

УДК 629.113

© Славін В. В., канд. техн. наук, ст. викладач ЧНУ ім. Ю. Федьковича

## ПАЛИВНА ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМОБІЛЯ З НЕСПРАВНИМИ ВИКОНАВЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ

**Анотація.** Наведено результати експериментальних досліджень впливу несправностей виконавчих елементів системи керування двигуном на паливну економічність легкового автомобіля в умовах експлуатації.

**Ключові слова:** паливна економічність, легковий автомобіль, електромагнітна форсунка, модуль запалювання, регулятор неробочого ходу, система впорскування.

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментальных исследований влияния несправностей исполнительных элементов системы управления двигателем на топливную экономичность легкового автомобиля в условиях эксплуатации.

**Ключевые слова:** топливная экономичность, легковой автомобиль, электромагнитная форсунка, модуль зажигания, регулятор холостого хода, система впрыска.

**Annotation.** The results of experimental test on the influence of the control element fault the engine management system on the fuel efficiency of automobile in under operating conditions.

**Keywords:** fuel efficiency, automobile, electromagnetic injector, ignition module, regulator of idling, fuel injection system.

### ВСТУП

Початок запровадження в Україні європейських екологічних норм передбачав здійснення першої реєстрації та ввезення на митну територію легкових автомобілів з бензиновими двигунами з пристроями зниження токсичності відпрацьованих газів (ВГ), що відповідають екологічним показникам рівня «Євро-2». При цьому робота системи зниження токсичності ВГ ефективна на бензинових двигунах з системою впор-

скування палива і системою замкнутого стану (зі зворотнім зв'язком). Через це систему живлення багатьох бензинових двигунів модернізували, використовуючи електронне впорскування палива (EFI – Electronic Fuel Injection), розподіленого (MPI – Multi Point Injection) або центрального типу (TBI – Throttle Body Injection). Система зниження токсичності ВГ на автомобілях представлена дво- (ОСС – Oxidation Catalytic Converter) або трикомпонентним каталітичним нейтралізаторами (TWC – Three-Way Catalytic Converters). Ав-

томобілі з бензиновими двигунами екологічного рівня «Євро-2» обладнані електронною системою керування двигуном (типу Motronic) з підсистемами впорскування палива зі зворотнім зв'язком за допомогою λ-датчика й електронних запалювань, трикомпонентним каталітичним нейтралізатором ВГ та системою уловлювання випарів бензину (EVAP – Evaporative Emission Control System).

Згідно із зобов'язаннями перед Женевською угодою 1958 року, впровадженням Правил ЄЕК ООН, частина яких регламентує екологічну безпеку колісних транспортних засобів, Україна на державному рівні регулює поступове введення нових екологічних рівнів [1]. Нині вже діють екологічні норми рівня «Євро-5», а з 1 січня 2020 року в Україні наберуть чинності норми рівня «Євро-6» [2]. Підтримка колісними транспортними засобами екологічних норм високого рівня передбачає виконання низки конструктивних заходів. Для дизелів передбачається встановлення системи селективної каталітичної нейтралізації (SCR – Selective Catalytic Reduction) зі впорскуванням реагенту AdBlue, удосконалення сажових фільтрів (DPT – Diesel Particulate Filter), використання складних систем рециркуляції ВГ (EGR – Exhaust Gas Recirculation). У бензинових двигунах відбудуться зміни в програмному забезпеченні керування робочим процесом згоряння, використання індивідуальних котушок запалювання, встановлення трикомпонентних каталітичних нейтралізаторів ВГ із більшим вмістом благородних металів, використання системи автоматичної зміни фаз газорозподілу (CVVT – Continuous Variable Valve Timing), забезпечення контролю ефективності нейтралізації ВГ, встановлення електронного керування педаллю акселератора та дросельною заслінкою (EGAS – Electronic Throttle Control), впорскування легкого палива безпосередньо в циліндри двигуна (GDI – Gasoline Direct Injection) [3].

Автомобілі з системами живлення зі впорскуванням палива мають більшу потужність, їхні паливна економічність та їздові якості кращі порівняно з аналогами, оснащеними механічними системами живлення, що підтверджено багатьма експериментальними дослідженнями [4].

Не менш важливим є визначення впливу зміни технічного стану елементів системи впорскування і системи зниження токсичності ВГ на показники роботи автомобіля в умовах експлуатації. Підтримка електронної системи керування двигуном і системи зниження токсичності ВГ у технічно справному стані гарантує робочі показники автомобіля на відповідному рівні протягом визначеного періоду експлуатації, який встановив завод-виробник.

Під час роботи двигуна штатна система бортової діагностики (OBD – On Board Diagnosis) ви-

значає появу несправностей шляхом активізації світлового показчика (MIL – Malfunction Indicator Lamp) на панелі приладів водія. Якщо несправність зберігається у часі, тоді за командою блока керування двигун працює в аварійному режимі. Тривалість роботи двигуна з несправними елементами системи керування двигуном або системи зниження токсичності ВГ погіршує показники роботи.

**Метою досліджень** є визначення впливу технічно несправних виконавчих елементів системи керування двигуном на паливну економічність двигуна та автомобіля в умовах експлуатації.

**Об'єктом досліджень** є легковий автомобіль з бензиновим двигуном 4С7, 6/66, обладнаний електронною розподіленою системою впорскування бензину, зворотнім зв'язком, системою зниження токсичності ВГ і системою уловлювання випарів бензину (рис. 1) [5].

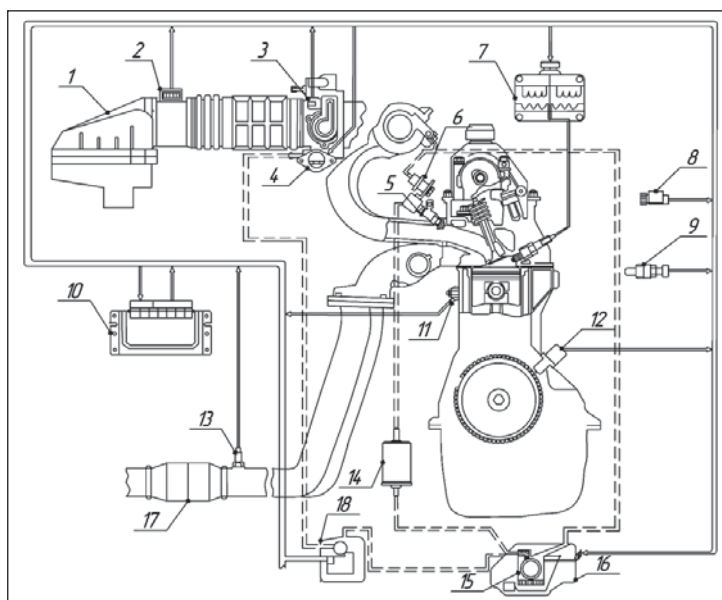


Рис. 1. Електронна система керування двигуном та система зниження токсичності ВГ

- 1 – повітряний фільтр; 2 – датчик масової витрати повітря; 3 – датчик положення дросельної заслінки;
- 4 – регулятор неробочого ходу; 5 – електромагнітна форсунка; 6 – регулятор тиску палива;
- 7 – модуль запалювання; 8 – датчик швидкості;
- 9 – датчик температури охолодної рідини;
- 10 – електронний блок керування; 11 – датчик детонації;
- 12 – датчик положення колінчастого валу;
- 13 – λ-датчик (датчик кисню); 14 – паливний фільтр;
- 15 – модуль паливного насоса; 16 – паливний бак;
- 17 – каталітичний нейтралізатор;
- 18 – адсорбер випарів бензину з керівним клапаном.

З рис. 1 видно, що електронна система керування двигуном складається із трьох функціональних груп, які мають відповідні пристрої збирання інформації, її обробки та виконавчі елементи.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА

Центральним пристроєм електронної системи керування двигуном є електронний блок керування (ECU – Electronic Control Unit), який отримує інформацію від датчиків і керує виконавчими механізмами (електромагнітними форсунками (ЕМФ), регулятором неробочого ходу (РХХ), модулем запалювання (МЗ), клапаном адсорбера, підігрівачем  $\lambda$ -датчика і керівним реле.

Відповідно до мети роботи, для дослідження витрати палива легкового автомобіля використовуються елементи підсистем системи керування двигуном, подачі повітря і палива в циліндри двигуна, іскрового розряду до свічок запалювання, представниками яких є: електромагнітні форсунки, модуль запалювання та регулятор неробочого ходу.

На виконавчі елементи покладено важливу функцію в роботі системи керування двигуном – вони забезпечують потужнісні, паливо-економічні та екологічні показники на відповідному рівні. Блок керування за сигналами датчиків надсилає керівні імпульси до ЕМФ, впорскуючи розраховану кількість палива, керує часом заряду котушок МЗ та визначає момент подачі іскри. РХХ як один із елементів дросельного вузла за командами блока керування регулює частоту обертання колінчастого валу двигуна в режимі мінімального неробочого ходу, перепускаючи повітря, яке потрапляє в обхід закритої дросельної заслінки.

Перший етап дорожніх випробувань полягав у визначенні паливної характеристики автомобіля з технічно справним станом. Умови виконання заїздів та ділянка дороги відповідають ГОСТ 20306-90. Визначення витрат палива в режимах руху та неробочого ходу здійснювалися витратоміром палива об'ємного типу. Усталений рух автомобіля виконувався в діапазоні швидкостей від 20 до 100 км/год, які є поширеними в умовах експлуатації.

Наступним етапом випробувань було визначення паливної характеристики автомобіля з несправними виконавчими елементами електронної системи керування двигуном (рис. 2).

З рис. 2 видно паливну характеристику автомобіля з несправними ЕМФ і РХХ. Дослідження показали, що несправність однієї форсунки чотирициліндрового двигуна збільшить витрату палива в середньому за характеристикою на 10%. Робота двигуна з несправними ЕМФ змушує реагувати на це електронний блок керування, який збільшує керівні імпульси на справні форсунки. ЕМФ можуть повністю припинити подачу палива через нерухомість клапана, пошкодження в електричному ланцюзі або поганий контакт електричних з'єднань, відсутність електричного імпульсу або обрив у обмотці

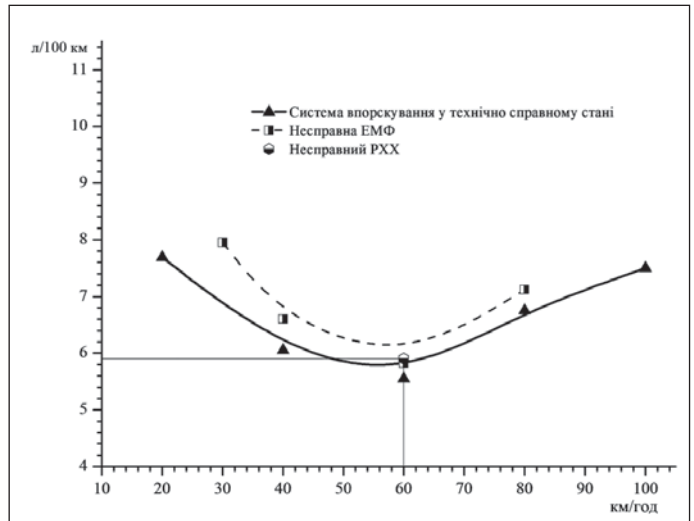


Рис. 2. Паливна характеристика автомобіля з несправними ЕМФ та РХХ

електромагніта. Розповсюдженою несправністю ЕМФ є їхнє забруднення – у процесі експлуатації смолисті відкладення з палива на клапані форсунки призводять до зменшення пропускної здатності форсунки, оскільки керівним параметром ЕМФ є тривалість її відкритого стану, а не тиск палива. Сприятливими умовами зниження продуктивності ЕМФ є зупинка двигуна, коли паливо, що залишилося у форсунці, нагрівається від нагрітих елементів двигуна, а випаровуючись, утворює смолисті відкладення на внутрішніх деталях форсунки.

Рух автомобіля з несправним РХХ збільшить витрату палива до 6 % зі швидкістю 60 км/год (рис. 2). Вихід з ладу РХХ викликає ускладнений пуск двигуна й супроводжується нестійкими обертами режимів неробочого ходу.

Наступний заїзд відбувався із несправним МЗ (рис. 3). Паливна характеристика автомобіля визначалася за відсутності іскрового розряду на свічці запалювання одного циліндра.

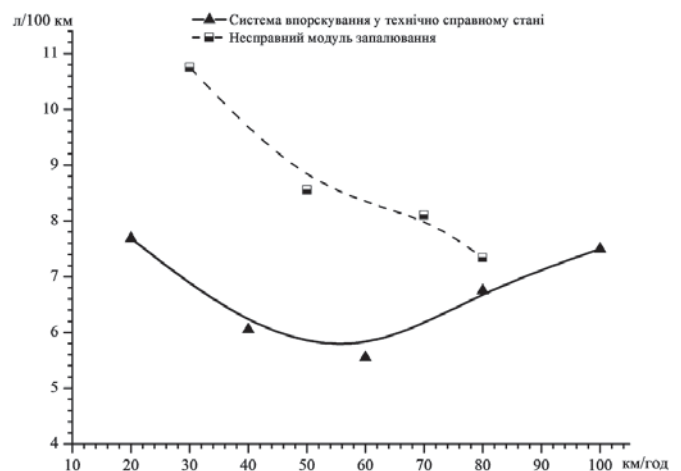


Рис. 3. Паливна характеристика автомобіля з несправним МЗ

Як видно з рис. 3, порушення запалювання робочої суміші в одному циліндрі чотирициліндрового двигуна спричиняє значне погіршення паливної економічності автомобіля. В межах швидкостей руху від 30 до 80 км/год несправність МЗ призводить до зростання витрати палива в середньому за характеристикою на 35,33 %. В умовах такої роботи системи запалювання паливо, яке не згоріло, змиває оливну плівку з робочих поверхонь циліндрів двигуна і надходить у випускну систему до пристроїв нейтралізації ВГ, здійснюючи їхнє прискорене спрацювання.

МЗ складається з двох двовивідних котушок запалювання і двоканального комутатора. Різні порушення в системі запалювання пов'язані з виходом з ладу однієї або двох котушок запалювання. Вихід із ладу однієї котушки призводить до того, що іскровий розряд буде лише на двох циліндрах.

Подальші дослідження впливу несправності виконавчих елементів системи керування двигуном на

витрату палива відбувалися в режимі мінімальної частоти обертання колінчастого валу двигуна ( $n_d = 920 \text{ хв}^{-1}$ ). За такої частоти обертання витрата палива технічно справного двигуна складала 0,814 л/год. Робота двигуна за умови несправної ЕМФ одного циліндра знижує витрату палива в 1,25 рази, двох циліндрів (1-3) – в 1,46 рази. Зниження витрати палива в цьому режимі з несправними ЕМФ відбувається в результаті підвищення індикаторного ККД та зниження механічних втрат.

Несправний РХХ у режимі мінімального неробочого ходу збільшує витрату палива незначно – в межах 2%, оскільки режим роботи є стаціонарним і, відповідно, РХХ отримує меншу кількість керівних сигналів.

У режимі мінімального неробочого ходу витрата палива за умови несправності МЗ зростає на 20% через відсутність згоряння палива в одному циліндрі двигуна.

#### ВИСНОВКИ

*Дослідження показали очікуване погіршення паливної економічності автомобіля за умови несправностей виконавчих елементів системи керування двигуном.*

*Паливна характеристика автомобіля в діапазоні швидкостей руху від 30 до 80 км/год свідчить, що:*  
– несправність однієї ЕМФ збільшить витрату палива в середньому на 10%;  
якщо швидкість руху становить 60 км/год, несправний РХХ збільшить витрату палива на 6%;  
– відсутність іскрового розряду лише на одній свічці запалювання чотирициліндрового двигуна спричиняє зростання витрати палива в середньому на 35,33%.

*Результати заміру витрати палива автомобіля в режимі мінімального неробочого ходу двигуна показали, що:*

– несправна ЕМФ одного циліндра знижує витрату палива в 1,25 рази, двох циліндрів (1-3) – в 1,46 рази;

– несправний РХХ збільшує витрату палива в межах 2%;

– відсутність згоряння палива в одному циліндрі чотирициліндрового двигуна підвищує витрату на 20%.

*У результаті порушення роботи двигуна його екологічний рівень погіршиться через зниження ефективності системи нейтралізації ВГ.*

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Міжнародні організації, конвенції та багатосторонні угоди в галузі транспорту: навчальний посібник / [за ред. А. М. Редзюка] // Автомобільний транспорт. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2009 – Т.1. – 208 с.
2. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про деякі питання ввезення на митну територію України та реєстрації транспортних засобів» щодо посилення адаптаційної спроможності та поетапного запровадження в Україні міжнародних екологічних вимог до транспортних засобів» (Закон від 08.06.2017 №2098-VIII) – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2098-19>.
3. 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). – С. 463 – 468.
4. Гутаревич Ю. Ф., Славін В. В. Поліпшення показників легкових автомобілів з карбюраторними двигунами в умовах експлуатації / Ю.Ф. Гутаревич, В.В. Славін// «Вісник СевНТУ», 2013. – № 142. – С. 36 – 40.
5. Вплив типу системи живлення на екологічні показники автомобіля в умовах експлуатації / В. В. Славін, І. В. Манько, А. В. Гунько // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2015. – № 9. – С. 69 – 75.