

УДК 629.113

Ю.Ф. Гутаревич, професор, д-р техн. наук,

В.В. Славін, аспірант

Національний транспортний університет, вул. Суворова 1, м. Київ, Україна, 01101

ПОЛІПШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ З КАРБЮРАТОРНИМИ ДВИГУНАМИ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В статті наведено результати експериментальних і розрахункових досліджень двигуна з іскровим запалюванням і автомобіля з різними системами живлення.

Ключові слова: показники роботи, карбюраторна система живлення, система впорскування.

Вступ. Автомобільний парк України станом на 2011 рік становив 9313 тис. од. із них: вантажних автомобілів - 13,4%; автобусів - 2,7%; легкових автомобілів - 74,1%; інші (мотоцикли й спеціальні транспортні засоби) - 9,8% [1]. Як видно, переважаюча частка транспортного сектору країни належить легковим автомобілям, до того ж більшість із них знаходиться у приватній власності, так як у всіх розвинених країнах світу.

Одночасно існує тенденція приросту легкових автомобілів, так у 2011 році їх кількість зросла на 23% в порівнянні з 2006 роком [1], що в основному відбувається за рахунок нових автомобілів. Таке зростання пояснює зростаючі потреби населення в тих благах, які надає автомобіль. З іншого боку, діяльність автомобільного транспорту підвищує екологічне навантаження та завдає значних енергетичних втрат, адже транспорт є найбільшим споживачем світлих нафтопродуктів. До того ж він займає чільне місце серед існуючої групи пересувних джерел забруднення повітря. У містах, наприклад, частка у викидах забруднюючих речовин (ЗР) автомобільними двигунами досягає 90%.

Постановка проблеми. Відповідно до практики європейських країн щодо регулювання рівня викидів ЗР автотранспортними засобами (г/км) у нашій країні, з 2006 року, впроваджено екологічні норми Євро-2. До набуття чинності Закону України від 06.07.2005 № 2739-IV (про введення норм Євро-2) усі автомобілі українського та російського виробництва, зареєстровані в Україні, відповідали нормам Євро-0, переважна частка інших автомобілів, імпортованих в Україну, відповідала нормам Євро-0 – Євро-3. Відповідно цьому, значна частка легкових автомобілів виробництва колишнього СРСР з екологічним рівнем Євро-0 експлуатуються з карбюраторними двигунами [2]. Так як екологічні показники цих двигунів відповідають нормам, які були актуальні на момент їх виробництва (наприклад, модельний ряд автомобілів ВАЗ починаючи з 1970 року і завершуючи випуск легкових автомобілів з такими системами в 2002 році, через введення в Росії – «Євро-2»), робить їх основним джерелом ЗР в містах.

У зв'язку з цим автовиробники встановлюють на нові автомобілі, які раніше були в експлуатації з карбюраторним двигуном сучасні системи впорскування із системами зниження токсичності відпрацьованих газів (ВГ) для підтримання тих чи інших екологічних норм. Тому доцільним є використання цього напрямку щодо покращення показників автомобілів, які знаходяться в експлуатації з карбюраторними двигунами.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Попередній досвід засвідчив, що заміна карбюратора електронною системою впорскування дозволяє значно покращити основні показники автомобілів в умовах експлуатації [3]. Проведені експериментальні і розрахункові дослідження показали, що система впорскування типу LE-Jetronic, налаштована на роботу за збідненого складу суміші (α зросло від 1,0 до 1,2), сприяє покращенню паливної економічності, екологічних та енергетичних показників автомобіля ВАЗ-2106.

Між тим поступове впровадження жорсткіших екологічних норм передбачає удосконалення конструкції двигуна, модернізацію систем впорскування палива, використання систем очищення ВГ та уловлювання випарів бензину тощо.

Постановка задачі. В лабораторії «Випробування двигунів» кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету для підтримання діючих екологічних норм легковими автомобілями, що експлуатуються з карбюраторним двигуном, проводяться порівняльні експериментальні дослідження бензинового двигуна 4Ч7,6/6,6 із штатною карбюраторною системою живлення (СЖ) і сучасною електронною розподіленою системою впорскування бензину (ЕРСВБ) типу LH-Motronic, яка підтримує зворотній зв'язок для ефективної роботи трикомпонентного каталітичного нейтралізатора (ТКН). Детальний опис конструкції і принцип роботи цієї системи представлено в роботі [4].

Матеріали і результати досліджень. Порівняльні дослідження паливної економічності, енергетичних та екологічних показників двигуна проводились у широкому діапазоні швидкісних і навантажувальних режимах, які відображають різноманітні умови експлуатації легкових автомобілів.

Навантажувальні характеристики двигуна з обома СЖ при частоті обертання вала двигуна $n_d=2000 \text{ хв}^{-1}$ показано на рисунку 1.

Як видно з рисунка 1 а, система впорскування покращує паливну економічність двигуна.

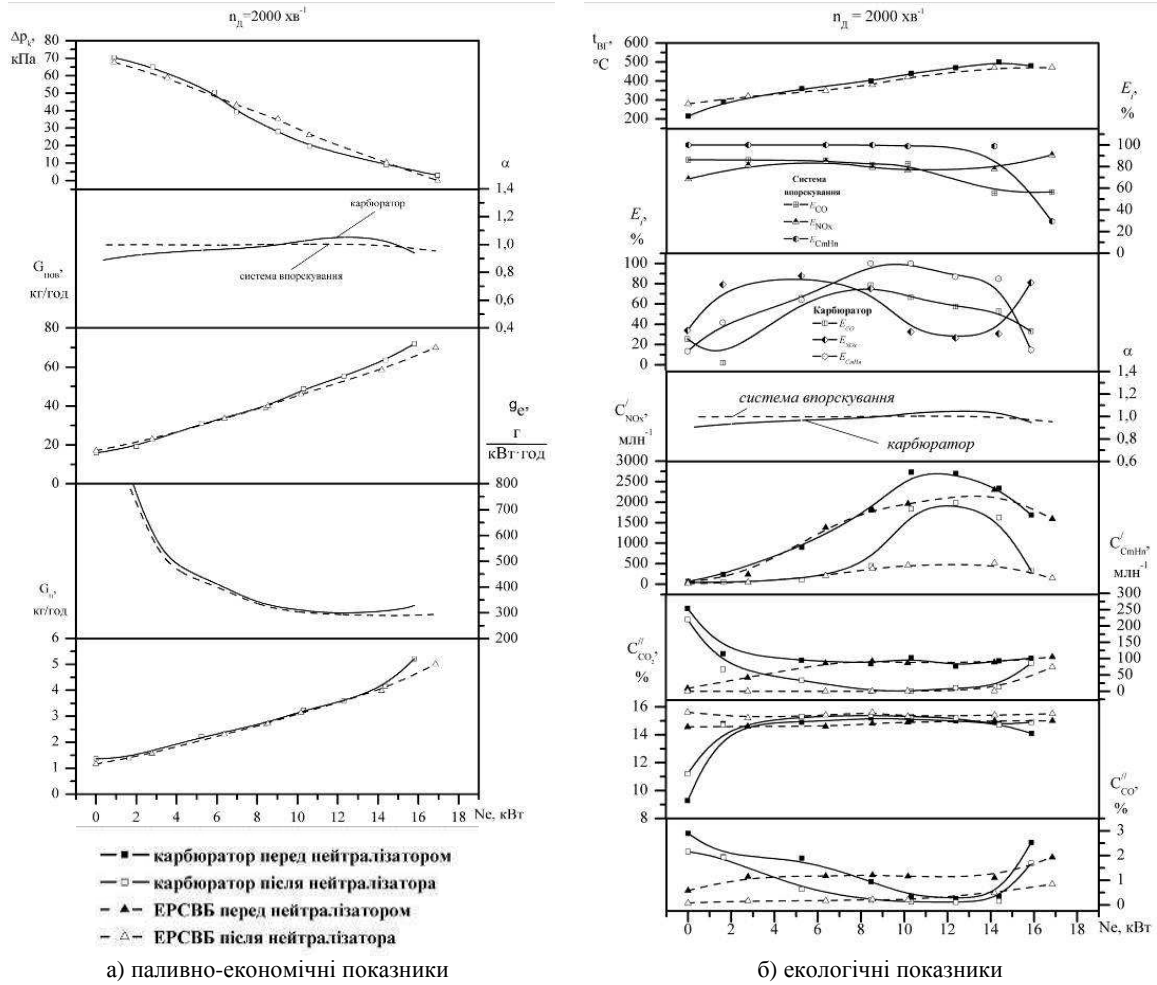


Рисунок 1 – Навантажувальні характеристики двигуна 4Ч7,6/6,6 з різними СЖ

Зниження питомої витрати палива по навантажувальній характеристиці в середньому складає 5%. Підвищились енергетичні показники двигуна, при повному навантаженні потужність двигуна з системою впорскування зросла на 6,6%.

При роботі двигуна з системою впорскування покращуються екологічні показники (рисунок 1 б). Про це свідчать низькі концентрації ЗР у ВГ до і після ТКН, через більш рівномірний розподіл палива по циліндрах двигуна, а також використання системи зворотного зв'язку, що підтримує стехіометричний склад суміші у всьому діапазоні навантажувальній характеристики, окрім режиму повного навантаження (α знаходиться в межах 0,96).

При використанні карбюраторної СЖ склад паливоповітряної суміші залежить від режиму роботи двигуна, що є принциповою особливістю роботи системи. В режимах малих навантажень і холостого ходу мають місце підвищені концентрації продуктів неповного згоряння (CO , C_mH_n) в порівнянні з системою впорскування (рисунок 1 б). В діапазоні середніх навантажень і близьких до повного при карбюраторній СЖ концентрації NO_x також вищі, що пояснюється збідненням паливоповітряної суміші. Температура ВГ ($t_{вг}$) вища в тих навантаженнях, де паливоповітряна суміш більш бідна з тією чи іншою системою. В області найбільш ефективного згоряння ($\alpha = 1,03...1,05$), де концентрації CO і C_mH_n мінімальні, концентрація оксидів азоту найбільша, що пояснюється високими температурами процесу згоряння і достатньою кількістю кисню для протікання термічних реакцій утворення NO_x . В зоні збагачення суміші ($\alpha = 0,95-0,94$) концентрації NO_x трохи нижчі, хоча температура згоряння максимальна. Це є наслідком недостатньої кількості кисню. В режимах холостого ходу оксиди азоту практично відсутні.

Отже, різна зміна складу суміші з тією чи іншою системою відобразиться на роботі ТКН, що характеризується коефіцієнтом перетворення i -ї ЗР (E_i , %). Як видно з рисунку 1 б, в режимах холостого ходу ефективність нейтралізації CO і C_mH_n , знаходиться в межах 86...100% для системи впорскування, а

з карбюраторною СЖ 13...25% відповідно. В навантажувальних режимах до збагачення паливоповітряної суміші, нейтралізація ЗР CO і C_mH_n при використанні ЕРСВБ становить 79...100%, з карбюратором відповідно 45...78%. При повному навантаженні відбувається збагачення паливоповітряної суміші ($\alpha = 0,95-0,94$), знешкодження нейтралізатором ЗР для обох систем знижується. Ефективність нейтралізації оксидів азоту в усьому діапазоні навантажувальної характеристики підвищується від 69% до 91% з системою впорскування, що пояснюється зростанням температури ВГ ($t_{вг}$). До того ж двигун з карбюраторною СЖ має меншу ефективність нейтралізації NO_x (34...81%), що пояснюється відхиленням складу паливоповітряної суміші від стехіометричного. Таким чином, використання системи впорскування знижує концентрації ЗР у ВГ, а підтримання стехіометричного складу суміші, завдяки зворотному зв'язку, сприяє ефективному перетворенню ЗР- CO , C_mH_n , NO_x в нешкідливі CO_2 , H_2O , N_2 .

Відомо, що об'єктивні дані про показники автомобіля, можна одержати під час випробування в режимах руху, які найбільш поширені в експлуатаційних умовах. Згідно з цим за результатами стендових випробувань двигуна і стендових автомобіля з використанням математичного моделювання окремих режимів роботи двигуна і руху автомобіля, досліджувався вплив типу СЖ на показники автомобіля в міському їздовому циклі. Враховуючи дані, які одержано під час стендових випробувань двигуна, визначалися коефіцієнти поліноміальних залежностей, які описують енергетичні, паливно-економічні та екологічні показники двигуна як джерела ЗР та споживача палива і повітря для внесення в математичні моделі руху автомобіля з різним типом СЖ. Математична модель, побудована на основі методики дослідження експлуатаційних властивостей автомобілів в системі «водій-автомобіль-дорога», відтворює рух автомобілів за Європейським міським їздовим циклом, згідно Правил СЕК ООН №83. За результатами розрахунку на математичних моделях отримані графічні зображення зміни витрати палива автомобіля ВАЗ – 21051 з різними типами СЖ (рисунок 2).

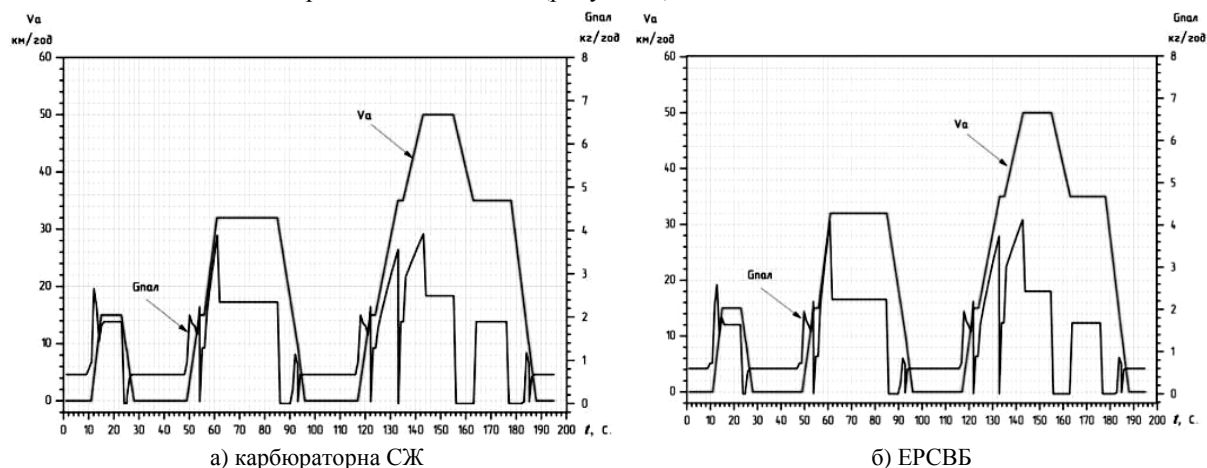


Рисунок 2 – Змодельований Європейський міський їздовий цикл автомобіля ВАЗ – 21051

З рисунка 2 видно, що витрата палива менша у випадку застосування ЕРСВБ, зокрема в режимах холостого ходу, усталеному русі та в режимах примусового холостого ходу. В таблиці 1 представлено результати розрахунку витрати палива за математичною моделлю автомобіля ВАЗ –21051 з карбюраторною СЖ та ЕРСВБ.

Таблиця 1 – Результати розрахункових досліджень витрати палива в міському їздовому циклі

Показники роботи автомобіля	Тип системи живлення		Зміна показників, %
	Карбюратор	ЕРСВБ	
Витрата палива, $G_{налцикл}$, г/цикл	78,624	73,56	6,44
Витрата палива, $G_{налл}$, л/100км	10,489	9,813	6,44

Як видно з наведених даних, застосування ЕРСВБ знижує витрату палива автомобілем в міських умовах. Щоб підтвердити достовірність цих даних, а також підтвердити відповідність автомобіля з сучасною системою впорскування екологічним нормам Євро-2, в ДП “ДержавтотрансНДпроект” на 48-дюймовому роликівому моделюючому стенді моделі RPL1220/12C23M17/АРМ150 фірми AVL (Австрія) виконано Європейський міський їздовий цикл.

Порівняльні показники паливної економічності автомобіля з ЕРСВБ, які були отримані при розрахунку на математичній моделі та під час випробувань на роликівому моделюючому стенді наведено в таблиці 2. З таблиці 2 видно, що розрахункові показники витрати палива незначно відрізняються від тих,

що отримано під час експериментальних досліджень, що підтверджує достовірність розрахунків на математичних моделях.

Таблиця 2 – Результати розрахункових та експериментальних досліджень витрати палива в міському їздовому циклі

Показники роботи автомобіля	ЕРСВБ		Похибка, %
	Розрахункові	Експериментальні	
Витрата палива, $G_{паливкл}$, г/цикл	73,56	74,29	-0,98
Витрата палива, $G_{палил}$, л/100км	9,813	9,84	-0,27

Питомі масові викиди ЗР (г/км) з ВГ автомобіля з ЕРСВБ під час виконання їздового циклу на роликовому моделюючому стенді визначались при використанні повно-поточної системи розбавлення ВГ моделі EMMS-CVS-010, створеної ДП “ДержавтотрансНДІпроект”, та газоаналітичної системи моделі MEHA-7400DEGR фірми HORIBA (Японія).

Результати розрахунку на математичній моделі екологічних показників автомобіля ВАЗ –21051 з ЕРСВБ та отримані під час випробувань на стенді наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати досліджень екологічних показників автомобіля в міському їздовому циклі (г/км)

Показники роботи автомобіля	Євро-2, норми, г/км	Розрахункові		Експериментальні	Зміна показників, % (розрахункові / експериментальні ЕРСВБ)
		Карбюратор	ЕРСВБ	ЕРСВБ	
G_{CO}	2,2	8,94	1,43	1,08	32,7
G_{CmHn}	$\Sigma_{CmHn+NOx} = 0,5$	0,27	0,19	0,21	-8,21
G_{NOx}		0,49	0,16	0,17	-10,28
G_{CO_2}	-	213	237,82	211,52	12,43
$G_{\Sigma CO}$	-	29,98	8,49	8,93	-4,86

Як видно з наведених даних, незначні відхилення розрахункових показників руху автомобіля з системою впорскування і ТКН в міському циклі від експериментальних, зокрема сумарних ЗР, підтверджують достовірність досліджень на математичній моделі. Значні відхилення розрахункових показників CO від експериментальних можна пояснити тим, що концентрація цієї ЗР після ТКН незначна. З таблиці 3 видно, що отримані дані свідчать про значне зниження викидів всіх ЗР з ВГ після заміни карбюраторної СЖ системою впорскування. Сумарні викиди ЗР зведені до рівня агресивності CO зменшились – в 3,5 рази.

Висновки. Таким чином, експериментальні та розрахункові дослідження двигуна і автомобіля підтвердили доцільність обладнання сучасною ЕРСВБ із зворотнім зв'язком та ТКН легкові автомобілі, що знаходяться в експлуатації.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Статистичний щорічник України за 2011 рік / [під ред. О. Г. Осауленка., від. за випуск В. А. Головка]. – Київ: «Техніка», 2011. – 674 с.
2. Уведення екологічних норм Євро-3–Євро-6 в Україні, аналіз структури парку автомобілів за екологічними ознаками / А.М. Редзюк., В.С. Устименко., О.А. Клименко [та ін.] //Автошляховик України. – 2011.– №4. – С. 2–7.
3. Гунько А.В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників в умовах експлуатації: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.20 / Гунько А. В. – К., 2006. – 185 с.
4. Гунько А.В. Шляхи зниження шкідливих викидів легковими автомобілями в умовах експлуатації / А.В. Гунько, В.В. Славін, І.В. Манько // «Вісник НТУ». – 2011. – №22. – С. 118– 126

Надійшла до редакції 27.04.2013 р.

Гутаревич Ю.Ф., Славін В.В. Улучшение показателей легковых автомобилей с карбюраторными двигателями в условиях эксплуатации

В статье приведены результаты экспериментальных и расчетных исследований двигателя с искровым зажиганием и автомобиля с разными системам питания.

Ключевые слова: показатели работы, карбюраторная система питания, система впрыска.

Gutarevich Y.F., Slavin V.V. Improvement indexes of automobile with engine with carburetor in working conditions

This article results of experimental and theoretical research engine with spark-ignition and automobile with various feed system.

Keywords: performance parameter, carburetor feed systems, fuel injection system.