

УДК 621.436:665.75

ГРЕЧАНЮК М.С., к.т.н.,
Вінницький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ЕТАНОЛ-ДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ У ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ ЯК ШЛЯХ ЗНИЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ

Проаналізовано можливі шляхи зниження шкідливих речовин у відпрацьованих газах за рахунок покращення екологічних властивостей дизельного палива та оптимізації роботи дизельного двигуна

Ключові слова: дизельний двигун, дизельне паливо, етанол, шкідливі речовини, цетанове число

Постановка проблеми

В умовах зростаючої щільності транспортних потоків гостро постає проблема збільшення шкідливих викидів в атмосферу, пов'язаних із роботою двигунів автотранспортних засобів (АТЗ). Значну частку транспортної роботи (47,6%), серед парку АТЗ, що експлуатуються в Україні виконують вантажні автомобілі, більшість з яких працює на дизельному паливі [1].

До основних токсичних викидів автомобіля належать відпрацьовані гази (ВГ), картерні гази та паливні випари. Відпрацьовані гази, що викидаються двигуном, містять оксид вуглецю (СО), вуглеводні (C_xH_y), оксиди азоту (NO_x), бензопірен, альдегіди та сажу.

Утворення токсичних речовин – продуктів неповного згоряння й оксидів азоту в циліндрах двигуна в процесі згоряння відбувається принципово різними шляхами. Перша група токсичних речовин пов'язана з хімічними реакціями окислювання палива, що протікають як у період до, так і в процесі згоряння. Друга група токсичних речовин утворюється при з'єднанні азоту та надлишкового кисню в продуктах згоряння. Реакція утворення оксидів азоту носить термічний характер і безпосередньо не пов'язана з реакціями окислювання палива. Причина утворення сажі полягає в тому, що енергетичні умови в циліндрах дизельного двигуна є достатніми для повного руйнування молекул палива. Більш легкі атоми водню дифундують у збагачений киснем шар, вступають із ним у реакцію і ніби ізолюють вуглеводневі атоми від контакту з киснем. Процес утворення сажі залежить від температури, тиску в камері згоряння, типу палива, співвідношення палива до повітря.

Пошук нових формул і оптимізація властивостей дизельного палива (таких як вміст кисню, вміст сірки, ароматичних з'єднань, летючості) необхідний для зниження викидів як сажі, так і оксидів азоту NO_x , а також поліпшення процесів згоряння дизельного палива та зниження кількості викидів відпрацьованих газів [2].

За такого стану, з метою скорочення шкідливих викидів, перспективним є використання альтернативних паливних сумішей, а також застосування вже існуючих з додаванням домішок, що покращують фізико-хімічні характеристики палива. Одним із таких шляхів є використання дизельного палива з додаванням етанолу, отримання якого вже має достатньо відпрацьовану технологію та вигідно вирізняється з поміж інших домішок можливістю його одержання з багатьох видів сировини (цукровий буряк, меласа, картопля, кукурудза, ячмінь та ін.) [3].

Аналіз останніх досліджень

Питанням використання спиртових палив, в тому числі етанол-дизельних паливних сумішей у двигунах внутрішнього згоряння присвячені роботи таких вчених, як В.Ф. Анісімова, Ю.Ф. Гутаревича, Л.Н. Голубкова, Л.В. Грехова, А.Ю. Дуніна, В.І. Ерохова, В.О. Звонова,

А.О. Корпача, В.А. Ліханова, В.Н. Луканіна, Р.В. Малова, В.І. Мальчука, В.М. Попова, О.С. Хачіяна, М.Г. Шатрова, В.П. Шкалікова, Ю.Ж. Сааде, Л.В. Санчеса, Л.П. Середа, Н.Г. Adelman, Y. Chen, D. Gussert, T. Fleisch, W.A. Goetz, M. Mori та ін.

Мета статті

Метою статті є дослідження стану вивчення проблеми зниження рівня забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами в результаті роботи двигуна внутрішнього згорання, зокрема працюючого на дизельному паливі та вибір перспективних шляхів її вирішення.

Матеріали та результати дослідження

За довгий час існування проблеми забруднення шкідливими викидами від роботи двигунів внутрішнього згорання автотранспортних засобів атмосферного повітря, розроблено значну кількість методів і способів, що дозволяють зменшити кількість відпрацьованих газів або знизити їх токсичність. У той же час розробляються і практично реалізуються заходи щодо зниження забруднення атмосфери викидами автомобільних двигунів, що включають у себе:

- удосконалення конструкцій двигунів і підвищення якості їх виготовлення;
- пошук нових видів палива, застосування різних присадок до нього;
- створення енергосилових установок для автомобілів, що викидають меншу кількість шкідливих речовин;
- розробка пристроїв, що знижують вміст шкідливих компонентів у відпрацьованих газах.

З метою пошуку оптимального співвідношення між домішками та дизельним паливом у паливних сумішах і порівняння продуктивності дизельного двигуна, що працює на новому паливі проводились експериментальні дослідження ефективності різних домішок етанол-дизельних паливних сумішей (ЕДПС) з об'ємним вмістом етанолу (Е) 5, 7.5 і 10%, відповідно [4].

Для створення етанол-дизельних паливних сумішей використовувались такі речовини:

- розчинники Е₅, Е_{7.5}, Е₁₀ зі вмістом безводного етанолу (С₂Н₆О) 5%, 7% і 10%, відповідно (інші види етанолу не розчинні або мають дуже обмежену розчинність у переважній більшості дизельних палив, зумовленому вмістом води у суміші палива);
- дизельне паливо ДП₁ і ДП₂ з фізико-хімічними властивості наведеними в табл. 1 [5];
- у якості присадки: 2-метокси-етилловий ефір С₆Н₁₄О₃ (МХ_х); нітрометан С₁Н₃Н₁О₂ (NM_х); нітроетан С₂Н₅Н₁О₂ (NE_х) [5].

Були підготовані паливні суміші, із вмістом 2-5% присадки, 5-10% етанолу та 90-95% дизельного палива. Досліджувались відпрацьовані гази та інші викиди, а також фізичні й хімічні властивості етанол-дизельного палива з та без присадок. Присадки використовувались для одержання однорідної й стійкої суміші, поліпшення запалюваності, і тим самим підвищення цетанового числа в сумішах. При випробуваннях досліджувалися такі властивості як щільність, в'язкість, цетанове число, точка загоряння, точка кипіння, характеристики процесу пароутворення та дистиляції. Продуктивність нових паливних сумішей досліджувалась на дизельному двигуні Mercedes-Benz OM 457LA у режимі холостого ходу.

Результати показали, що утворення сажі може бути зменшено більш ніж на 50%, 30% і 27% для сумішей Е-NE₅-10, Е-NM₅-10 і Е-MX₅-10, відповідно, які містять 5% присадки та 10% етанолу. Зі збільшенням вмісту етанолу, щільність, цетанове число, кінематична в'язкість, вища теплотворна здатність і фракції ароматичних сумішей зменшуються. При цьому характеристики процесу дистиляції також змінюються.

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості дизельного палива

Найменування	ДП ₁	ДП ₂
1	2	3
питома густина при температурі 15°C гр/см ³	0,8405	0,8415
цетанове число (CN)	54,74	56
температура запалювання, °C	65	72
вміст сірки, у масових частках %	0,68	0,7
в'язкість при температурі 40°C, мм ² /с	4,87	3,48
вуглецевий нагар у масових частках на кожні 10% об'єму нагару	0,14	0,29
вміст сажі, у масових частках %	не більше 0,001	не більше 0,001
вміст води, в об'ємних частках %	не більше 0,05	0,05
характеристики процесу дистиляції:		
початкова точка кипіння, °C	165	181
температура випаровування 10% об'єму, °C	206	219
температура випаровування 50% об'єму, °C	294	306
температура випаровування 90% об'єму, °C	361	372,5
кінцева точка кипіння, °C	386	382
об'ємна частка палива, що випаровується, %	98	99

Присадки підвищують стабільність етанолу в суміші дизельного палива, частково відновлюють його в'язкість. Поліпшується займистість ЕДПС, що є необхідним для підвищення її цетанового числа.

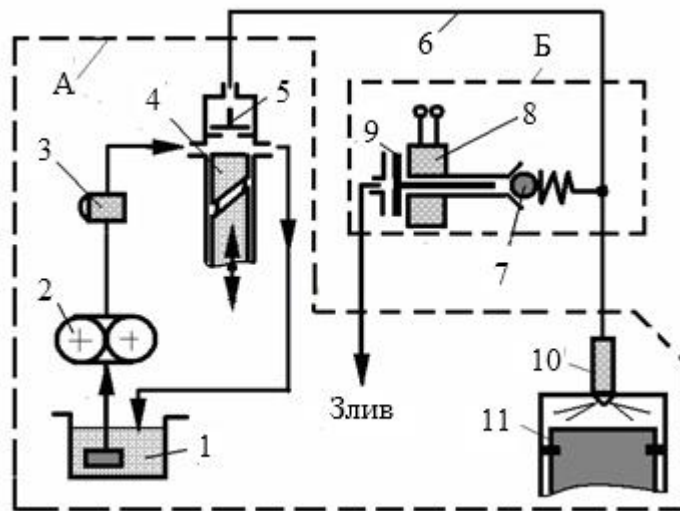
Можливий і бажаний склад ЕДПС повинен бути пов'язаний з режимами роботи дизельного двигуна (дизеля) з причини того, що робота дизеля на ЕДПС у режимах малих навантажень, холодних ходів, а особливо режимах пусків істотно ускладнюється. На таких режимах необхідно керувати складом паливної суміші або застосовувати «безрейкове» керування дизелем (наприклад, відключенням–включенням циліндрів або циклів).

Організація «безрейкового» регулювання роботи дизеля на ЕДПС заснована на застосуванні методу відключення–включення частини циліндрів або окремих циклів (рис. 2).

При цьому циліндри, що залишилися в роботі, по суті стають однорежимними, працюючи тільки на повному навантаженні, з повною подачею палива. Тим самим зберігаються високі температури протікання процесів у працюючих циліндрах і отже можливості підвищеної витрати етанолу, підвищеної частки заміщення дизельного палива етанолом. Модернізації паливних апаратів дизеля, з метою застосування етанолу, як додаткового компоненту до основного палива полягають у збільшенні розвантажувальної властивості нагнітальних клапанів паливного насоса високого тиску (ПНВТ) з 52 до 82 мм³, встановленні клапану регулювання початкового тиску (РПТ) поблизу штатної форсунки й оснащення клапану електромагнітною котушкою для керування відключенням – включенням циліндрів або циклів [6].

Удосконалення динамічних режимів досягається завдяки загальному форсуванню двигуна по моменту та усуненню перехідних процесів у системі паливоподачі. Крім того, регулювання дизеля на ЕДПС методом відключення-включення циліндрів або циклів усуває перехідні процеси зсуву рейки ПНВТ у системі автоматичного регулювання, тим самим знижуючи інерційність системи регулювання.

Економія дизельного палива при роботі дизеля на ЕДПС досягається насамперед завдяки його частковому заміщенню етанолом. Так, на режимі $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$ із середнім навантаженням 76,5 Нм і розгонах–вибігах на двох–одному циліндрах, економія дизельного палива становить близько 0,75 кг/год або близько 20% (при повній витраті 3,6 кг/год).



А – вузол штатної паливної апаратури; Б – вузол СВЦЦ (кран РПТ і елемент відключення подачі палива); 1 – паливний бак; 2 – підкачувальний насос; 3 – паливний фільтр; 4 – плунжерна пара ПНВТ; 5 – нагнітальний клапан з розвантажувальним поясом; 6 – лінія високого тиску; 7 – клапан РПТ; 8 – електромагнітна котушка; 9 – магнітна пластина з штокком утримання клапана РПТ у відкритому стані, 10 – форсунка, 11 – дизель

Рис. 1. Схема паливної системи з вимикачем циліндра або циклу (СВЦЦ)

З причини низьких цетанових чисел (CN) етанолу його доцільно застосовувати у вигляді суміші з дизельним паливом. При цьому вміст етанолу в такій паливній суміші не повинен знижувати його CN нижче 32-35 одиниць за умовами пуску та роботи на малих навантаженнях. При використанні закону аддитивності, для визначення цетанових чисел в ЕДПС ($CN_{ЕДПС}$) існує висока похибка розрахунку.

Запропоновано для визначення $CN_{ЕДПС}$ застосовувати рівняння (1, 2) залежно від вмісту етанолу в ЕДПС (q_E) та від цетанового числа базового дизельного палива ($CN_{ДП}$) [6]:

$$CN_{ЕДПС} = (-3,6507 \ln(10q_E + 1) + 12,586) \ln(CN_{ДП}); \quad (1)$$

$$CN_{ЕДПС} = (0,1203(10q_E + 1)^2 - 2,1963(10q_E + 1) + 14,356) \ln(CN_{ДП}). \quad (2)$$

Так, для ЕДПС з вмістом етанолу 30-40% запропоновані рівняння дають похибку не більше 7%, у той час, як рівняння аддитивності – до 25%.

Висновки

1. Етанол-дизельні паливні суміші, що містять 5% присадки та 10% етанолу дозволяють знизити утворення сажі до 50%.
2. В порівнянні до інших присадок, нітроетан краще відновлює фізико-хімічні властивості дизельного палива.
3. Завдяки регулюванню дизельного двигуна при роботі на ЕДПС методом відключення-включення циліндрів або циклів у системі паливоподачі досягається покращення енергетичних та екологічних якостей дизельних двигунів.
4. Визначення необхідного вмісту етанолу в етанол-дизельних паливних сумішах бажано визначати зі врахуванням цетанових чисел суміші.

Список літератури

1. Підтримка інтеграції України до Транс-Європейської транспортної мережі ТЕМ-Т: РК4. Автомобільний транспорт. Заключний звіт 4.1 / Міністерство транспорту та зв'язку України. – К.: Міністерство транспорту та зв'язку України, 2010. – 56 с.
2. New Concept on Lower Exhaust Emission of Diesel Engine / [Fujimoto H., Senda J., Shibata I., Matsui K.]. – SAE Paper No. 952062, 1995.
3. P. S. De Caro. Interest of combining an additive with diesel-ethanol blends for use in diesel engines / De Caro P. S., Mouloungui Z., Vaitilingom G., Berge, J.Ch. // Fuel. – №80. – 2001. – p. 565–574.
4. The evaluation of diesel/ethanol blends for diesel vehicles in Thailand: performance and emissions studies: proceedings of the 14th international symposium on alcohol, november 2002 year, ISAF, Phuket, Thailand.
5. Ommi Fathollah. Emission and properties characteristics using additive-ethanol-diesel fuel blends on a diesel engine / Fathollah Ommi, Kouros Nekofar, Vahid Pirozfar // Annals of the faculty of engineering Hunedoara – Journal of engineering. – 2009. – tome VII. – p. 35 – 42.
6. Зауави Джавад. Регулирование рабочего процесса дизеля добавкой этанола к дизельному топливу / Джавад Зауави, М. В. Эммиль, Н. Н. Патрахальцев, Фернандо Кумара Патабандиге И. Д. // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. – 2010. – № 5 (53). – С. 38 – 41.

Гречаниук Н.С. Применение этанол-дизельных топливных смесей в дизельных двигателях как путь снижения вредных выбросов в атмосферу.

Аннотация. Проанализированы возможные пути снижения вредных веществ в отработанных газах за счет улучшения экологических свойств дизельного топлива и оптимизации работы дизельного двигателя.

Ключевые слова: дизельный двигатель, дизельное топливо, этанол, вредные вещества, цетановое число.

Grechaniuk N.S. Using etanol-diesel fuel blends in diesel engine as way of decreasing emissions in atmosphere.

Abstract. Analyzed the possible ways to reduce harmful substances in the exhaust gases by improving the ecological properties of diesel fuel and optimization of the diesel engine work.

Keywords: diesel engine, diesel fuel, etanol, harmful substances, cetane number.

Стаття надійшла до редакції 25.08.2013 р.