE BY BETA-DISTRIBUTION WITH TAKING INTO ACCOUNT THE PASSPORT ACCURACY OF GAS ANALYZER

Relevance of the study is that qualitative and quantitative results of solving of its tasks suitable for developing of methodic of decreasing of methodical errors of determination of values of mass hourly emission of particulate matter in exhaust gas flow of reciprocating internal combustion engine with using of conversion formula and readings of opacimeter and gas analyzer. Purpose of the study is obtaining of parameters of beta-distribution that approximate the empirical law of distribution of values of mass hourly emission of particulate matter in exhaust gas flow of reciprocating internal combustion engine which achieved by indirect measuring with taking into account the accuracy of direct measuring of its components that has nonlinear impact. Task of the study is obtaining of rational values of number of multiple measuring of coefficient of attenuation of light flux and volume concentration of unburned hydrocarbons in exhaust gas on individual operational regime of diesel engine during bench motor tests for case of automation of measuring process. Methodic of the study is in consistently application of following methods: analysis of scientific and technical literature, analysis of data of bench motor tests, application of prof. Parsadanov conversion formula, mathematical apparatus of beta-distribution, numerical calculation studies. It was detected that empirical distribution of values of mass hourly emission of particulate matter in exhaust gas flow of reciprocating internal combustion engine which obtained with using of one of known conversion formula of prof. Parsadanov as the function of indicator of opacity and toxicity of exhaust gas, has a significant difference from the normal distribution law at number of measurements less than 50 even in case of confirmation of the hypothesis of normality of distribution law of readings of opacimeter into limits of its passport measuring errors. That results were described by the mathematical apparatus of beta-distribution by carrying out the numerical calculation studies with using of program product written of the language Borland Pascal 7.0. The parameters of beta-distribution were obtain as the function of number of multiple measuring.

Key words: beta-distribution; opacimeter; multi-component gas analyzer; internal combustion engine; accuracy of measuring, engine bench tests; environment protection technologies; ecological safety.

Introduction and relevance of the study

Vehicles with diesel reciprocating internal combustion engine (RICE) are powerful source of legislative normalized pollutants from the number of which particulate matter (PM) has the second place by the value of reduced toxicity [1 – 5]. PM are the disperse phase of aerosol of RICE exhaust gas (EG) and formed as the product of uncompleted combustion of motor fuel and consists of carcinogen substances and also forming the city smog [1 – 5].

Results of quantitative assessment of amount of emission of such pollutant in accordance with normative documents [6] usually expressed in units of mass hourly emission G_{PM} – kg/h, namely the assessment executes by the experimental way with using indirect measuring by gravimetric method during motor bench tests of PICE on stationary standardized testing cycle with using of complex of measuring equipment that na-

med as dilution tunnels. However, such complex of measuring equipment is difficult and high cost (from a hundred thousand to millions US dollars) and also should be certificated [1]. Nowadays on Ukraine territory there is only one certificate dilution tunnel of foreign manufacturing. That means what in most of departments of scientific institutions in our country that implements the scientific and researching works on topics which related with PICE and because of this fact they laboratories has motor test benches do not have the opportunity of obtaining the values of G_{PM} .

For execution of experimental researches the results of which can be compared with results that obtained with using of dilution tunnels, scientists of that departments develops and uses different conversion formulas which allows to convert the readings of more affordable, cheaper and common measuring equipment into values of G_{PM} . To the number of such measuring