

## ВПЛИВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ КОРЕКЦІЇ СКЛАДУ ПАЛИВОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ НА ПАЛИВНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

*Славін В.В.*, кандидат технічних наук, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна

*Манько І.В.*, кандидат технічних наук, ПП «Тойота-Україна», Київ, Україна

*Гулько А.В.*, кандидат технічних наук, Національна академія державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, Хмельницький, Україна

## THE INFLUENCE OF THE TECHNICAL STATE OF ELEMENTS OF THE CORRECTION AIR-PETROL MIXTURE ON FUEL EFFICIENCY OF THE AUTOMOBILE

*Slavin V.V.*, Candidate of Science (Engineering), Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine

*Manko I.V.*, Candidate of Science (Engineering), Toyota Ukraine, Kyiv, Ukraine

*Gunko A.V.*, Candidate of Science (Engineering), National Academy of State Border Service named after Bohdan Khmelnytskyi, Khmelnytskyi, Ukraine

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОРРЕКЦИИ СОСТАВА ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ НА ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

*Славин В.В.*, кандидат технических наук, Хмельницкий национальный университет, Хмельницкий, Украина

*Манько И.В.*, кандидат технических наук, ПИИ «Тойота-Украина», Киев, Украина

*Гулько А.В.*, кандидат технических наук, Национальная академия государственной пограничной службы Украины имени Богдана Хмельницкого, Хмельницкий, Украина

**Вступ.** Згідно останніх статистичних даних в Україні в експлуатації знаходиться 9 562 тис. од. автотранспортних засобів, з яких частка легкових автомобілів складає близько 71% [1]. Реєстрація нових легкових автомобілів та пропуск на митну територію з інших країн з 2006 р. здійснюється при відповідності їх екологічним нормам не нижче рівня «Євро-2» [2]. Підтримання введених екологічних норм передбачає використання в автомобілях двигунів з сучасними системами живлення бензином (систем впорскування) і систем нейтралізації відпрацьованих газів (ВГ). Отже, виробництво автомобілів з карбюраторними двигунами припиняється через невідповідність екологічним нормам, що змушує виробника модернізувати в умовах експлуатації системами впорскування і нейтралізації відпрацьованих газів (ВГ). Таким чином, введення європейських екологічних норм зменшує забруднення повітря шкідливими речовинами відпрацьованих газів (ВГ) автомобілів, що у свою чергу оновлює автопарк новою технікою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На теперішній час в Україні діють норми «Євро-4», а з першого січня 2016 р. вступають в дію екологічні норми рівня «Євро-5» як обов'язкові [3]. Забезпечення екологічних норм нового рівня автовиробниками відбувається шляхом проведення ряду конструктивних заходів: удосконалення програмного забезпечення керування роботою бензинових двигунів; встановлення каталітичних нейтралізаторів ВГ із більшим вмістом благородних металів; встановлення системи автоматичної зміни фаз газорозподілу; контроль ефективності нейтралізації ВГ; встановлення електронного керування педаллю дроселя та дросельною заслінкою. При цьому автовиробник повинен гарантувати підтримання екологічних норм на відповідному рівні протягом визначеного періоду експлуатації автомобіля, наприклад, для норм «Євро-4» цей показник складає 80 тис. км пробігу, а для «Євро-5» він збільшений до 160 тис. км.

Забезпечення ефективної роботи двигуна по всім показникам відбувається при узгодженні роботи його систем та механізмів. Використання електронного керування роботою двигуном вимагає справного стану як слідкуючих (датчиків) так і виконавчих пристроїв системи впорскування бензину (табл. 1). Як видно з табл. 1, головним керуючим пристроєм системи впорскування є електронний блок керування (ЕБК). ЕБК отримує інформацію від датчиків і надсилає сигнали виконавчим

механізмам (електромагнітні форсунки, регулятор холостого ходу, клапан адсорбера, підігрівач  $\lambda$ -датчика) забезпечуючи оптимальну роботу двигуна при заданому рівні показників автомобіля. ЕБК надсилає керуючі імпульси до модуля запалювання (МЗ) розраховуючи час заряду котушки запалювання та момент подачі іскри [4-6].

Використовуючи програмоване електронне керування двигуном забезпечується відповідний склад паливоповітряної суміші (ППС) в різних режимах роботи двигуна, що підтримує норми токсичності ВГ, паливо-економічні показники та тягово-швидкісні властивості автомобіля.

Таблиця 1 – Характеристика системи керування двигуном із розподіленням впорскуванням та зворотнім зв'язком

Електронна система керування двигуном з розподіленням впорскуванням бензину у впускний колектор двигуна та зворотнім зв'язком*							
Підсистема керування наповненням циліндрів	Підсистема керування складом паливоповітряної суміші					Підсистема керування запалюванням	
– тривалість впорскування бензину (регулювання величини свіжого заряду); – примусова подача повітря в двигун; – зміна фаз газорозподілу; – рециркуляція ВГ; – уловлювання випарів бензину.	– зворотній зв'язок (корекція складу ППС); – режим роботи двигуна; – розрахунок ППС;					– момент запалювання; – керування детонацією; – спеціальний кут випередження запалювання.	
	<i>Режими роботи двигуна та руху автомобіля</i>						
	1	2	3	4	5		6
	Система пуску і прогріву двигуна	Режим ХХ і часткового навантаження	Прискорення, уповільнення	Сталий рух	ПХХ	Режим найбільшої потужності	
– система подачі бензину (ДПДЗ, ДПКВ); – система наповнення циліндрів двигуна (ДМВП); – система визначення навантаження двигуна (ДПДЗ, ДАТ, РТП)	– система регулювання роботи двигуна (РХХ, ЕДЗ); – система корекції складу суміші: ДТОР; $\lambda$ -датчик; РХХ; ДПДЗ; ДТП; – система синхронізації: ДПКВ ( $xv^{-1}$ ), ДШ (км/год); – система вентиляції картера (РХХ; ЕДЗ); – система уловлювання випарів палива (ДШ).					– система запалювання (ДПКВ, МЗ, ЕБК); – система гасіння детонації (ДД).	
<i>Головний керуючий пристрій: електронний блок керування (ЕБК)</i>							
Виконавчі елементи			Слідкуючі елементи (датчики)				
РХХ, МЗ, РТП, СУВП; ЕМФ; ЕБН; ЕДЗ; КВЗ.			ДД; ДМВП; ДПДЗ; $\lambda$ -датчик; ДШ; ДТОР; ДПКВ; ДФ; ДАТ; ДТП.				

\*ХХ – холостий хід; ПХХ – примусовий холостий хід; ДПДЗ – датчик положення дросельної заслінки; ДПКВ – датчик положення колінчастого вала; ДТОР – датчик температури охолодної рідини; ДШ – датчик швидкості; ДД – датчик детонації; ЕБК – електронний блок керування; СУВП – система уловлювання випарів палива; РТП – регулятор тиску палива; ДМВП – датчик масової витрати повітря; ДФ – датчик фаз; ДАТ – датчик атмосферного тиску; МЗ – модуль запалювання; ДТП – датчик температури повітря; ЕМФ – електромагнітна форсунка; ЕБН – електричний бензиновий двигун; ЕДЗ – електронна дросельна заслінка.

Виділення невирішених частин. Під час руху автомобіля система впорскування забезпечує стехіометричний склад ППС. Корекція складу ППС відбувається за складом ВГ системою зворотного зв'язку –  $\lambda$ -датчик, враховуючи температуру навколишнього середовища – ДТОР і ДТП, положення дросельної заслінки – ДПДЗ і ЕДЗ та режимів роботи двигуна (КВЗ, ПДЗ, ЕДЗ).

До того ж ефективність роботи системи нейтралізації ВГ залежить від технічного стану елементів системи впорскування, які складають підсистеми керування складом ППС [7]. Слідкуючими елементами також є:  $\lambda$ -датчик та датчик температури охолодної рідини (ДТОР); датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ) системи подачі бензину і системи визначення навантаження двигуна.

При несправності  $\lambda$ -датчика з'являється нестійка робота в режимі холостого ходу ХХ, зростає витрата палива та погіршуються динамічні властивості автомобіля. При цьому невідповідна робота

$\lambda$ -датчика може спричинити перегрів каталітичного нейтралізатора, що призведе до руйнування його внутрішньої робочої поверхні та повної недієздатності.

При порушенні роботи елементів системи нейтралізації ВГ їх необхідно замінювати на нові для досягнення показників роботи автомобіля на рівні встановлених заводом-виробником. Досить часто в умовах експлуатації автовласники користуючись відповідним програмним забезпеченням вимикають зворотній зв'язок по  $\lambda$ -датчику. При цьому склад ППС під час роботи двигуна регулюється без корекції за складом ВГ, а тільки в залежності від температур повітря і охолодної рідини, частоти обертання колінчастого вала і навантаження двигуна (ДМВП, ДАТ).

Мета роботи – визначення впливу відхилення нормальної роботи елементів корекції складу ППС системи впорскування бензину на паливну економічність легкового автомобіля в режимі мінімального холостого ходу та усталеного руху.

Виклад основного матеріалу. Вплив відключення зворотного зв'язку на витрату палива визначали в режимі ХХ при  $n_d = 920 \text{ хв}^{-1}$ . В результаті заміру витрати палива визначено, що при роботі двигуна з увімкненим зворотнім зв'язком витрата палива складає 0,738 л/год., тоді як при роботі без врахування регулювальних сигналів  $\lambda$ -датчика вона дещо нижча – 0,672 л/год., тобто зменшилася на 9,82 %. Робота двигуна зі зворотнім зв'язком характеризується постійним корегуванням складу ППС через вплив на відкритий стан клапана бензинових ЕМФ так, щоб відхилення складу суміші не становило більш ніж 1% від стехіометрії, а при роботі двигуна без зворотного зв'язку він працює на дещо збідненій ППС.

Об'єктом експериментальних досліджень був легковий автомобіль з бензиновим двигуном 4С7,6/66 з електронною розподіленою системою впорскування бензину та зворотнім зв'язком.

Наступним елементом системи впорскування, який корегує склад ППС враховуючи температуру охолодної рідини є ДТОР. Якісним показником роботи ДТОР є зміна опору (Ом) в залежності від температури охолодної рідини. Порушення роботи ДТОР спричиняє сильне збіднення або збагачення ППС, а при відсутності сигналу від ДТОР запуск двигуна ускладнюється або повністю унеможливується через неможливість визначити пусковий склад ППС.

Ознакою несправності ДТОР є зростання частоти обертання колінчастого вала після запуску двигуна в режимі ХХ (до  $n_d = 1600 \text{ хв}^{-1}$ ), яка поступово знижується до мінімальної ( $n_d = 912,5 \text{ хв}^{-1}$ ). Як приклад, на рис. 1 показано вплив температури охолодної рідини на корекцію складу ППС. З рис. 1 видно вплив температури охолодної рідини на корекцію складу ППС, щоб забезпечити ефективний запуск і швидкий прогрів двигуна та каталітичного нейтралізатора ВГ.

Вплив ДТОР на витрату палива визначали при проведенні експериментальних досліджень в режимі мінімального ХХ бензинового двигуна. Визначено, що витрата палива в режимі мінімальної частоти обертання колінчастого вала двигуна при відсутності сигналу від ДТОР складає 0,849 л/год., що більше в 1,26 рази ніж за роботи двигуна зі справним датчиком (0,67 л/год.).

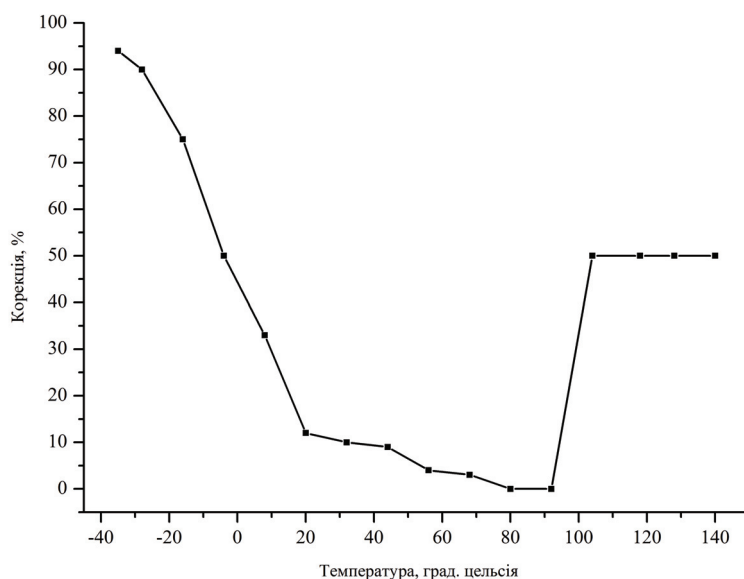


Рисунок 1 – Корекція складу ППС від температури

Невідповідний сигнал від ДТОР під час роботи двигуна окрім погіршення паливної економічності буде погіршувати ефективність роботи системи нейтралізації ВГ.

Слідкуючий елемент системи впорскування, який забезпечує рівномірне прискорення та динамічні якості автомобіля є ДПДЗ. Він забезпечує корекцію паливоподачі в залежності від положення дросельної заслінки, момент увімкнення режиму збагачення складу ППС (відключення зворотного зв'язку), очікувану витрату повітря (г/с) та вмикає режим ПХХ. Як приклад, на рис. 2 видно вплив положення дроселя (%) на увімкнення режиму збагачення ППС.

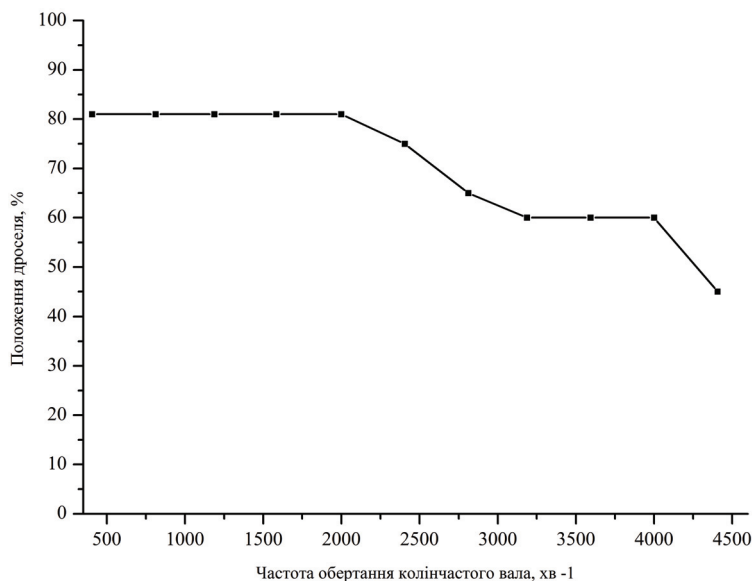


Рисунок 2 – Режими збагачення ППС від положення дроселя (%)

Проведені дослідження показали, що відсутній сигнал ДПДЗ не погіршує паливо-економічні показники двигуна (0,67 л/год.) в початковому положенні (нульова відмітка). Погіршення показників роботи двигуна з несправним ДПДЗ відбувається при корекції складу ППС в навантажувальних режимах, коли дросель відкритий на деяку величину, щоб забезпечити очікуване наповнення. Такі випробування проводилися при русі автомобіля з фіксованою швидкістю. Спочатку виконали усталений рух автомобіля в діапазоні швидкостей 20...100 км/год, які є поширеними в умовах експлуатації [8]. Потім для порівняння впливу несправного стану (відсутності сигналу) ДПДЗ і ДТОР на витрату палива здійснено порівняльні заїзди зі швидкістю 60 км/год (рис. 3).

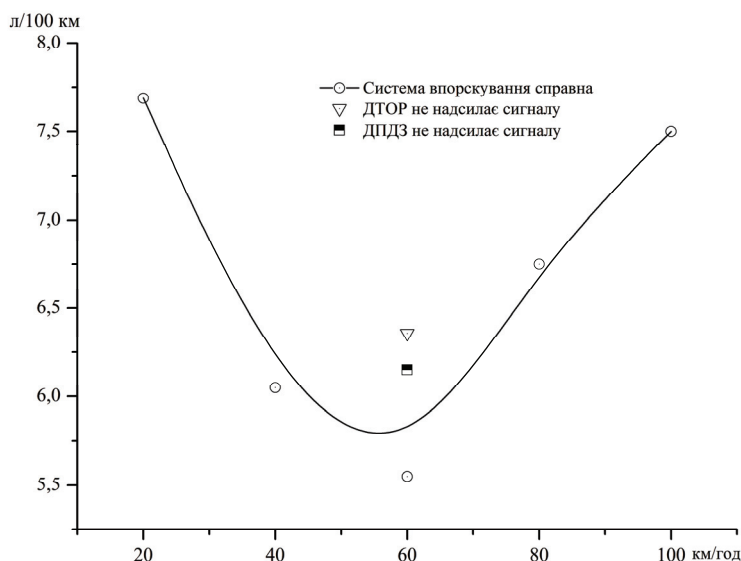


Рисунок 3 – Паливна характеристика легкового автомобіля з системою впорскування бензину

Як видно з рис. 3, при відсутності сигналів від ДПДЗ і ДТОР системи впорскування погіршується паливна економічність автомобіля у дослідній точці так як система впорскування керує двигуном в аварійному режимі, який є типовим для інших швидкостей. Потенціометричний ДПДЗ надсилає до ЕБК сигнали для розрахунку тривалості імпульсів на ЕМФ. При несправній роботі ДПДЗ розрахунок положення дросельної заслінки відбувається за даними частоти обертання колінчастого вала двигуна та масової витрати повітря. Отже, такі умови погіршують паливну економічність автомобіля при швидкості 60 км/год до 6,15 л/100 км (11%). Типовим прикладом є зростання витрати палива до 6,357 л/100 км (14,54%) при відсутності сигналу про температуру охолодної рідини від ДТОР.

Висновок. Таким чином, дослідження впливу відсутності сигналів складових підсистеми керування складом ППС на паливну економічність легкового автомобіля з сучасною системою впорскування типу LH-Motronic та системою зворотного зв'язку в режимі мінімального ХХ свідчать, що:

- відключення зворотного зв'язку зменшує витрату палива на 9,82 %;
- витрата палива при відсутності сигналу від ДТОР зростає в 1,26 рази;
- відсутній сигнал ДПДЗ не збільшує витрату палива під час роботи бензинового двигуна в нульовому положенні (режим ХХ).

Результати заміру витрати палива при русі легкового автомобіля зі сталою швидкістю 60 км/год д показали, що:

- відсутність сигналу від ДТОР збільшує витрату палива на 14,54 %;
- несправна робота ДПДЗ збільшує витрату палива на 11%;

Проведені дослідження підтвердили очікуване погіршення паливної економічності автомобіля при відсутності сигналів слідкуючих елементів підсистеми керування складом ППС в режимах характерних для експлуатації. До того ж порушення складу ППС в значній мірі вплине на ефективність системи нейтралізації ВГ та призведе до передчасної заміни каталітичного нейтралізатора.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Україна у цифрах у 2013 році: [під ред. О. Г. Осауленка., від. за випуск О. Е. Остапчук]. – Київ: Державна служба статистики України, 2014. – 240 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. 2-6.
3. Закон України «Про деякі питання ввезення на митну територію України та реєстрації транспортних засобів» від 06.07.2005 № 2739 – IV // Офіційний вісник України. – 2005. – № 30. – С. 19.
4. Славін В.В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів використанням сучасних систем впорскування бензину: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.20 / Славін В.В. – К., 2014. – 209 с.
5. Системы управления бензиновыми двигателями. Перевод с немецкого. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 432 с.
6. Управление бензиновыми двигателями. Теория и компоненты. / Перевод с английского. Учебное пособие. – М.: ЗАО «Легион Автodata», 2010. – 88 с.
7. Екологія автомобільного транспорту: навч. посібник / [Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г. та ін.]. – К.: НТУ, 2001. – 287 с.
8. Ерохов В. И. Экономичная эксплуатация автомобиля / В. И. Ерохов – М.: ДОСААФ, 1986. – 128 с.

#### REFERENCES

1. Ukraine in numbers in 2013: [O.G. Osaulenko. From. for the production of O.E. Ostapchuk]. – Kyiv: State Statistics Service of Ukraine, 2014. - 240 p. (Ukr)

2. Redzyuk A.M., Ustymenko V.S., O.A. Klimenko, O.V. Bondar. The introduction of environmental standards Euro 3 – Euro 6 in Ukraine, analysis of the automobile park on environmental grounds [Avtoshlyahovyk Ukrainy], 2011. issue 4, pp. 2 – 6. (Ukr)
3. Zakon Ukrainy [The Law of Ukraine] «On some issues of import to the customs territory of Ukraine and registration of vehicles», 2005, № 2739 – IV. 19 p. (Ukr)
4. Slavin V.V. Polipshennya palyvnoyi ekonomichnosti ta ekolohichnykh pokaznykiv avtomobiliv vykorystanniam suchasnykh system vporskuvannya benzynu. Cand, Diss. [The improvement of fuel efficiency and environmental characteristics of automobile by using modern system of fuel injection. Cand. Diss.] Kyiv, 2014, 209 p. (Ukr)
5. Systemy upravleniya benzynovymy dvihatelnyami [Control systems gasoline engines]. Moscow, «Book publishing «Driving», 2005. 432 p. (Rus)
6. Upravlenie benzynovymy dvihatelnyami. Teoriya i komponenty. [Management of petrol engines. Theory and components]. Tutorial. Moscow, «Legion Avtodata», 2010. 88 p. (Rus)
7. Gutarevych Y.F., Zerkalov D.V., Govorun A.G., Korpach A.O., Mergyevska L.P. Ekolohiya avtomobil'noho transport [Ecology of road transport]. Kyiv, NTU, 2001. 287 p. (Ukr)
8. Erokhov V.I. Ekonomychnaya ekspluatatsyya avtomobilya [The economical operation of the automobile]. Moscow, 1986. 128 p. (Rus)

### РЕФЕРАТ

Славін В.В. Вплив технічного стану елементів корекції складу паливоповітряної суміші на паливну економічність автомобіля / В.В. Славін, І.В. Манько, А.В. Гунько // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2016. – Вип. 1 (34).

У статті розглянуто результати експериментальних досліджень впливу несправностей елементів корекції складу паливоповітряної суміші на паливну економічність легкового автомобіля в режимі мінімального холостого ходу двигуна та усталеного руху автомобіля.

Об'єкт дослідження – легковий автомобіль з бензиновим двигуном 4Ч7,6/66 з електронною розподіленою системою впорскування бензину та зворотнім зв'язком.

Мета роботи – визначення впливу відхилення нормальної роботи елементів корекції складу паливоповітряної суміші на паливну економічність бензинового двигуна і легкового автомобіля.

Метод дослідження – експериментальний.

Дослідження впливу відсутності сигналів корекції складу паливоповітряної суміші на паливну економічність легкового автомобіля з сучасною системою впорскування в режимі мінімального холостого ходу свідчать, що: відключення зворотного зв'язку зменшує витрату палива на 9,82 %; витрата палива при відсутності сигналу від ДТОР зростає в 1,26 рази; відсутній сигнал ДПДЗ не збільшує витрату палива під час роботи бензинового двигуна в режимі ХХ (відкриття ДПДЗ – 0%). Замір витрати палива при русі легкового автомобіля зі сталою швидкістю 60 км/год свідчить, що: відсутність сигналу від ДТОР збільшує витрату палива на 14,54 %; несправна робота ДПДЗ збільшує витрату палива на 11%.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СИСТЕМА ВПОРСКУВАННЯ БЕНЗИНУ, АВТОМОБІЛЬ, ПАЛИВОПОВІТРЯНА СУМІШ, ХОЛОСТИЙ ХІД, УСТАЛЕНИЙ РУХ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ.

### ABSTRACT

Slavin V.V., Manko I.V., Gunko A.V. The influence of the technical state of elements of the correction air-petrol mixture on fuel efficiency of the automobile. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2016. – Issue 1 (34).

The article describes the results of experimental studies of the influence of faults elements correction air-petrol mixture in the fuel efficiency of passenger automobile in operation a minimum idling engine and steady driving.

The object of research - passenger automobile with petrol engine 4CH7,6/66 with electronic distribution system of petrol injection and feedback.

Purpose - to determine the effect of deviations malfunction elements correction air-petrol mixture in the fuel efficiency of petrol engines and automobile.

Method of research - experimental.

Investigation of the effect the absence of signal correction air-petrol mixture in the fuel efficiency of a automobile with a modern system of petrol injection mode minimum idling indicate that: disable feedback reduces fuel consumption by 9,82%; fuel consumption when no signal from the coolant temperature increases to 1,26 times; no signal throttle position sensor does not increase fuel consumption while the petrol engine in the zero position. Metering fuel flow in a automobile moving at a constant speed of 60 km/h shows that disable signal from the coolant temperature increases the fuel consumption of 14,54%; faulty throttle position sensor increases fuel consumption by 11%.

KEY WORDS: SYSTEM OF PETROL INJECTION, AUTOMOBILE, AIR-PETROL MIXTURE, IDLE RUN, STEADY MOTION, FUEL ECONOMY.

### РЕФЕРАТ

Славин В.В. Влияние технического состояния элементов коррекции состава топливоздушной смеси на топливную экономичность автомобиля / В.В. Славин, И.В. Манько, А.В. Гунько // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2016. – Вып. 1 (34).

В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований влияния неисправностей элементов коррекции состава топливоздушной смеси на топливную экономичность легкового автомобиля в режиме минимального холостого хода двигателя и установившегося движения автомобиля.

Объект исследования – легковой автомобиль с бензиновым двигателем 4Ч7,6/66 с электронной распределенной системой впрыска бензина и обратной связью.

Цель работы - определение отклонения нарушения нормальной работы элементов коррекции состава топливоздушной смеси на топливную экономичность бензинового двигателя и легкового автомобиля.

Метод исследования - экспериментальный.

Исследование влияния отсутствия сигналов коррекции состава топливоздушной смеси на топливную экономичность легкового автомобиля с современной системой впрыска в режиме минимального холостого хода свидетельствуют, что: отключение обратной связи уменьшает расход топлива на 9,82%; расход топлива при отсутствии сигнала от ДТОР растет в 1,26 раза; отсутствует сигнал ДПДЗ не увеличивает расход топлива во время работы бензинового двигателя в нулевом положении. Замер расхода топлива при движении легкового автомобиля с постоянной скоростью 60 км/ч показывает, что: отсутствие сигнала от ДТОР увеличивает расход топлива на 14,54%; неисправный ДПДЗ увеличивает расход топлива на 11%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СИСТЕМА ВПРЫСКА БЕНЗИНА, АВТОМОБИЛЬ, ТОПЛИВОВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ, ХОЛОСТОЙ ХОД, УСТАНОВИВШЕЕСЯ ДВИЖЕНИЕ, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ.

### АВТОРИ:

Славин Віктор Васильович, кандидат технічних наук, Хмельницький національний університет, ст. викладач кафедри «Теорії та методики трудового і професійного навчання», e-mail: slavinmail@ukr.net, тел. +380682071578, Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська 11.

Манько Іван Володимирович, кандидат технічних наук, ПП «Тойота-Україна», e-mail: Ivan.Manko@toyota.ua, тел. +380504486194, Україна, 01010, м. Київ, пр. Московський 24.

Гунько Андрій Веніамінович, кандидат технічних наук, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, доцент кафедри «Автомобільної та бойової техніки», e-mail: polkovnik\_2003@inbox.ru, тел. +380972519887, Україна, 29003, м. Хмельницький, вул. Шевченка, 46.

**AUTHORS:**

Slavin Viktor V., Candidate of Science (Engineering), Khmelnytskyi National University, lecturer of department «Theory and methods of labor and professional studies», e-mail: slavinmail@ukr.net, tel. +380682071578, Ukraine, 29016, Khmelnytskyi, Institutskaya str., 11.

Manko Ivan V., Candidate of Science (Engineering), Toyota Ukraine, e-mail: Ivan.Manko@toyota.ua, tel. +380504486194, Ukraine, 01010, Kyiv, Moskovs'kyi Ave, 24.

Gunko Andrey V., Candidate of Science (Engineering), National Academy of State Border Service named after Bohdan Khmelnytsky, assistant professor «Automobile and combat equipment», e-mail: polkovnik\_2003@inbox.ru, tel. + 380972519887, Ukraine, 29003, Khmelnytskyi, Shevchenko str., 46.

**АВТОРЫ:**

Славин Виктор Васильевич, кандидат технических наук, Хмельницкий национальный университет, преподаватель кафедры «Теории и методики трудового и профессионального обучения», e-mail: slavinmail@ukr.net, тел. +380682071578, Украина, 29016, г. Хмельницкий, ул. Институтская 11.

Манько Иван Владимирович, кандидат технических наук, ПИИ «Тойота Украина», e-mail: Ivan.Manko@toyota.ua, тел. +380504486194, Украина, 01010, г. Киев, пр. Московский 24.

Гулько Андрей Вениаминович, кандидат технических наук, Национальная академия государственной пограничной службы Украины имени Богдана Хмельницкого, доцент кафедры «Автомобильной и боевой техники», e-mail: polkovnik\_2003@inbox.ru, тел. +380972519887, Украина, 29003, г. Хмельницкий, ул. Шевченко 46.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Диха О.В., доктор технічних наук, професор, Хмельницький національний університет, завідувач кафедри «Зносостійкості і надійності машин», м. Хмельницький, Україна.

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Двигуни і теплотехніка», м. Київ, Україна.

**REVIEWER:**

Dykha O.V. Doctor of Technical Sciences, professor, Khmelnytsky National University, head of the department «The wear resistance and reliability of the machines», Khmelnytsky, Ukraine.

Gutarevich Y.F. Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, head of the department «Engines and Heating», Kyiv, Ukraine.