

УДК 629.113

М. В. ПІДГОРНИЙ, канд. техн. наук, доц. АТЕ ЧДТУ, Черкаси;
Є. О. РОЗДОБУДЬКО, магістр АТЕ ЧДТУ;
С. О. КУЗЬМЕНКО, магістр АТЕ ЧДТУ

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВЗ З ПРОГРЕСИВНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ УПРАВЛІННЯ ФОРСУНКАМИ

В роботі розглянуто методика оцінки тягово-швидкісних характеристик ДВЗ, виготовлено схему управління форсунками та проведено потрібну кількість експериментів. Розв'язано наступні задачі: аналіз існуючих методів оцінки тягово-швидкісних характеристик ДВЗ; розробка методики експерименту проведення дослідження; аналіз результатів експериментального дослідження; оцінка економічної ефективності експериментальних досліджень параметрів роботи двигуна. Виконано порівняльну характеристику у вигляді таблиць та графіків, щодо використання новітньої технології впорскування форсунок та стандартного режиму впорскування.

Ключові слова: тягово-швидкісна характеристика, схема управління форсунками, методика експерименту, параметри роботи двигуна, порівняльна характеристика.

Вступ. Автомобільна електроніка продовжує розвиватися під впливом високого рівня глобальних комп'ютерних технологій. Застосування електроніки забезпечує підвищення точності дозування палива в порівнянні з карбюраторним принципом сумішоутворення, підвищення надійності систем управління двигуном, спрощення обслуговування і розвантаження водія, одержує необхідну інформацію для ефективного управління автомобілем.

Сучасні адаптивні програми управління двигуном забезпечують раціональні режими його роботи відповідно до мінливих параметрів зовнішнього середовища.

Аналіз основних досягнень і літератури. Жорсткі сучасні та перспективні екологічні норми «Євро - 3» і «Євро - 4» можуть бути забезпечені шляхом реалізації розподіленого впорскування палива. Одночасно з цим зберігаються високі динамічні якості автомобіля, а також знижується витрата палива і викид шкідливих речовин.

Найбільшого поширення на автомобілях закордонного виробництва отримала паливна апаратура фірми «Bosch», яка є лідером у розробці та виробництві електронних систем живлення.

Вітчизняної промисловістю спільно з провідними зарубіжними фірмами «GeneralMotors» (GM), «Bosch», «Siemens» та «Renault» для автомобілів типу «ГАЗ», «ВАЗ» розроблені мікропроцесорні системи управління двигуном (МКСУД), що містять автоматичні системи управління процесами подачі і займання паливної суміші.

Мета дослідження, постановка задачі. Метою дослідження є покращення економічних показників бензинового двигуна внутрішнього згорання шляхом оптимізації тягово-швидкісних параметрів з використанням прогресивної конструкції багатоступеневого розпилювання. Для досягнення поставленої мети в дослідженні вирішуються наступні задачі: аналіз існуючих методів оцінки тягово-швидкісних характеристик ДВЗ; розробка методики експерименту проведення дослідження; аналіз результатів експериментального дослідження; оцінка економічної ефективності експериментальних досліджень параметрів роботи двигуна.

Матеріали досліджень. Найбільш об'єктивну оцінку динамічних якостей автомобільного двигуна можливо отримати при аналізі його зовнішньої швидкісної характеристики [1-3].

Згідно вимог дослідження, лабораторна установка об'єднує такі елементи (рисунок 1): двигун внутрішнього згоряння, навантажувальний елемент, трансмісію, вимірювальні прилади.

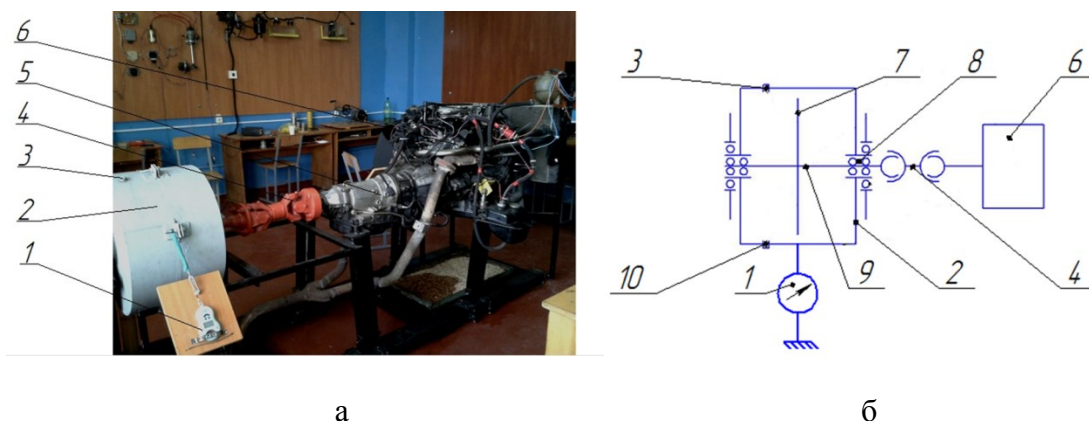


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд дослідного стенда (а) та кінематична схема (б):
 1 – динамометр; 2 – гальмівний барабан; 3 – заливна пробка для робочої рідини; 4 – карданна передача; 5 – АКПП; 6 – двигун; 7 – диск навантажувача; 8 – підшипники; 9 – вал навантажувача; 10 – зливна пробка для робочої рідини.

За основу гідравлічного навантажувача було взято гідрогальмівний механізм лопатного типу. Двигун 6, що досліджується, з'єднується з валом навантажувача 9, який закріплений на підшипниках 8. На валу закріплений диск навантажувача 7, в порожнинах якого розміщені лопасті. В залежності від умов роботи гідравлічного навантажувача і задач, які він повинен виконувати, лопасті можуть бути різноманітної форми. Найбільш технологічно простими є плоскі лопасті. Навантажувач з плоскими лопастями, які лежать в меридіальній площині, має однакові характеристики при обертанні ротора в обидві сторони.

Для того, щоб визначити параметри зовнішньої швидкісної характеристики даного двигуна необхідна система збору даних [6-8]. Вона складається з персонального комп'ютера із установленим програмним забезпеченням Opel Op-com, що має драйвер керування модулем USB.

Для захисту входів від перевантажень передбачено погоджувальний пристрій, який представляє собою електронний блок, у якому розміщені підсилювачі та дільники напруги, що дозволяють привести сигнали датчиків і виконавчих пристроїв до рівня, безпечного для роботи аналого-цифрового перетворювача.

Персональний комп'ютер, модуль USB, програма Opel Op-com і погоджувальний пристрій утворюють систему збору даних (СЗД).

Сам же погоджувальний пристрій за допомогою системного кабелю постійно підключено у відповідності зі схемою, зображеної на рисунку 2. Під час роботи двигуна сигнали датчиків і виконавчих пристроїв по системному кабелю надходять на входи аналого-цифрового перетворювача. Драйвер керування модулем USB при запуску програми завантажується в її тіло й далі модуль під керуванням Opel Op-com.

Для кожного сигналу в модулі виділяється окремий вхід (фізична адреса) і перетворена їм інформація зберігається в ОЗП комп'ютера в цифровій формі[4].



Рисунок 2 – Схема підключення датчиків та виконавчих пристроїв двигуна і стенда до системи збору даних

Після того, як система збору даних була підключена до стенду, запускаємо двигун. OpelOp-com – програма, яка видає інформацію про дієздатність та параметри датчиків та взагалі двигуна в режимі Online.

Авторами виготовлений блок керування, який забезпечить роботу форсунок в режимі двоступеневого впорскування (600 Гц при скважності 20%) рисунок 3.

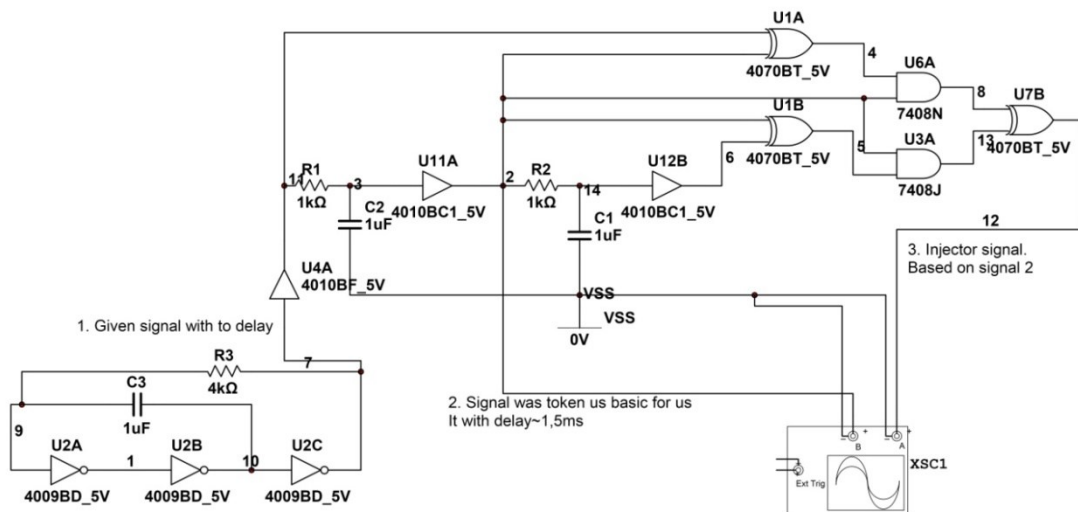


Рисунок 3 – Схема електрична блоку керування ступінчатим впорскуванням

Даний блок розрахований на середню величину імпульсу в 4 мс, який надходить від електронного блоку керування автомобіля та виконує задачу ділення імпульсу з метою збільшення кута впорскування високоомної електромагнітної форсунки. Схема (рисунок 3) є адаптивною до режиму роботи двигуна (від холостого ходу до 2000 хв⁻¹) та оптимізована по передньому та задньому фронтах (два імпульси по 1,5 мс кожний).

Вимір і фіксування даних експерименту. Експеримент можна поділити на два етапи [2,5,9,10]: вимірювання потужності, крутного моменту та паливної економічності

на двигуні зі стандартним керуванням форсунок; вимірювання потужності, крутного моменту та паливної економічності на двигуні з використанням прогресивної системи керування форсунок з встановленням блоку управління на двигун (рисунок 4).



Рисунок 4 – Двигун автомобіля Opel Omega 3.0 V6 з встановленим блоком управління системи керування форсунок (1).

Схема управління представлена у вигляді плати, яка встановлюється безпосередньо перед подачею сигналу на електромагнітну форсунку з електронного блоку управління автомобіля. Мікросхеми були встановлені в єдиний блок, який показаний на рисунку 3, та має провідникові виводи для підключення системи до форсунок. Проведені досліди з використанням системи управління форсунками FuelCraft v1.0 та отримані дані занесені у таблицю 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика режимів роботи двигуна

№ п/п	Об'єм води у навантажувачі, л	Порівняльні дані	Оберт колінчатого вала xv^{-1}			
			800	1200	1600	2000
1	2	3	4	5	6	7
1	0	$M_K, Н \cdot м$	0,125	0,875	1,063	1,25
		$M_{Kn}, Н \cdot м$	0,125	0,875	1,063	1,25
		$N_e, кВт$	0,01	0,11	0,18	0,26
		$N_{en}, кВт$	0,01	0,11	0,18	0,26
		$g_e, г/(кВт \cdot год)$	12,904	16,722	17,569	18,935
		$g_{en}, г/(кВт \cdot год)$	12,388	15,818	17,116	18,483
2	5	$M_K, Н \cdot м$	0,25	1,075	1,813	2,362
		$M_{Kn}, Н \cdot м$	0,25	1	1,875	2,375
		$N_e, кВт$	0,021	0,135	0,304	0,495
		$N_{en}, кВт$	0,021	0,126	0,314	0,497
		$g_e, г/(кВт \cdot год)$	13,873	17,564	19,393	22,006
		$g_{en}, г/(кВт \cdot год)$	12,905	16,723	18,23	21,553

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
3	10	$M_K, \text{H}\cdot\text{м}$	1,875	5,25	6,125	7,625
		$M_{Kn}, \text{H}\cdot\text{м}$	1,813	5,375	6,375	7,875
		$N_e, \text{кВт}$	0,157	0,66	1,026	1,597
		$N_{en}, \text{кВт}$	0,152	0,675	1,068	1,649
		$g_e, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	16,404	18,53	21,237	24,837
		$g_{en}, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	15,37	17,82	20,334	24,389
4	15	$M_K, \text{H}\cdot\text{м}$	6,75	12,5	17,5	26,5
		$M_{Kn}, \text{H}\cdot\text{м}$	6,5	12,75	18,25	27,375
		$N_e, \text{кВт}$	0,565	1,571	2,932	5,55
		$N_{en}, \text{кВт}$	0,545	1,602	3,058	5,733
		$g_e, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	18,454	19,944	22,819	27,434
		$g_{en}, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	17,416	19,492	22,377	26,463
5	16	$M_K, \text{H}\cdot\text{м}$	8	23,75	35	46,25
		$M_{Kn}, \text{H}\cdot\text{м}$	7,75	24,75	36,875	48,125
		$N_e, \text{кВт}$	0,67	2,984	5,864	9,686
		$N_{en}, \text{кВт}$	0,649	3,11	6,178	10,079
		$g_e, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	20,087	22,366	28,766	36,06
		$g_{en}, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	19,112	21,397	27,886	35,191
6	17	$M_K, \text{H}\cdot\text{м}$	8,75	35	46,25	58,75
		$M_{Kn}, \text{H}\cdot\text{м}$	8,5	36,25	48,5	60,75
		$N_e, \text{кВт}$	0,733	4,398	7,749	12,304
		$N_{en}, \text{кВт}$	0,712	4,555	8,126	12,723
		$g_e, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	22,429	23,904	30,56	37,702
		$g_{en}, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	21,453	23,065	29,617	37,321
7	18	$M_K, \text{H}\cdot\text{м}$	10,625	40	50	63,75
		$M_{Kn}, \text{H}\cdot\text{м}$	10,25	41,25	52,5	66,25
		$N_e, \text{кВт}$	0,89	5,026	8,377	13,351
		$N_{en}, \text{кВт}$	0,859	5,183	8,796	13,874
		$g_e, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	24,009	25,871	31,578	38,475
		$g_{en}, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	23,031	25,031	30,71	37,555
8	19	$M_K, \text{H}\cdot\text{м}$	12,5	41,875	57,5	-
		$M_{Kn}, \text{H}\cdot\text{м}$	12,125	43,25	60,375	-
		$N_e, \text{кВт}$	1,047	5,262	9,634	-
		$N_{en}, \text{кВт}$	1,016	5,435	10,115	-
		$g_e, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	24,488	27,381	33,226	-
		$g_{en}, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	23,509	26,41	32,44	-
9	20	$M_K, \text{H}\cdot\text{м}$	15	50	65	-
		$M_{Kn}, \text{H}\cdot\text{м}$	14,625	51,5	68,25	-
		$N_e, \text{кВт}$	1,257	6,283	10,89	-
		$N_{en}, \text{кВт}$	1,225	6,471	11,435	-
		$g_e, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	26,538	31,133	36,847	-
		$g_{en}, \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	25,492	30,701	36,011	-

Для кращого розуміння змін, які відбулися з системою впорскування двигуна побудована таблиця 1, в якій спостерігаються зміни крутного моменту, потужності та витрати палива, щодо обертів колінчатого вала, відносно навантаження гальмівного барабана, а також з використанням новітньої системи впорскування FuelCraftv1.0.

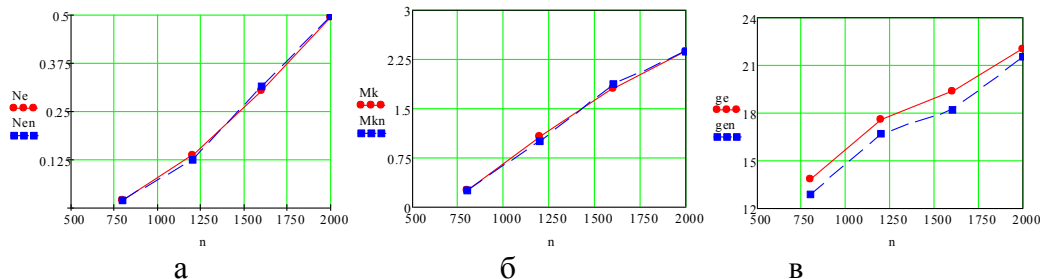


Рисунок 5 – Графіки при навантаженні 5 літрів: а – потужності; б – крутного моменту; в – ефективної витрати палива

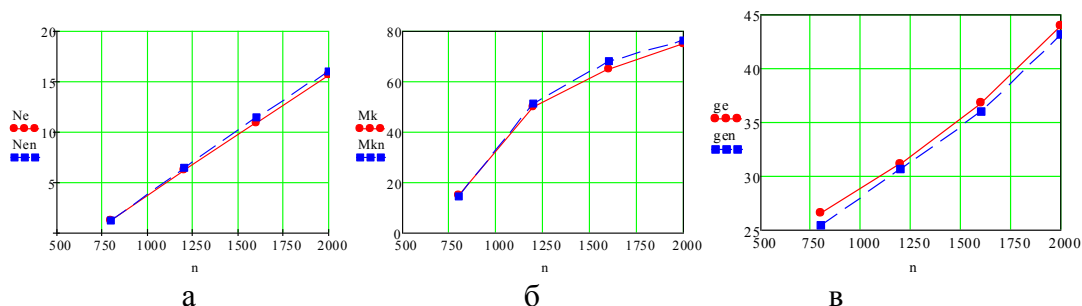




Рисунок 6 – Графіки при навантаженні 20 літрів: а – потужності; б – крутного моменту; в – ефективної витрати палива

На графіках  показує звичайні параметри роботи двигуна,  – змінні параметри з використанням FuelCraftv1.0.

Висновки. В ході виконання роботи виянилось, що найоптимальнішим режимом роботи багатоступеневого впорскування є параметри близькі до 600 Гц та скважності 20%, тому схема управління була спроектована на середнє значення імпульсу в 4 мс та діленням його на 2 імпульси періодом в 1,5 мс.

Блок управління був встановлений на ДВЗ та керував кожною форсункою незалежно. В процесі роботи, порівнявши отримані дані, виявлені такі залежності:

а) Економія палива підвищилася – на холостих обертах до 4-5%, при обертах 1200 – 1600 хв^{-1} – до 3-4% та при обертах 2000 хв^{-1} витрати палива знизилися до рівня 2-3% згідно навантажень.

б) Потужність та крутний момент – зниження до 3-4% потужності та крутного моменту при режимі холостого ходу, але відбувалося поступове підвищення даних параметрів до 5 % при обертах від 1000 хв^{-1} до 2000 хв^{-1} .

Список літератури: 1. *Ананьев С.И.* Испытание двигателей внутреннего сгорания /Ананьев С.И., Дьяченко Г.Н. // учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ. – 1999. – 368 с. 2. ГОСТ 14846–81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – М.: Госстандарт. – 1981. – 42 с. 3. *Николаенко А.В.* Теория, конструкция и расчетавтотракторныхдвигателей. / Николаенко А.В. – М.: Колос, – 1992.

– 334 с. **4.** *Борщенко Я.А.* Электронные и микропроцессорные системы автомобилей / *Борщенко Я.А., Васильев В.И.* // учеб.пособ. Курганск: Издательство КГУ, – 2007. – 207 с. **5.** *Рогов В. А.* Методика и практика технических экспериментов / *Рогов В. А.* // учеб.пособ. для вузов. – М.: – Академия, 2005. – 283 с. **6.** *Карачинов В. А.* Форсунки впрыска топлива бензиновых двигателей / *Карачинов В. А., Ильин С. В.* // Вестн. новгородского гос. ун-та. – 2004. – №26. С. 155 – 160. **7.** *Абрамчук Ф. И.* Автомобільні двигуни: Підручник / *Абрамчук Ф.И., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.С. Димченко І.І.* // – К.: Арістей, – 2006. – 476 с. **8.** *Гутаревич Е.Ф.* Екологія та автомобільний транспорт / *Гутаревич Е.Ф., Зеркалов Д.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мерзжівська Л.П.* // Навчальний посібник. – К.: Арістей, – 2006. – 292 с. **9.** *Адлер Ю. П.* . Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / *Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский.* // Изд. второе перераб. и доп. – М.: Наука, – 1976. – 279 с. **10.** *Красовский Г. И.* Планирование эксперимента / *Г. И. Красовский, Г. Ф. Филаретов*// – Мн: Изд - во БГУ. – 1982. – 476 с.

Bibliography (transliterated): **1.** *Ananov S.I.* Test internal combustion engines / *Ananov S.I., G.N. Dyachenko* . Proc. allowance. Rostov-on-Don: Publishing Center DSTU. – 1999. – 368 p. **2.** Standard 14846-81. Engines. Methods of bench tests. – Moscow: State Standard. – 1981. – 42 p. **3.** *Nikolaenko A.V.* Theory, design and calculation of automotive engines. / *Nikolaenko A.V.* – Moscow: Kolos – 1992. – 334 p. **4.** *Borshchenko Y.A.* Electronic and microprocessor systems Car / *Borshchenko Y.A., V.I. Vasilyev* . Proc. benefits. Kurgan: Publishing KSU – 2007. – 207 p. **5.** *Rogov V.A.* Methodology and practice of technical experiments / *Rogov V.A.* Proc. benefits. for high schools. – Moscow: – The Academy, 2005. – 283 p. **6.** *Karachinov V.A.* Injector fuel injection gasoline engines / *Karachinov V.A., Ilyin S.V.* Vestn. Novgorod State. Univ. – 2004. – No26. P. 155-160. **7.** *Abramchuk F.I.* Engines: Tutorial / *Abramchuk F.I., Gutarevych Y.F., K. E. Dolganov, Dimchenko I.I.* – Kiev: Aristey – 2006. – 476 p. **8.** *Gutarevych E.F.* Ecology and road transport / *Gutarevych E.F., D.F. Zerkalov, Govorun A.G., Korpach A.A., Merzhyyevska L.P.* Manual. – Kiev: Aristey – 2006. – 292 p. **9.** *Adler Y.P.* Planning an experiment in the search for optimal conditions / *Y.P. Adler, E.V. Markova, Y.V. Granovsky.* Ed. second revised. and add. – Moscow: Nauka – 1976. – 279 p. **10.** *Krasovskii G.I.* Experimental Design / *G.I. Krasovskii, G.F. Filaretov* . – Mn: Publishing – BGU – 1982. – 476 p.

Надійшла (received) 02.02.2012