

А.В. Ільченко, ст. викл.

Житомирський інженерно-технологічний інститут

ЗМІНА ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЕТАНОЛ-БЕНЗИНОВИХ СУМІШЕЙ

(Представлено д.т.н., проф. І.Г. Грабаром)

В статті представлено математичне обґрунтування зміни показників паливної економічності автомобіля з бензиновим двигуном, що працює на сумішах бензину та етанолу в діапазоні концентрацій 0–100 %. Показано, що погіршення теплотворної спроможності палива при додаванні високооктанових кисневмісних домішок до бензину незначно впливає на паливну економічність двигуна за рахунок суттєвого підвищення коефіцієнта корисної дії. Отримано залежності, що описують паливну економічність двигуна при використанні етанол-бензинів.

Останнім часом спеціалісти автомобільного транспорту ведуть активну роботу з пошуку альтернативи паливам нафтового походження. Причому, в проведених багатьма авторами дослідженнях має місце два підходи: повний перехід на альтернативне паливо або заміна частини традиційного палива різними домішками (метиловий та етиловий спирти, рапсова олія та інше) [1–3].

Витрата палива є інтегральним показником технічного стану всього автомобіля, вона також впливає на собівартість транспортної роботи. У зв'язку з цим математичне обґрунтування зміни паливної економічності автомобіля при різних концентраціях домішок у паливо є актуальною науковою задачею.

Однією з перспективних домішок в бензині є етанол. Бензини з домішками етанольними паливними (ДЕП) мають підвищену детонаційну стійкість. Оскільки октанове число етанолу за моторним методом складає 99 (за дослідницьким – 126), домішка етанолу до низькооктанових бензинів підвищує їх детонаційну стійкість [1].

Оцінити витрату палива можна на основі методичного підходу, що запропонований академіком М.Я. Говорущенком [4], модифікованого відповідно до автомобілів, що працюють на сумішах бензину та етанолу (СБЕ). Рівняння для розрахунку індикаторного ККД двигуна, що працює на бензині:

$$\eta_i \approx E_p \alpha_B, \quad (1)$$

де E_p – постійна для конкретного двигуна величина, що враховує ступінь стиску, швидкісний режим роботи двигуна тощо (E_p для теоретичних розрахунків дорівнює 0,32);

α_B – коефіцієнт надлишку повітря.

Як відомо, коефіцієнт надлишку повітря при згорянні бензину:

$$\alpha_B = G_d / G_B, \quad (2)$$

де G_d – кількість повітря, що надійшло в циліндр, кг;

G_B – кількість повітря, теоретично необхідного для згорання тієї ж порції бензину, кг.

Для отримання незмінних швидкісного та навантажувального режимів коефіцієнт надлишку повітря для СБЕ з концентрацією етилового спирту K можна визначити за наступною формулою:

$$\alpha_{СБЕ} = \frac{G_d}{G_B(1-K) + G_C K}, \quad (3)$$

де $G_B(1-K)$ – кількість повітря, теоретично необхідного для згорання частки бензину в суміші, кг;

$G_C K$ – кількість повітря, теоретично необхідного для згорання частки етилового спирту в суміші, кг;

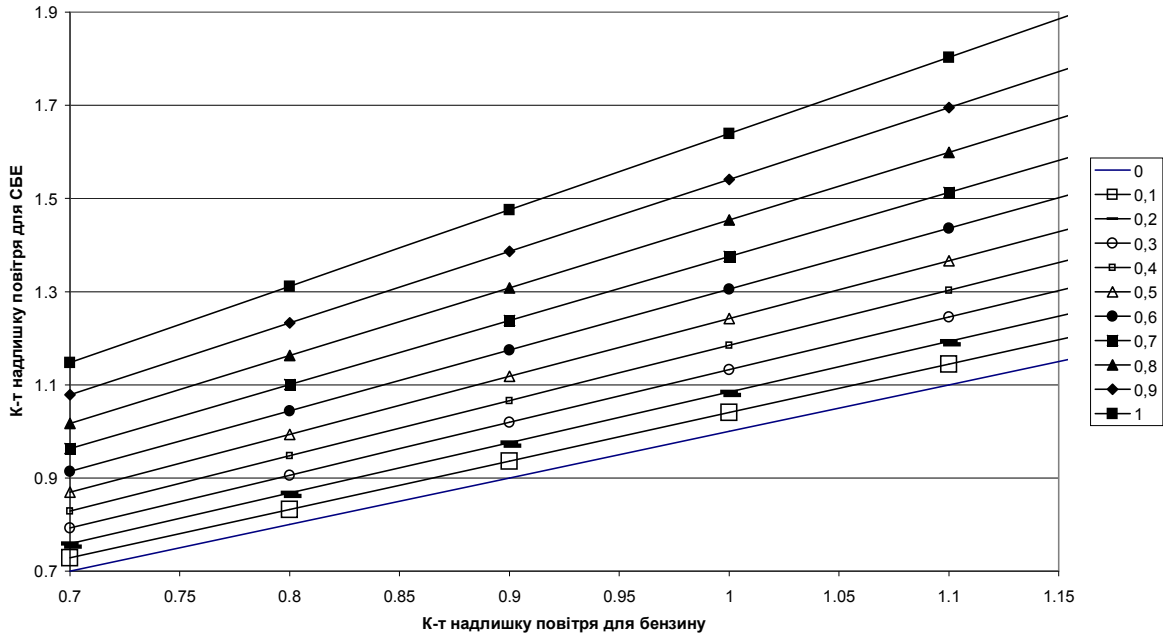
K – концентрація етилового спирту в суміші за масою ($K = 0 - 1$).

Якщо поділити (3) на (2) та провести нескладні перетворення і врахувати, що теоретично необхідна кількість повітря для повного згорання 1 кг етилового спирту складає 9,05 кг, а для бензину – 14,85 кг, то для 1 кг СБЕ, що згоряє в циліндрах двигуна, для того ж швидкісного і навантажувального режимів його роботи можна записати:

$$\alpha_{СБЕ} = \frac{\alpha_B}{1 - 0,39K} \tag{4}$$

Рівняння (4) дозволяє зробити висновок, що при зміні коефіцієнта надлишку повітря в межах 0,7–1,1 при роботі двигуна на бензині $\alpha_{СБЕ}$ буде змінюватися в діапазоні концентрацій спирту від 0 до 1 в межах 0,7–1,8. Значення коефіцієнтів пропорційності між $\alpha_{СБЕ}$ і α_B можна отримати за допомогою (4), номограми (рис. 1) або табл. 1.

Рис. 1. Номограма визначення коефіцієнта надлишку повітря двигуна,



що працює на СБЕ концентрацій 0–1

Таблиця 1

Зміна коефіцієнта пропорційності між $\alpha_{СБЕ}$ і α_B для СБЕ різних концентрацій

| Концентрація спирту в СБЕ | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
|---------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\alpha_{СБЕ} / \alpha_B$ | 1 | 1,04 | 1,08 | 1,13 | 1,18 | 1,24 | 1,34 | 1,38 | 1,45 | 1,54 | 1,61 |

Теоретично можлива зміна індикаторного ККД двигуна, що працює на СБЕ, з урахуванням (1) складає 0,22–0,52. Максимально можливе значення індикаторного ККД двигуна при роботі на бензині складає лише 0,35. Рівняння (1) при використанні СБЕ як палива можна записати у вигляді:

$$\eta_{i_{СБЕ}} \approx 0,32 \frac{\alpha_B}{1 - 0,39K} = \frac{\alpha_B}{3,13 - 1,22K} \tag{5}$$

Основне рівняння витрати палива для карбюраторного двигуна при роботі на бензині [4]:

$$Q = \frac{1}{\eta_{i_s}} [A_K i_K + B_K i_K^2 V_a + C (G_a \psi + 0,077kF V_a^2)], \text{ л/100 км,} \tag{6}$$

- де A_K, B_K, C – коефіцієнти;
- i_K – передавальне число коробки передач;
- V_a – швидкість автомобіля, км/год;
- G_a – вага автомобіля, н;
- ψ – сумарний опір дороги;

kF – фактор обтічності, $\text{н}^2\text{см}^2/\text{м}^2$.
Для карбюраторного двигуна:

$$\begin{aligned} A_K &= \frac{358V_h i_0}{H_H \rho_T r_K}; \\ B_K &= \frac{9V_h S_{II} i_0^2}{H_H \rho_T r_K^2}; \\ C &= \frac{100}{H_H \rho_T \eta_{TP}}, \end{aligned} \tag{7}$$

де V_h – робочий об’єм циліндрів двигуна, л;
 i_0 – передавальне число головної передачі;
 H_H – найнижча теплота згоряння палива;
 ρ_T – щільність палива, $\text{т}/\text{м}^3$;
 r_K – радіус кочення колеса, м;
 S_{II} – хід поршня, м;
 η_{TP} – ККД трансмісії.

При русі на різних передачах i_K та Ψ в (6) можуть визначитися як середньозважене передавальне число і середній сумарний опір дороги, які з достатньою точністю зв’язані рівнянням [4]:

$$i_K = \frac{r_K G_a}{M_{ДВ} K_{\Psi} \eta_{TP} i_0} \Psi, \tag{8}$$

де $M_{ДВ}$ – максимальний момент двигуна, $\text{н} \cdot \text{м}$;
 K_{Ψ} – коефіцієнт експлуатаційного зниження моменту (для середніх умов експлуатації складає 0,38–0,4).

Зростання добутку $H_H \rho_T$ (7) призводить до зменшення витрати палива за законом гіперболи, тому представляється необхідним дослідження його поведінки при додаванні етилового спирту в бензин.

Найнижча теплота згоряння може бути визначена за формулою Д.І. Менделєєва:

$$H_H = 338,6C + 1028,3H - 108,7(O - S) - 25 H_2O, \text{ кДж/кг}, \tag{9}$$

де C, H, O, S, H_2O – вміст в паливі відповідно вуглецю, водню, кисню, сірки, води, %.

В практичних розрахунках для бензину можна прийняти $H_{H\delta} = 43,6$ мДж/кг [4]. Для етилового спирту (при $C = 52,2, H = 13,6, O = 34,2$) найнижча теплота згоряння буде дорівнювати $H_{Hc} = 25,1$ мДж/кг [2]. Тоді для СБЕ з концентрацією спирту K найнижча теплота згоряння та щільність можуть бути визначені:

$$\begin{aligned} H_{H_{СБЕ}} &= H_{H\delta}(1 - K) + H_{Hc}K = 43600 - 18500K, \text{ кДж/кг}; \\ \rho_{СБЕ} &= \rho_B(1 - K) + \rho_C K = \rho_B + K(\rho_C - \rho_B), \text{ кг/м}^3. \end{aligned} \tag{10}$$

Щільність спирту незначно перевищує щільність бензину, тому за рахунок цього можна очікувати невелике зростання знаменника (7) та, відповідно, зниження витрати палива. Приймавши до уваги незначну різницю щільностей етилового спирту і бензину, отримаємо:

$$\begin{aligned} H_{H_{СБЕ}} \rho_{СБЕ} &= (43600 - 18500K) \left(\rho_B + K(\rho_C - \rho_B) \right) = \\ &= (43600 - 18500K) \rho_B = H_{H\delta} \rho_B (1 - 0,42)K. \end{aligned} \tag{11}$$

Оскільки в кожному знаменнику (7) знаходиться найнижча теплота згоряння та щільність палива, то з урахуванням (5) і (11) в (6) нескладно довести, що витрата палива складає, л/100 км:

$$Q = \frac{1 - 0,39K}{1 - 0,42K} \times \frac{1}{\eta_{i_k}} [A_k i_k + B_k i_k^2 V_a + c(G_a \psi + 0,077kF V_a^2)] \quad (12)$$

Чисельник першого дробу в (12) характеризує вплив зміни коефіцієнта надлишку повітря при додаванні етилового спирту до бензину, а знаменник – зміну найнижчої теплоти згоряння палива. Порівняльний аналіз (6) та (12) показує, що при використанні чистого етанолу як палива відбувається теоретичне погіршення паливної економічності бензинового двигуна на величину до 5 відсотків за рахунок більш активного зменшення найнижчої теплоти згоряння палива у порівнянні зі збільшенням коефіцієнта надлишку повітря. При використанні СБЕ з вмістом спирту 20 % теоретично повинно спостерігатися збільшення витрати палива лише на 0,6 %.

В натурних випробуваннях автомобілів на паливну економічність використовувалася апаратура, у якій вказана зміна параметрів паливної економічності знаходилася в межах погрішностей вимірювань і складала не більше 1 % [5]. Треба зазначити, що наведені результати теоретичних досліджень зміни паливної економічності бензинового двигуна, що працює на СБЕ, не співпадають з експериментальними дослідженнями [6]. Розходження результатів теоретичних і натурних випробувань свідчать про необхідність підбору регульовальних параметрів систем живлення і запалювання двигуна при використанні СБЕ різних концентрацій як палива, що співпадає з висновками [7].

Висновки:

1. Теоретичні дослідження показують, що при використанні СБЕ як палива відбувається підвищення індикаторного ККД двигуна до 0,52. Це призводить до покращення показників паливної економічності за рахунок підвищення коефіцієнта надлишку повітря.

2. Більш активне зменшення найнижчої теплоти згоряння при підвищенні концентрації етилового спирту призводить до погіршення паливної економічності бензинового двигуна. Цим пояснюється використання етанол-бензинів у розвинених країнах з обмеженою концентрацією спирту до 10 відсотків.

3. При використанні СБЕ як палива потрібно здійснювати регулювання систем живлення і запалювання двигуна.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Наглюк И.С., Безродный В.В., Чаграм Ашок Прасад, Зубенко А.А. Влияние добавки этанольной топливной на изменение показателей качества бензинов // Вестник ХГАДТУ. – 2001. – № 14. – С. 73–75.
2. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корнач А.О., Сябро О.А. Етиловий спирт як моторне паливо // Автошляховик України. – 1999. – № 1. – С. 7–10.
3. Редзюк А.М., Рубцов В.О., Гутаревич Ю.Ф. Проблеми та перспективи використання рослинної олії як моторного палива // Автошляховик України. – 1999. – № 1. – С. 4–6.
4. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) / Изд. 2-е, перераб. и дополн. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999 – 468 с.
5. Грабар И.Г., Ильченко А.В. Программно-аппаратный комплекс для исследования кинетики расхода топлива // Вестник ХГАДТУ. – 2001. – №№ 15–16. – С. 163–165.
6. Ильченко А.В. Зміна паливної економічності автомобіля з бензиновим двигуном при використанні етанол-бензинових сумішей як палива // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. – 2000. – № 15. – С. 13–17.
7. Ильченко А.В. Управление основными регульовальными параметрами карбюратора ДААЗ-2107-1107010-20 з метою визначення екологічних показників роботи двигуна // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. – 1999. – № 8. – С. 68–73.

ІЛЬЧЕНКО Андрій Володимирович – старший викладач кафедри автомобілів і механіки технічних систем, заступник декана ФІМ Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- паливна економічність та екологічна безпека автомобільного транспорту;
- мікропроцесорні засоби і комп'ютерні системи в автомобілі;
- діагностика автомобілів.

Подано 12.10.2001