

УДК 629.113

О.С. Добровольський, С.В. Карев, Н.С. Ступак*Національний транспортний університет***ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА СУЧАСНОГО БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА В РЕЖИМІ ХОЛОСТОГО ХОДУ ВИКОРИСТАННЯМ БЕНЗОСПИРТОВИХ ПАЛИВ**

В теперішній час бензоспиртові палива, це в основному суміші бензину та етанолу, набули широкого розповсюдження на автомобільному транспорті. З метою встановлення доцільності використання бензоспиртових палив проведені дослідження, щодо впливу добавки спирту до бензину на показники паливної економічності сучасного бензинового двигуна з системою впорскування та зворотнім зв'язком в режимі холостого ходу.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, холостий хід, паливна економічність, паливо, етанол.

А.С. Добровольский, С.В. Карев, Н.С. Ступак**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА СОВРЕМЕННОГО БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕНЗОСПИРТОВЫХ ТОПЛИВ**

В настоящее время бензоспиртовые топлива, это в основном смеси бензина и этанола, получили широкое распространение на автомобильном транспорте. С целью установления целесообразности использования бензоспиртовых топлив проведены исследования относительно влияния добавки спирта в бензин на показатели топливной экономичности современного бензинового двигателя с системой впрыска и обратной связью в режиме холостого хода.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, холостой ход, топливная экономичность, топливо, этанол.

A. Dobroslkiy, S. Karev, N. Stupak**SCIENTIFIC RESEARCH OF FUEL CONSUMPTION OF A MODERN GASOLINE ENGINE IN IDLE MODE USING BENZO-ALCOHOL FUELS**

Currently, benzoalcohol fuel is basically a mixture of gasoline and ethanol and it is widely used in road transport. In order to determine the feasibility of using benzoalcohols, research has been carried out on the effect of adding alcohol to petrol on the fuel economy of a modern gasoline engine with injection and feedback in idling.

Key words: internal combustion engine, idling, fuel efficiency, fuel, ethanol.

Постановка проблеми. Запаси традиційних вуглеводневих палив неухильно зменшуються, а норми викидів шкідливих речовин з кожним роком стають більш жорсткішими. Тому основні напрями досліджень [1-7] спрямовані на пошук шляхів покращення паливної економічності та екологічних показників автомобільних двигунів. Наприклад, застосування альтернативних палив, що отримуються з відновлювальних джерел. Одним з таких видів палива є етанол, який використовується як добавка до бензину.

У Національному транспортному університеті проводились дослідження по застосуванню сумішевих палива саме сумішей бензинів з різними добавками етанолу [1-5] на бензинових двигунах з карбюраторною системою живлення. При цьому відсоток етанолу в сумішевому паливі не перевищував 20 %, а оптимальна його частка складала 10 % [1-3].

В теперішній час в Україні широкого розповсюдження набув бензин марки А-95Е40 з часткою етанолу 40 %.

Для дослідження впливу більш високого вмісту етанолу на кафедрі двигунів та теплотехніки Національного транспортного університету проведені дослідження сучасного бензинового двигуна із системою впорскування та нейтралізацією відпрацьованих газів (ВГ) при роботі на паливі із різними частками етанолу в режимі холостого ходу. Адже, як відомо режим холостого ходу складає до 35 % [8] від загального часу експлуатації автомобілів у міських умовах.

Метою роботи є дослідження показників паливної економічності автомобільного двигуна при його роботі на штатному бензині і товарному бензині із різним вмістом спирту в режимі холостого ходу.

Результати дослідження. Випробування проведено у Національному транспортному університеті на кафедрі двигунів та теплотехніки. Для проведення порівняльних випробувань обрано сучасний чотиритактний, чотирициліндровий, рядний двигун 4С 7,65/7,56 (Volkswagen ВВУ) (рис. 1), обладнаний системою впорскування палива зі зворотнім зв'язком, рециркуляцією та системою нейтралізації ВГ.

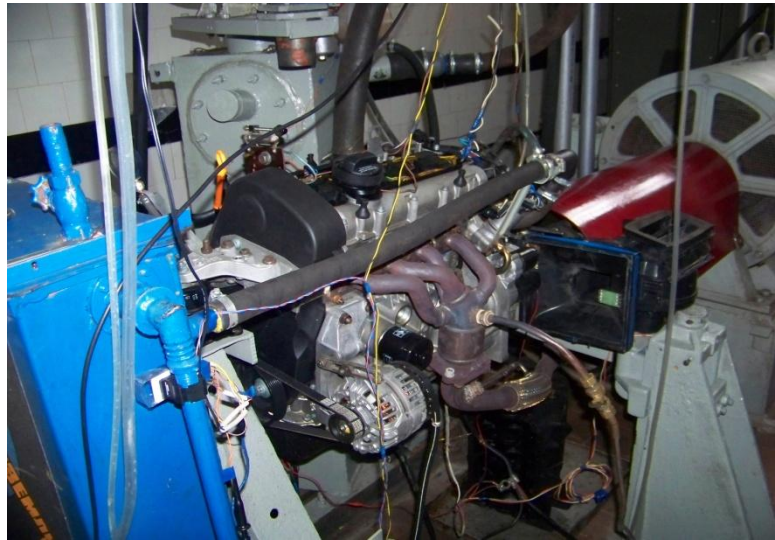


Рис. 1. Двигун Volkswagen ВВУ на гальмівному стенді

Для дослідження впливу добавки етанолу до бензину, було обрано палива А-95 та А-95Е40 та сумішеві бензини з часткою етанолу 9, 18 та 27 %, який отриманий в результаті змішування палив А-95 та А-95Е40 в різних пропорціях.

Паливо-економічні показники двигуна досліджувались в залежності від двох факторів, а саме частоти обертання двигуна (n_d) та об'ємної частки етанолу у паливі (r_c). При проведенні даних досліджень мінімальний та максимальний вміст етанолу складав 0 % та 36 %, а мінімальна та максимальна частота обертання колінчастого валу 800 хв^{-1} та 3000 хв^{-1} , що покриває всі експлуатаційні режими холостого ходу роботи автомобільного двигуна. Дослідження проведено в 13 точках згідно плану експерименту наведеного в таблиці 1.

Таблиця 1

Координати дослідних точок

№ досліду	Нормовані координати		Звичайні координати	
	X_1	X_2	n_d	r_c
1	1	1	2450	27
2	1	-1	2450	9
3	-1	1	1350	27
4	-1	-1	1350	9
5	0	0	1900	18
6	2	0	3000	18
7	-2	0	800	18
8	0	2	1900	36
9	0	-2	1900	0
10	2	2	3000	36
11	2	-2	3000	0
12	-2	2	800	36
13	-2	-2	800	0

Для опису годинної витрати палива ($G_{\text{пал}}$) та коефіцієнту надміру повітря (α) використано багаточлен другого порядку (1).

$$y(n, r_c) = a_0 + a_1 \cdot n + a_2 \cdot r_c + a_{11} \cdot n^2 + a_{22} \cdot r_c^2 + a_{12} \cdot n \cdot r_c \quad (1)$$

В результаті опрацювання двофакторного експерименту методом найменших квадратів отримані коефіцієнти поліноміальних залежностей, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2.

Коефіцієнти поліноміальних залежностей

Коефіцієнт	$G_{\text{пал}}$	α
a_0	0,639	0,983
a_1	$-1,087 \cdot 10^{-4}$	$2,435 \cdot 10^{-5}$
a_2	0,003	0,002
a_{11}	$1,449 \cdot 10^{-7}$	$-5,823 \cdot 10^{-9}$
a_{22}	$-6,063 \cdot 10^{-5}$	$-4,026 \cdot 10^{-5}$
a_{12}	$1,812 \cdot 10^{-6}$	$1,04 \cdot 10^{-7}$

В таблиці 3 наведені значення годинної витрати палива $G_{\text{пал}}$ та коефіцієнту надміру повітря α в 13 точках плану двофакторного експерименту, які отримані експериментально та в результаті розрахунку за поліноміальними залежностями. Наведені результати експериментальних та розрахункових досліджень близькі між собою, а отримане середнє квадратичне відхилення $\sigma(G_{\text{пал}}) = 0,038$ та $\sigma(\alpha) = 0,006$ підтверджує адекватність поліноміальних моделей.

Таблиця 3.

Експериментальні та розрахункові значення досліджуваних параметрів

Номер точки	$G_{\text{пал}}$		α	
	Експериментальна	Розрахункова	Експериментальна	Розрахункова
1	1,39	1.396	1,032	1.032
2	1,32	1.304	1,026	1.022
3	0,9	0.856	1,031	1.026
4	0,76	0.799	1,028	1.019
5	1,05	1.05	1,022	1.03
6	1,77	1.748	1,027	1.027
7	0,67	0.703	1,013	1.018
8	1,13	1.105	1,023	1.025
9	0,92	0.955	1,005	1.008
10	1,81	1.839	1,026	1.025
11	1,62	1.617	1,003	1.004
12	0,71	0.723	1,013	1.012
13	0,69	0.644	0,998	0,999

На рис.1 наведені результати розрахунку годинної витрати палива $G_{\text{пал}}$ в залежності від n_d при 0 %, 18 %, 36 % вмісту спирту в паливі. З отриманих залежностей видно, що при збільшенні вмісту спирту в паливі годинна витрата палива зростає. Так, при добавці спирту 18 % годинна витрата палива зростає в середньому на 3,8 % в порівнянні з бензинами без добавки спирту. А при добавці спирту 36 % на 7,2 %. Що може бути пояснено меншим значенням нижчої теплоти згоряння сумішевого бензину в порівнянні з бензином без добавки спирту. Так для бензину з добавкою спирту 18 % нижча теплота згоряння дорівнює 41 МДж/кг, для 36 % 38 МДж/кг, а для бензину 44 МДж/кг.

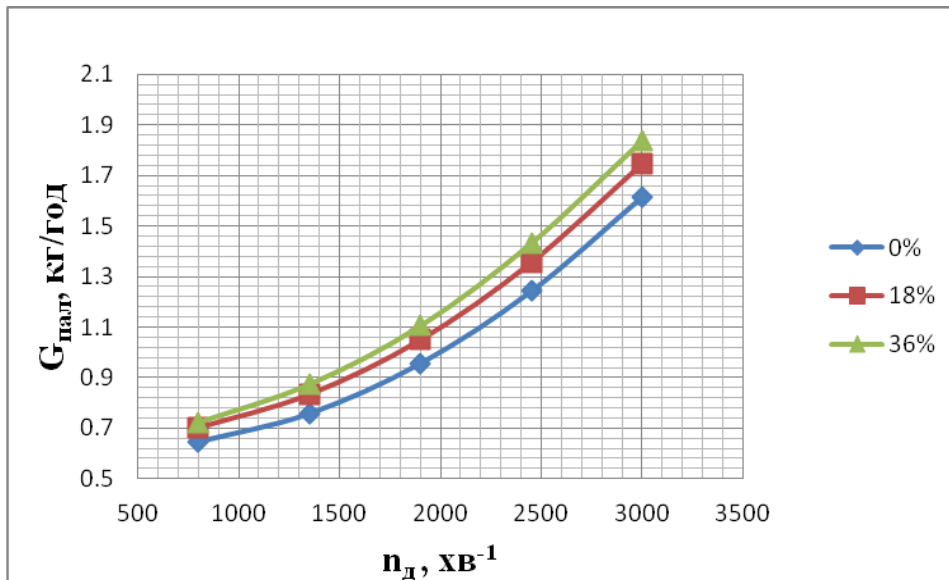


Рис. 1. Залежність витрати палива від частоти обертання колінчастого вала

На Рис.2 показані розрахункові значення коефіцієнта надміру повітря α в залежності від частоти обертання колінчастого вала n_d при вмісті 0, 18, 36% спирту. Як видно, добавка спирту до бензину призводить до збіднення паливо-повітряної суміші, що пояснюється вмістом кисню в складі спирту. Встановлено, що зміна коефіцієнту між роботою двигуна на сумішевому та товарному бензині (вміст спирту 18 та 36 % відповідно) незначна. При 36 % добавки спирту коефіцієнт надміру повітря α зріс на 3 %, в порівнянні зі штатним бензином без добавки спирту.

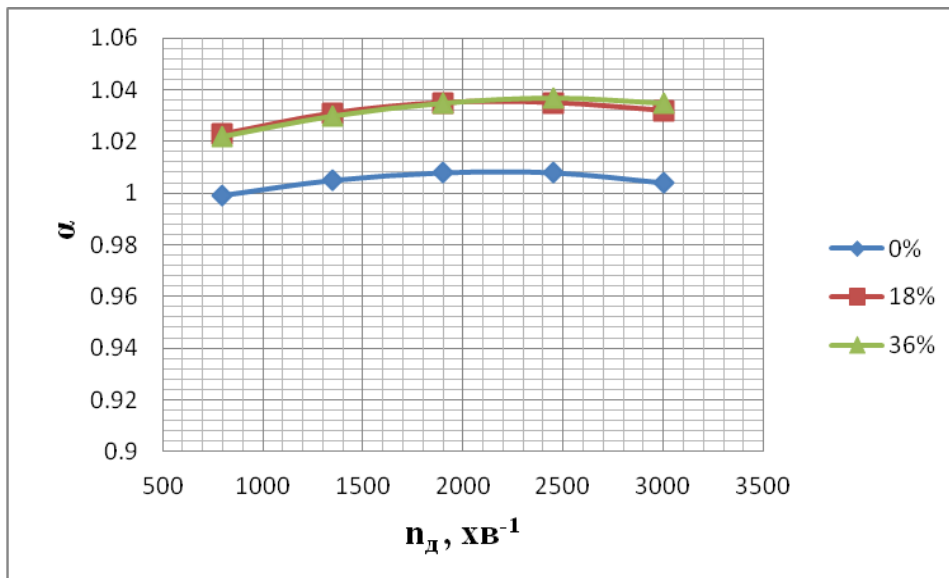


Рис. 4. Залежність коефіцієнту надміру повітря від частоти обертання колінчастого вала

Отримані результати експериментальних досліджень підтвердили можливість застосування сумішевого палива з високим вмістом спирту, але при цьому необхідні додаткові дослідження в широких межах навантажувальних та швидкісних режимів.

Висновки. Результати експериментальних досліджень двигуна 4Ч 7,65/7,56 з системою впорскування та зворотнім зв'язком обладнаного нейтралізатором та рециркуляцією ВГ показали, що збільшення добавки спирту призводить до зростання годинної витрати палива та збіднення паливо-повітряної суміші.

Список використаної літератури

1. Устименко В.С. Поліпшення екологічних показників автомобілів та розширення паливної бази автомобільного транспорту шляхом застосування біоетанолу: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Устименко Віктор Сергійович; Національний транспортний університет. – К., 2006 – 152 с.
2. Ільченко А.В. Підвищення ефективності експлуатації автомобілів використанням моторних палив з високооктановими кисневмісними добавками: дис.канд. техн. наук: 05.22.20. Київ. 2003. 147 с.
3. Захарченко О.М. Покращення паливної економічності та екологічних показників автомобілів раціональним використанням бензинів з добавками біоетанолу: дис. канд.техн. наук: 05.22.20. Київ. 2008. 261 с.
4. Попов Д.В. Покращення екологічних показників автомобілів з нейтралізаторами при використанні бензинів з добавками біоетанолу: дис. канд. техн. наук: 05.22.20. Київ. 2008. 220 с.
5. Щербатюк В.Б. Покращення екологічних показників двигунів підгрівом свіжого заряду при використанні бензину з добавкою біоетанолу.: дис. канд. техн. наук: 05.22.20. Київ. 2013 . 220 с.
6. Яновський В.В. Покращення паливної економічності та екологічних показників конвертованих газових двигунів дорожніх транспортних засобів : дис... канд. наук: 05.05.03. Київ. 2004.-172 с.
7. Шуба Є.В. Зниження токсичності та поліпшення паливної економічності бензинових двигунів в режимах малих навантажень і холостого ходу. : дис. канд. техн. наук: 05.05.03. Київ. 2016 . 211 с.
8. Ерохов В.И. Экономичная эксплуатация автомобиля / Ерохов В. И. – М.: ДОСААФ, 1986.– с.77.
9. Рафалес-Ламарка Э. Э. Некоторые методы планирования и математического анализа биологических экспериментов / Э. Э. Рафалес-Ламарка, В. Г. Николаев. // К., Наукова думка, 1971. – с. 41-54.

Рецензент:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.