

УДК 629.113

Ю. Ф. ГУТАРЕВИЧ, д-р. техн. наук, проф., НТУ, Київ;
В. В. СЛАВІН, викладач ХНУ, Хмельницький

ВПЛИВ ТИПУ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

Визначено ефективність нейтралізації шкідливих речовин, зокрема відновлення NO_x , трикомпонентним каталітичним нейтралізатором при встановленні різних систем живлення. Проведені дослідження автомобіля і двигуна щодо визначення впливу карбюраторної системи живлення та системи впорскування бензину із зворотнім зв'язком на ефективність трикомпонентного каталітичного нейтралізатора відпрацьованих газів. В результаті проведених досліджень визначено, що максимальна ефективність нейтралізатора, що визначається складом суміші, забезпечується системою впорскування бензину із зворотнім зв'язком.

Ключові слова: легкові автомобілі, система живлення, зворотній зв'язок, каталітичні нейтралізатори, шкідливі речовини, екологічні норми, дослідження.

Вступ. Легкові автомобілі складають основну частину автопарку нашої країни, що підтверджують дані статистичних досліджень [1], за якими загальна кількість автотранспорту в 2011 р. склала 9313 тис. од., з яких категорії М1 - 74,1%. До того ж переважна частина легкових автомобілів знаходиться в експлуатації з карбюраторними двигунами. Оцінити загальну кількість автомобілів з карбюраторними системами живлення, які є в експлуатації, сьогодні важко через те, що нині зупинено проведення періодичних заходів, спрямованих на перевірку відповідності транспортних засобів технічним нормам заводу-виробника, у ході яких створювалась база автомобілів із зазначенням типу встановленого двигуна. Дізнатися про кількість автомобілів з такими системами можна охарактеризувавши експертні дані у роботі [2], які свідчать про те, що станом на кінець 2010 р. парк автомобілів категорії М1 загальною кількістю 6769,3 тис. од. мав таку орієнтовну структуру за екологічними властивостями:

- відповідних Євро-0 - 4470-4870 тис. од. (66-72 %);
- відповідних Євро-1 - 60-130 тис. од. (1-2 %).

Як видно з цих даних, значна кількість автомобілів екологічного рівня «Євро-0» експлуатуються з карбюраторними системами живлення, тоді як екологічні норми «Євро-1» підтримують автомобілі з окислювальними нейтралізаторами відпрацьованих газів. Основним представником автомобілів з карбюраторними системами живлення, які експлуатуються на території України є модельний ряд марки ВАЗ. Згідно даних в роботі [3] в м. Києві автомобілі з карбюраторними системами живлення складають 55,8 % (291172 тис. од.) вітчизняного виробництва та країн СНД, частка автомобілів марки ВАЗ 2101, 02, 011, 03-07 складає 41 % (121609 тис. од.).

Нині незважаючи на значний термін експлуатації автомобілів з карбюраторними двигунами вони продовжують виконувати транспортну роботу, через низку об'єктивних обставин, таких як ціна на всю номенклатуру запасних частин, низьку трудомісткість робіт з технічного обслуговування, високу ремонтпридатність тощо.

Як відомо, відпрацьовані гази карбюраторних двигунів є більш токсичні ніж двигунів з сучасними системами впорскування бензину і нейтралізації відпрацьованих газів.

Відповідно до Закону України “Про деякі питання ввезення на митну територію України транспортних засобів” від 06.07.2005 р. № 2739-IV в Україні було введено

© Ю. Ф. Гутаревич, В. В. Славін, 2014

екологічні норми рівня «Євро-2». Підтримання цих норм карбюраторними двигунами, заводи-виробники забезпечили шляхом заміни карбюратора системою впорскування бензину і встановленням у випускній системі двигуна трикомпонентного каталітичного нейтралізатора відпрацьованих газів, що разом із зворотнім зв'язком по складу відпрацьованих газів представляють систему нейтралізації.

Аналіз основних досліджень і літератури. Одним із напрямів поліпшення екологічних показників автомобілів з карбюраторними двигунами в умовах експлуатації, є установка в системі випуску двигуна каталітичного нейтралізатора відпрацьованих газів. Досвід з встановлення каталітичних нейтралізаторів відпрацьованих газів на автомобілі розпочатий в США з 1975 р., де був виданий нормативний акт, який забороняє експлуатацію автомобілів без каталітичних нейтралізаторів [4]. Такі пристрої нейтралізують у відпрацьованих газах шкідливі речовини більш ніж на 90 %, що посприяло значному скороченню викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. Наприклад, за період 1970-2004 р. р. токсичність відпрацьованих газів американських автомобілів з бензиновими двигунами по монооксиду вуглецю CO зменшилася практично в 20 разів, по незгорівших вуглеводнях C_mH_n і оксидах азоту NO_x – більш ніж в 30 і 15 разів відповідно [5].

В Західній Європі до введення «Євро-1» середній європейський автомобіль з чотирициліндровим двигуном потужністю 75 кВт (100 к.с.) при щоденному пробігу 100 км викидав в атмосферу за рік 300 кг (8,2 г/км) CO, 20 кг (0,548 г/км) C_mH_n і 40 кг (1,09 г/км) NO_x , тобто 360 кг шкідливих для людини і навколишнього середовища речовин. Норми «Євро-1», які передбачають встановлення окислювальних нейтралізаторів, забезпечили зниження викидів по CO до 2,75 г/км, C_mH_n – до 0,3 г/км, NO_x – 0,62 г/км, що для середнього міського автомобіля з бензиновим двигуном складає відповідно 0,996, 0,105 і 0,226 т в рік.

Взаємозв'язок між автомобілебудівною промисловістю та науково-технічним прогресом не тільки забезпечує ефективний соціально-економічний розвиток суспільства, а й завдає шкоди йому токсичними речовинами відпрацьованих газів.

В зв'язку з цим, ріст автопарку, форсування двигунів є однією з умов введення обмежень щодо рівня викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами автомобілів, які приводяться до визначених екологічних показників, і зобов'язані підтримувати автомобілі протягом усієї експлуатації. Посилення екологічних норм до автотранспорту, коли особливої уваги привернула проблема знешкодження більш токсичних оксидів азоту посприяли появі трикомпонентних каталітичних нейтралізаторів. З 1993 р. їх масово розпочали встановлювати на всі європейські автомобілі з системою впорскування бензину, що забезпечило виконання норм рівня «Євро-2».

Якщо раніше у двокомпонентних (окислювальних) нейтралізаторах в якості каталізаторів використовували платину та паладій, які забезпечують окислення CO в CO_2 , а C_mH_n у CO_2 і H_2O , то трикомпонентний каталітичний нейтралізатор містить родій, що забезпечує відновлення NO_x в молекулярний азот N_2 [6]. Ефективність роботи трикомпонентного каталітичного нейтралізатора в межах 90-95 % досягається за умови підтримання стехіометричного складу суміші ($\alpha=1$), що забезпечується системою впорскування бензину з зворотнім зв'язком.

Мета дослідження. Так як досвід використання двокомпонентних каталітичних нейтралізаторів на карбюраторних двигунах показав ефективну нейтралізацію CO і C_mH_n , доцільним є визначення ефективності нейтралізації шкідливих речовин, зокрема

методи вимірювання вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі», в системі випуску відпрацьованих газів двигуна встановлюється трикомпонентний каталітичний нейтралізатор моделі 2110-1206010-13 типу 2110-2112, «Атекс», м. Тольятті, Росія (табл. 1).

Таблиця 1 – Технічна характеристика трикомпонентного каталітичного нейтралізатора

Параметр	Значення
Робочий об'єм нейтралізатора, л	1,6
Габаритні розміри, мм	370×125
Маса нейтралізатора, кг	3,6
Кількість дорожніх металів, кг/м ³	1,428
Газодинамічний опір нейтралізатора при витраті повітря 100 і 250 м ³ /год., мм.вод.ст.	не перевищує 70 і 270
Співвідношення металів платина (Pt) і (Rh)	5:1
Температура досягнення 50 % ефективності по перетворенню викидів C _m H _n	не більше 285°C
Ефективність зниження концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах, % по CO	98
по C _m H _n	98
по NO _x	95
Гарантійний термін служби в складі автомобіля, тис. км пробігу	80

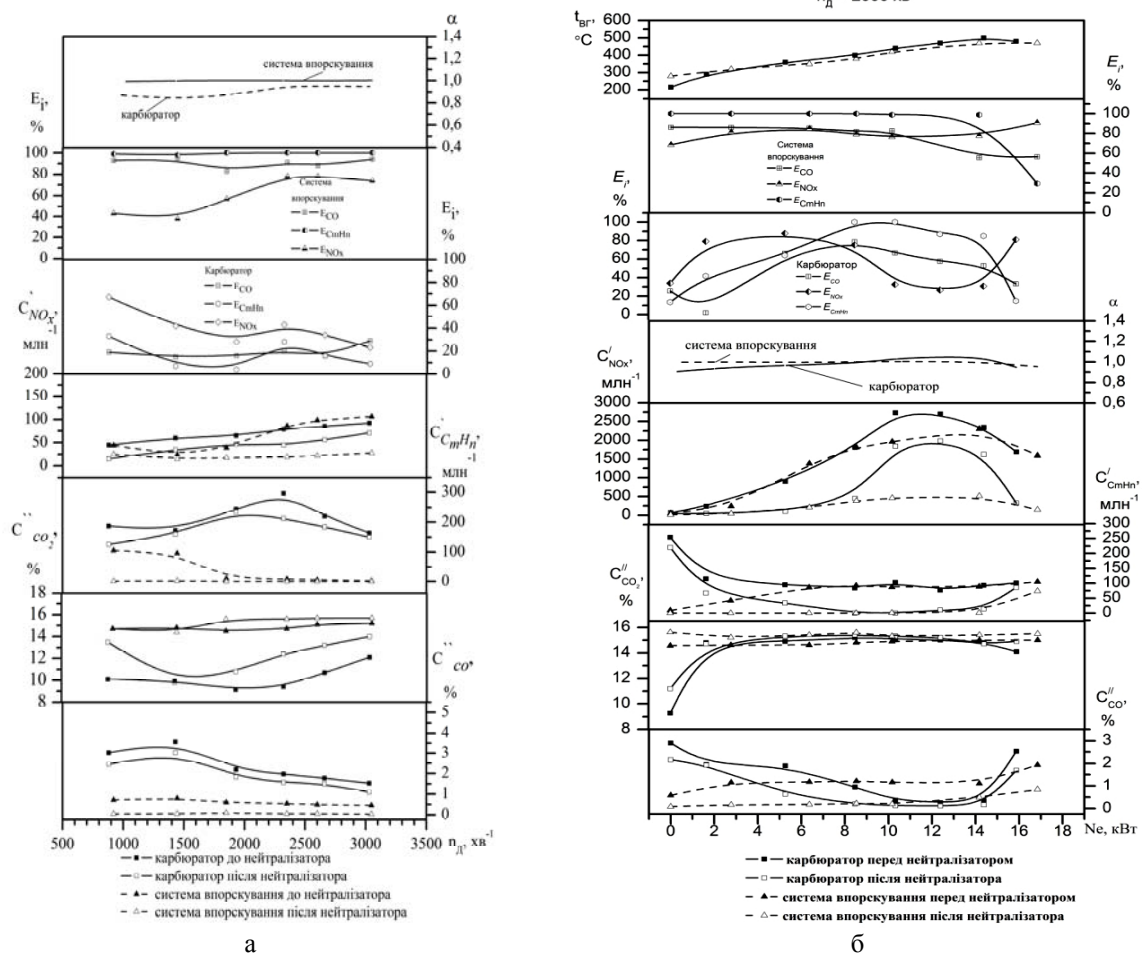


Рисунок 2 – Характеристики двигуна 4C7,6/6,6 з різним типом системи живлення: а характеристики холостого ходу; б навантажувальні характеристики

Результати досліджень. Згідно програми стендових досліджень двигуна з штатною карбюраторною системою живлення і при заміні її на електронну розподілену систему впорскування бензину із зворотнім зв'язком отримано швидкісні та навантажувальні характеристики, в режимах, які використовуються в експлуатації для визначення ефективності нейтралізації (E_i) трикомпонентного каталітичного нейтралізатора з цими системами (рис. 2).

Як видно з характеристики холостого ходу (рис. 2 а) заміна карбюратора системою впорскування бензину із зворотнім зв'язком забезпечує стехіометричний склад суміші ($\alpha \approx 1$) в усіх заданих режимах характеристики. Робота двигуна при такому складі суміші забезпечує ефективну нейтралізацію CO, C_mH_n у межах 88...100 % в усьому швидкісному режимі. Ефективність нейтралізації NO_x при частотах обертання 2350...3050 xv^{-1} знаходиться в межах 73...78 %, і лише при низьких частотах ефективність нейтралізації NO_x знижується до 43,2 %, що пояснюється зниженням температури відпрацьованих газів ($t_{гз}$), які надходять в трикомпонентний каталітичний нейтралізатор. Двигун з штатним карбюратором змінює склад суміш в залежності від характеристик дозуючого пристрою систем, які безпосередньо визначаються швидкісним режимом двигуна (рис. 2 а). Через це ефективність нейтралізації шкідливих речовин при карбюраторній системі по всім складовим значно нижча (CO, C_mH_n у межах 20...30 %) за винятком нейтралізації NO_x за низьких частот обертання (68 %), що можна пояснити більш високими температурами відпрацьованих газів ($t_{гз}$) перед нейтралізатором [7].

Для прикладу на рис. 2 б представлена навантажувальна характеристика двигуна (при частоті обертання колінчастого вала двигуна 2000 xv^{-1}) за роботи з різним типом системи живлення [7-8]. Різна зміна складу суміші з тією чи іншою системою відобразатиметься на концентраціях шкідливих речовин на виході з трикомпонентного каталітичного нейтралізатора. В режимах холостого хода ефективність нейтралізації CO і C_mH_n , знаходиться в межах 86...100 % для системи впорскування, а з карбюратором відповідно 13...25 %. В навантажувальних режимах до збагачення паливо-повітряної суміші, нейтралізація CO і C_mH_n при використанні системи впорскування становить 79...100 %, з карбюраторною системою відповідно 45...78 %. При повному навантаженні відбувається збагачення суміші ($\alpha=0,95-0,94$), коефіцієнт E_i для обох систем знижується. Ефективність нейтралізації NO_x в усьому діапазоні навантажувальної характеристики підвищується від 69 % до 91 % з системою впорскування, що пояснюється зростанням температури відпрацьованих газів ($t_{гз}$). До того ж робота двигуна з карбюраторною системою забезпечує меншу ефективність нейтралізації NO_x (34...81%), що пояснюється відхиленням складу суміші від стехіометричного.

Наступні дослідження автомобіля проводились на моделюючому роликовому стенді, де керуючись положеннями Правил ЄЕК ООН №83 виконувався рух автомобіля за режимами Європейського міського циклу для перевірки відповідності його обладнання системами впорскування та нейтралізації відпрацьованих газів екологічним нормам «Євро-2». Після цього міський цикл повторювався без системи нейтралізації відпрацьованих газів. Результати проведених досліджень автомобіля з системою впорскування на моделюючому роликовому стенді наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Екологічні показники автомобіля з різними системами живлення та нейтралізатором, визначені за пробігу Європейського міського циклу (г/км)

Показник	Система впорскування/ Стендові дослідження			Карбюраторна система/ Розрахункові дослідження	
	без нейтралізатора	з нейтралізатором	Євро-2	без нейтралізатора	з нейтралізатором
G_{CO}	5,882	1,08	2,2	19,333	8,94
$G_{C_mH_n}$	1,549	0,21	$\Sigma 0,5$	1,11	0,27
G_{NO_x}	1,281	0,17		0,97	0,49
G_{CO_2}	186,532	211,52		185,957	213

У цій же таблиці наведені розрахункові дані, отримані на математичній моделі руху автомобіля в міському циклі з штатною карбюраторною системою живлення і трикомпонентним каталітичним нейтралізатором.

З наведених даних видно, що масові викиди шкідливих речовин найменші з системою впорскування. Встановлення трикомпонентного каталітичного нейтралізатора на двигун з системою впорскування бензину з зворотнім зв'язком зменшує масові викиди CO в 5,5 рази, C_mH_n і NO_x в 7,4 та 7,5 разів відповідно, при цьому підтримуються екологічні норми «Євро-2». Значний вміст CO_2 після нейтралізатора свідчить про ефективний перебіг реакцій окислення основних шкідливих речовин з утворенням нетоксичних речовин.

Розрахункові дослідження на математичній моделі показали, що встановлення трикомпонентного каталітичного нейтралізатора відпрацьованих газів на автомобіль з карбюраторною системою не забезпечить ефективної нейтралізації шкідливих речовин на тому рівні, яка одержана за обладнання двигуна системою впорскування бензину. Проте використання нейтралізатора на двигуні з карбюраторною системою має ефект, який спостерігається у зниженні питомих викидів CO в 2,2 рази, C_mH_n і NO_x в 4 і 2 рази відповідно. З іншого боку, наявний результат не може гарантувати ефективної нейтралізації цих шкідливих речовин під час експлуатації автомобіля через неоднаковий склад суміші, яку готує карбюратор.

Висновки. В результаті проведених досліджень визначено, що максимальна ефективність нейтралізатора, що визначається складом суміші, забезпечується системою впорскування бензину із зворотнім зв'язком. Такі умови роботи дозволяють виконати автомобілем екологічні норми «Євро-2». При цьому на карбюраторних двигунах трикомпонентний каталітичний нейтралізатор на відміну від окислювальних, забезпечує деяке зниження масових викидів NO_x .

Список літератури: 1. Статистичний щорічник України за 2011 рік: [під ред. Осауленка О. Г.; від. за випуск Головка В. А.]. – 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. Кульбако В. П. Вибір середньостатистичного автомобіля при проведенні досліджень по визначенню ефективності заходів, направлених на покращення екологічної обстановки в містах / В. П. Кульбако // Вісник НТУ. - К., 2008. Випуск 17. - с. 103-108.
4. Адамович Б. А. Каталитические нейтрализаторы отработавших газов и экологическая безопасность АТС / Б. А. Адамович / Автомобильная промышленность. – 2005. – № 1. – С. 9–12.
5. Панчишный В. И. Системы нейтрализации отработавших газов автомобильных двигателей / В. И. Панчишный // Автомобильная промышленность. – 2008. – № 10. – С. 20–22.
6. Мерзляков Ю. Г. Серийное производство отечественных нейтрализаторов отработавших газов налажено / Ю. Г. Мерзляков, А. В. Олейник // Автомобильная промышленность («АвтоВАЗагрегат»). – 2002. – № 6. – С. 3–5.
7. Славін В. В. Вплив типу системи живлення на показники роботи бензинового двигуна / В. В. Славін, І. В. Манько, С. В. Карев // Матеріали VII Всеукр. наук. конф. ТНПУ ім. В. Гнатюка. – Тернопіль, 2011. – 314-318 с.
8. Вплив типу системи живлення на екологічні показники бензинового двигуна / Ю. Ф. Гутаревич, С. В. Карев, І. В. Манько, В. В. Славін // Вісник НТУ. – К., 2011. – Част. 1, Випуск 24. – С. 86 – 93.

Надійшла до редколегії 06.03.2014

УДК 629.113

Вплив типу системи живлення бензинового двигуна на ефективність системи нейтралізації відпрацьованих газів / Ю. Ф. Гутаревич, В. В. Славін // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 8 (1051). – С. 47-53. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2078-6840.

Проведены исследования автомобиля и двигателя по определению влияния карбюраторной системы питания и системы впрыска бензина с обратной связью на эффективность трехкомпонентного каталитического нейтрализатора отработавших газов.

Ключевые слова: легковые автомобили, система питания, обратная связь, каталитические нейтрализаторы, вредные вещества, экологические нормы, исследования.

Influence of the type of the system of the feeding the gasoline engine on efficiency of the system to neutralizations perfected gas / U. F. Gutarevich, V. V. Slavin // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2014. – № 8 (1051). – P. 47-53. – Bibliogr.: 8. – ISSN 2078-6840.

Carried out researches of the car and engine to determine the influence of power carburettor and injection systems of petrol of feedback the efficiency the ternary the catalytic converter exhaust gases.

Keywords: automobile, system of feed, feedback, catalytic converters, harmful substances, environmental regulations, research.