

УДК 663.5:336.226.331(035)

М.М. Худолій, к.т.н., доц.
М.Ф. Дмитриченко, д.т.н., проф.
Е.В. Вельд, викон. дир.
М.Ю. Лабутін, президент ТОВ
В.В. Батраков, гол. інж.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВА БІО-100

Подано результати дослідження експлуатаційних властивостей палива БІО-100. Наведено порівняльну характеристику експлуатаційних властивостей палива БІО-100 та товарного бензину А-95.

In the article the presented results of research of operating properties of fuel BIO-100. Comparative description of operating properties of fuel presented BIO-100 and commodity petrol A-95

Вступ

Перспектива забезпечення паливом автомобільних двигунів з іскровим запалюванням значною мірою пов'язується з використанням біопалив, зокрема біоетанолу. Масове використання паливного етанолу починається з 80-х років. На практиці застосовують як суміші етанолу з бензином (Е 5, Е 10, Е 15 Е 85, Е 95), так і чистий етанол.

Постановка завдання

Суміші етанолу з бензином умовно можна розділити на дві групи. У першій групі основну частку складають бензинові фракції (вміст етанолу до 10 %), в другій групі – етанол. Перевагою таких палив є те, що незалежно від конструкції системи живлення характеристики двигуна залишаються майже незмінними.

Водночас суттєвим недоліком таких палив є низька стабільність композицій під час контакту з вологою (атмосферною чи підтоварною), особливо при низьких температурах. Якщо вміст води в паливній композиції зростає з 0,4 до 4,0 %, то за температури мінус 27 °С, [1] паливні композиції з вмістом етанолу до 25 % включно втрачають фазову стабільність і розшаровуються на водно-спиртовий та бензо-спиртовий шари.

Вирішення завдання

Через низьку стабільність композицій зазнала невдачі державна програма „Етанол”, яка впроваджувалась в Україні з 2000 р. Для реалізації цієї програми було розроблено галузевий стандарт ГСТУ 320.00149943.015 «Бензини моторні сумішеві. Технічні умови», за якими допускається додавання до бензину до 6 % абсолютного етанолу.

На практиці через низьку культуру транспортування і зберігання палив з невисоким вмістом етанолу постійно спостерігались випадки розшарування композицій, що завдавало великих збитків продавцям та споживачам бензину.

У разі вмісту етанолу понад 50 %, навіть при вмісті води до 4,0 % та без додавання стабілізаторів паливні композиції зберігають стабільність навіть за температури мінус 27 °С.

Ще кращих результатів можна досягти використовуючи стабілізатори, дія яких спрямована на збереження фазової стабільності паливних композицій у разі зростання в їх складі вмісту води.

Отже, паливні композиції, в яких основним компонентом є етанол – найбільш перспективний для використання в Україні. Цьому також сприяє наявність потужної спиртової промисловості та сировинної бази для її роботи.

За цим напрямом ТОВ „Енергетичні стратегії та біотехнології” розроблено моторне біопаливо „БІО-100” на основі етилового спирту [2].

За ТУ У 24.6-33616799-01 [3], до складу палива входить більше 50 % за об'ємом етанолу, прості ефіри, низькооктанові бензинові фракції, промотори займання.

Високий вміст спирту забезпечує фазову стабільність паливної композиції БІО-100 навіть при відносно високих концентраціях води. Додатковим стабілізуювальним фактором є наявність у складі простого ефіру.

Фізико-хімічні властивості палива БІО-100 [2] суттєво відрізняються від властивостей традиційних бензинів.

Наявність в складі БІО-100 більше 50 % кисень-вмісних компонентів призводить до значного зменшення кількості горючих речовин в складі палива і практично до такого ж зменшення теплоти, що виділяється в процесі згорання.

Якщо у циліндри двигуна подають однакову за об'ємом кількість палива БІО-100 порівняно з бензином (за однакової кількості повітря), склад паливоповітряної суміші суттєво змінюється, а саме збіднюється. Це впливає з того, що для повного згорання 1 кг традиційного бензину потрібно близько 14,9 кг повітря, а для повного згорання етанолу (основного компоненту палива БІО-100) – його потрібно лише до 9 кг.

Збіднення суміші призводить до падіння потужності двигуна та зміни складу відпрацьованих газів (ВГ), який у цьому випадку не забезпечує найбільш ефективної роботи каталітичного нейтралізатора.

У сучасних двигунах з іскровим запалюванням підтримання оптимального для роботи каталітичного нейтралізатора складу паливоповітряної суміші забезпечується системою регулювання зі зворотним зв'язком за сигналом λ -зонда.

В її завдання входить підтримувати в усіх режимах, крім повного навантаження, значення коефіцієнта надміру повітря λ близько 0,98.

При роботі двигуна з регулюванням складу суміші за сигналом λ -зонда на паливі БЮ-100 автоматично повинна збільшуватись циклова подача палива доти, доки майже не зникне невикористане повітря (кисень) у ВГ. При цьому виникає питання про достатність продуктивності форсунок і можливості системи регулювання, щоб адаптуватись до такого палива і забезпечити оптимальний склад паливоповітряної суміші в усіх режимах роботи двигуна, включаючи повне навантаження.

Через відмінність у характеристиках випаровуваності палива БЮ-100 та традиційних бензинів виникає проблема якісного сумішоутворення, особливо при максимальних циклових подачах у разі роботи на паливі БЮ-100.

Крім регулювання складу суміші в сучасних двигунах здійснюється безперервне регулювання кута випередження запалювання з використанням сигналу датчика детонації.

Паливо БЮ-100 має суттєво вищі детонаційні характеристики, що дозволяє очікувати від системи регулювання встановлення більш ранніх кутів порівняно з роботою на традиційних бензинах.

Збільшення кута випередження запалювання повинно забезпечити певні термодинамічні переваги робочому циклу в разі роботи на паливі БЮ-100, що повинно компенсувати необхідність збільшення циклової подачі палива, порівняно з роботою на традиційному бензині.

У цілому безперервне оптимальне регулювання, яке забезпечує найкращі енергетичні та екологічні показники в сучасних двигунах, забезпечується електронною системою управління (ЕСУ). Для процесу регулювання, крім сигналів λ -зонда та датчика детонації, використовуються сигнали з датчиків:

- витрати повітря;
- параметрів атмосферного повітря;
- температури охолодної рідини;
- частоти обертання колінчастого вала;
- кутів положення дросельного вала;
- кута відкриття дросельної заслінки;
- швидкості відкриття дросельної заслінки.

За інформацією цих датчиків відбувається безперервна адаптація систем двигуна за допомогою ЕСУ за програмами, що забезпечують найкращі енергетичні та екологічні показники. Оскільки процеси протікають в автоматичному режимі, ефективність самоадаптації двигуна розробники

ЕСУ оцінюють узагальненим критерієм адаптації, значення якого нормують та контролюють в процесі діагностування.

З літератури [1] відомо, що для роботи, наприклад, на паливі Е-85 випускаються спеціальні модифікації двигунів, що свідчить про неможливість самоадаптації базового двигуна до роботи на такому паливі.

У зв'язку з постановкою на виробництво в Україні палива БЮ-100 виникла необхідність у встановленні можливостей самоадаптації сучасного автомобільного двигуна з іскровим запалюванням до роботи на паливі БЮ-100 без внесення змін в елементи конструкції та програмування ЕСУ двигуна.

З метою оцінювання можливостей такої самоадаптації було проведено випробування легкового автомобіля Мерседес-Бенц S 500 2003 р. випуску з двигуном з іскровим запалюванням на роліковому стенді. У процесі випробувань визначали такі показники:

- потужність двигуна N_e та крутний момент M_e ;
- умовну швидкість руху автомобіля V_a ;
- значення коефіцієнта надміру повітря λ ;
- значення критерію адаптації двигуна.

Випробування проведено в таких режимах (табл. 1):

- 1) холостий хід за мінімальної частоти обертання колінчастого вала;
- 2) режим часткового навантаження $V_a = 95$ км/год, $N_e = 43\%$ від $N_{e \max}$;
- 3) режим повного навантаження $M_{e \max}$;
- 4) режим повного навантаження $N_{e \max}$.

Значення λ вимірювалось широкополосним λ -зондом, що входить до складу приладів стенда. Для встановлення вимірювального λ -зонда у випускную систему автомобіля поряд зі штатним λ -зондом вварювали різьбову муфту.

Інформацію про значення параметра адаптації отримували за допомогою мультиплексера та ноутбука, підключених до штатного під'єднання для діагностування автомобіля. У режимі холостого ходу на паливі БЮ-100, як і на бензині А-95, підтримується значення λ в межах, що забезпечують найбільш ефективну роботу каталітичного нейтралізатора. Діапазон коливання λ під час роботи на паливі БЮ-100 менший порівняно з роботою на бензині А-95. Значення параметра адаптації в обох випадках по лівому ряду (ЛР) і правому ряду (ПР) циліндрів знаходяться в допустимих межах.

Співвідношення показників у режимі часткових навантажень таке саме, як і для режиму холостого ходу. Можна припустити, що більша стабільність коефіцієнта λ при роботі на паливі БЮ-100 пов'язана з більш стабільними показниками згоряння в окремих циклах. Це може забезпечуватись ранніми кутами випередження запалювання та більш стабільною (через збільшення) цикловою подачею палива.

Таблиця 1

**Результати порівняльних випробувань автомобіля Мерседес-Бенц S 500
під час роботи на паливах А-95 та БІО-100**

Режим	Паливо	Коефіцієнт надміру повітря λ	Повне навантаження $M_{e, \max}$, Н·м	$N_{e, \max}$, к.с.	Параметр адаптації		
					Норма	Факт	
						ЛР	ПР
1	А-95	0,97-1,05	–	–	–1–	0,451	0,141
	БІО-100	0,97-1,02	–	–	+1	0,733	0,470
2	А-95	0,97-1,05	–	–	0,68	1,05	1,0
	БІО-100	0,97-1,02	–	–	–1,32	1,14	1,15
3	А-95	0,91	430,8	–	–	–	–
	БІО-100	1,03	429,1	–	–	–	–
4	А-95	0,90	–	287,2	–	–	–
	БІО-100	0,92	–	293,9	–	–	–

Значення максимального крутного моменту (при 4500 хв⁻¹) майже однакові для обох палив.

Максимальна потужність двигуна досягається, якщо частота обертання становить 5300–5500 хв⁻¹. Максимальна потужність у разі роботи на паливі БІО-100 дещо вища, порівняно з роботою на бензині А-95, за майже однакового складу паливоповітряної суміші. Це може бути пояснено більш ранніми кутами випередження запалювання при бездетонаційній роботі на паливі БІО-100.

Для оцінювання екологічних властивостей палива БІО-100 в Науково-дослідному центрі з випробувань і доведення автотехніки (Росія) проведено випробування автомобіля LADA 211030 за Правилами ЕЖ ООН № 83-05А під час роботи на паливі А-95 та БІО-100.

Як видно з табл. 2, паливо БІО-100 незначно поступається бензину А-95 за викидами продуктів неповного згоряння в холодному циклі та суттєво переважає його показники в гарячому циклі.

Таблиця 2

Результати випробувань автомобіля LADA 211030

Цикл	Викид шкідливих компонентів, г/км			
	СО	СН	NOx	СО2
Бензин А-95				
Холодний запуск	0,615	0,044	0,061	173
Гарячий запуск	1,61	0,034	0,027	159
Паливо БІО-100				
Холодний запуск	1,3	0,08	0,016	162
Гарячий запуск	0,593	0,017	0,029	146

Особливо важлива перевага палива БІО-100 за викидом СО₂, який впливає на створення парникового ефекту в атмосфері. Вимоги Правил ЕЖ ООН № 83-05А при роботі на паливі БІО-100 задовольняються.

Висновки

Під час випробувань було встановлено, що двигун автомобіля моделі Мерседес-Бенц S 500 забезпечує самоадаптацію до палива БІО-100 без внесення змін в елементи конструкції та програмування ЕСУ. Отримані результати також свідчать про якісне сумішоутворення в усіх режимах, включаючи повне навантаження.

За екологічними показниками паливо БІО-100 не поступається товарному бензину А-95.

Паливо БІО-100 може бути рекомендовано до практичного використання в сучасних двигунах з інжекторною системою живлення та електронною системою управління складом паливоповітряної суміші (із λ -зондом) і кутом випередження запалювання (з датчиком детонації).

Література

1. *Этиловый спирт в моторном топливе* / под ред. В.В. Макарова. – М.: ООО «РАУ-Университет», 2005. – 184 с.
2. *Вельд Е.В., Лабутін М.Ю., Худолій М.М.* Альтернативне паливо БІО-100 // Матеріали I Міжнар. наук.-техн. конф. «Проблеми хімотології». – К.: НАУ, 2006. – С. 132–133.
3. *ТУ У 24.6-33616799-001:2006* «Паливо моторне «БІО-100». Технічні умови». – К.: Укрметргестстандарт, 2008. – 26 с.