

УДК 629.113

**Славін В.В.**

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

**Симовинюк В.І.**

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

## ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ ПОРУШЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ

*У статті представлено результати експериментальних досліджень впливу порушення нормального технічного стану сучасної електронної, статичної системи запалювання на паливну економічність легкового автомобіля, обладнаного електронною системою керування двигуном і системою нейтралізації відпрацьованих газів, у режимах усталеного руху та неробочого ходу.*

**Ключові слова:** автомобільний транспорт, бензиновий двигун, паливна економічність, екологічні норми, система запалювання.

**Постановка проблеми.** Галузь автомобільного транспорту в Україні продовжує активно розвиватися за рахунок автомобілів як власного виробництва, так і імпортованих із країн ЄС, серед яких є нові та вживані автомобілі, що тривалий час перебувають в експлуатації.

Автомобілі є невід'ємною складовою частиною внутрішньо-економічного потенціалу країни, сприяють зростанню виробництва, забезпечують підвищення мобільності та якості життя населення, здійснюють виробничі функції в усіх галузях господарства, що мають загальнодержавне значення.

Про ріст автомобілізації свідчить кількість автомобілів на 1 000 жителів, яка в Україні знаходиться в межах 202 од. (2016 р.). Цей показник з-поміж країн ЄС на тисячу жителів є вкрай низьким, нормальним вважається рівень автомобілізації від 400 до 500 автомобілів на 1 000 жителів [1, с. 2].

Нині автомобільна транспортна система України налічує більше 9 200 тис. транспортних засобів. Зазвичай серед рухомого складу основне місце належить легковим автомобілям [2, с. 4], транспортні засоби категорії М1, згідно з останніми статистичними дослідженнями, складають 6 900,5 тис. од., що становить близько 71% від усієї кількості.

Закономірно, що більшість легкових автомобілів оснащені силовими агрегатами із двигунами з іскровим запалюванням. Причому на автодорогах

чимало легкових дизелів (20–22%) та автомобілів із бензиновими двигунами зі встановленим газобалонним обладнанням (75 тис. од. станом на 01 січня 2013 р.). Актуальність останніх силових агрегатів обумовлена тим, що дизелі мають кращу паливну економічність і високий крутний момент двигуна, зокрема в режимах малих навантажень, порівняно з бензиновими двигунами, а використання газових палив у якості моторних характеризується багатьма перевагами, серед яких основною є вартість (в середньому 42–43% від вартості бензину марки А-95+) [3, с. 15].

Відповідно до зобов'язань перед Женевською угодою 1958 р., впровадження Правил ЄЕК ООН, частина яких регламентує екологічну безпеку колісних транспортних засобів, Україна на державному рівні регулює поступове введення нових екологічних норм [4, с. 2]. Початок впровадження в Україні європейських екологічних норм передбачає здійснення першої реєстрації та ввезення на митну територію легкових автомобілів із бензиновими двигунами та пристроями зниження токсичності відпрацьованих газів, що відповідають екологічним показникам рівня «Євро-2».

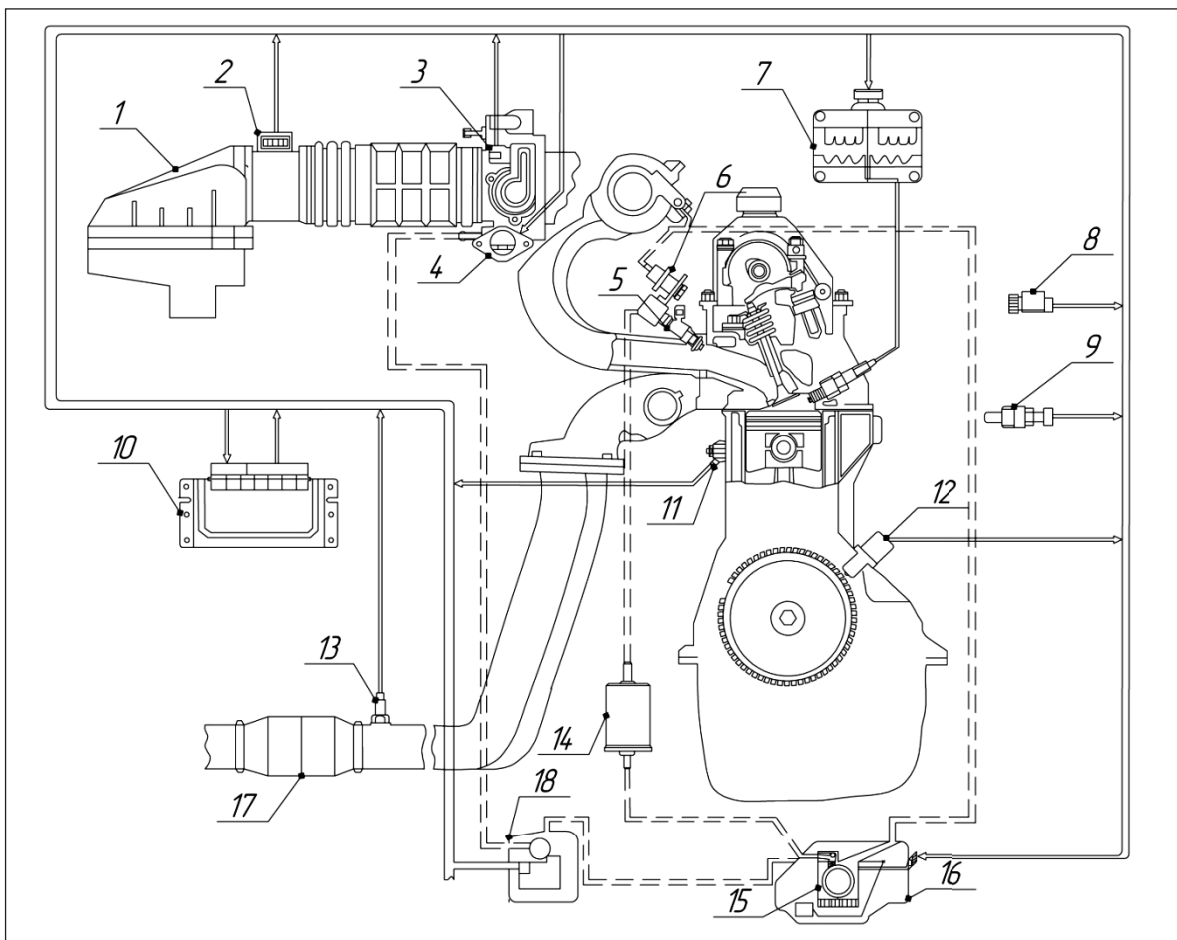
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Статистика свідчить, що автопарк України поповнюють вживані автомобілі. За даними асоціації «Укравтопром» [5, с. 1], первинний ринок легкових автомобілів, що були в експлуатації, продовжує плановірно зростати – в останньому місяці 2017 р. було поставлено на облік 6 435 од., що

становить 41% від загальної кількості первинних реєстрацій. За підсумками 2017 р., співвідношення нових і вживаних легкових автомобілів на первинному ринку також становить 59 до 41% відповідно. Протягом 2017 р. ринок майже щомісяця демонстрував зростання, внаслідок було поставлено на український облік 56 тис. 744 од. імпортих легкових автомобілів із пробігом. Це перевищило показник 2016 р. у 3,3 рази [6, с. 2].

Згідно з [6, с. 3], середній термін експлуатації транспортних засобів складає 19,6 років. Наймасовішими автомобілями є ЗАЗи та інші моделі і марки автомобілів із карбюраторними двигунами. Далі йдуть марки Volkswagen, Daewoo, Ford, і Opel [6, с. 3].

**Постановка завдання.** Позитивна динаміка росту в умовах експлуатації вживаних автомобілів негативно впливає на забруднення повітря міст,

населених пунктів шкідливими викидами відпрацьованих газів. Переважна більшість вживаних автомобілів із країн ЄС мають екологічний рівень 3, 4 або 5 класу, який, на думку власників, зберігається в часі. З пробігом система нейтралізації відпрацьованих газів бензинових двигунів потребує заміни її основних елементів. Тільки каталітичний нейтралізатор має ресурс ефективної роботи при пробігу до 100 тис. км, а  $\lambda$ -датчик може вийти з ладу значно раніше. Тому автомобілі зі значним пробігом потребують проведення якісного технічного обслуговування для підтримки експлуатаційних та екологічних показників на відповідному рівні. Вихід із ладу систем або їх елементів, які впливають на процес сумішоутворення, згоряння погіршують роботу системи нейтралізації відпрацьованих газів або ж призводять до виходу із ладу каталітичного нейтралізатора та  $\lambda$ -датчиків.



**Рис. 1.** Система розподіленого впорскування типу LH-Motronic

1 – повітряний фільтр; 2 – датчик масової витрати повітря; 3 – датчик положення дросельної заслінки; 4 – регулятор холостого 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 вала; 13 –  $\lambda$ -датчик (датчик кисню); 14 – паливний фільтр; 15 – модуль паливного насоса; 16 – паливний бак; 17 – каталітичний нейтралізатор; 18 – адсорбер випарів палива з керуючим клапаном

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для покращення екологічних показників і підтримки сучасних екологічних норм автомобілями, які перебувають в експлуатації з механічними системами живлення, пропонується обладнати їх адаптивними електронними системами впорскування бензину зі зворотнім зв'язком та електронною системою запалювання, яка у роботі з трикомпонентним каталітичним нейтралізатором дозволяє дотримуватися екологічних норм Євро-2 та Євро-3 без конструктивних змін.

Поширення електронних систем впорскування дозволяє отримати високу точність дозування (прецизійність) палива, якісне сумішоутворення (гомогенність) та високу точність розрахунку складу паливо-повітряної суміші залежно від витрати повітря, частоти обертання, температурних та атмосферних умов в усіх режимах роботи двигуна. Під час використання системи впорскування забезпечується робота двигуна за співвідношення повітря/паливо, яке є близьким до стехіометрії, що забезпечує максимальну ефективність системи нейтралізації.

Введення жорсткіших екологічних норм зумовило використання імпульсних електронних систем впорскування (EFI – Electronic Fuel Injection) палива у впускний трубопровід, це – LE-Jetronic, LH-Jetronic і Motronic як інтегрована система керування роботою двигуна (D, LH, M, ME-Motronic). У таких системах впорскування

палива відбувається через форсунку з електромагнітним керуванням, на відміну від попередніх систем із пневмомеханічним керуванням постійного багатоточкового або однотокового впорскування.

У роботі досліджується адаптивна електронна система впорскування LH-Motronic зі зворотнім зв'язком та електронною системою запалювання.

Адаптивна система впорскування LH-Motronic включає в себе (рис. 1) електронну (статичну) систему запалювання, мікрокомп'ютерне керування кутом випередження запалювання, електронну систему гасіння детонації (knock sensor), систему нейтралізації ВГ зі зворотнім зв'язком у складі ВГ, систему вловлювання випарів бензину (EVAP – Evaporative Emission Control System) [7, с. 32].

Електронний блок керування є центральним пристроєм системи впорскування, який отримує інформацію від датчиків і керує виконавчими механізмами (форсунками, регулятором холостого ходу, клапаном адсорбера, підігрівачем  $\lambda$ -датчика і різними реле), забезпечуючи оптимальну роботу двигуна при заданому рівні показників автомобіля.

Електронний блок керування розраховує імпульс впорскування (мс) форсункою палива за сигналами датчиків: масової витрати повітря; частоти обертання колінчастого вала двигуна; температури охолодної рідини. Електронна система

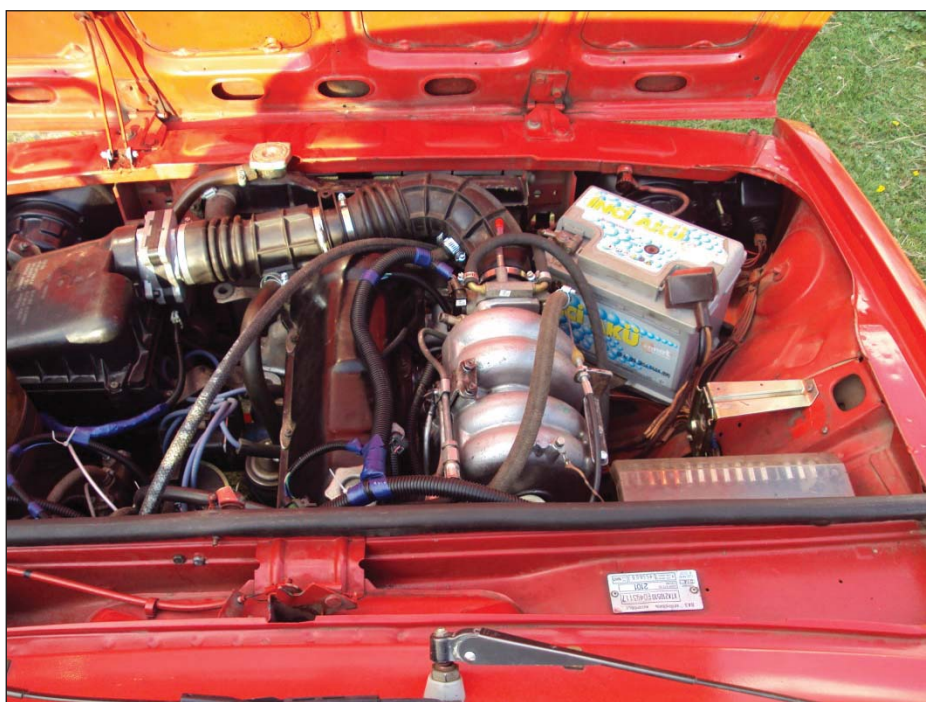


Рис. 2. Автомобіль з імітованими несправностями системи запалювання

синхронізації частоти обертання колінчастого вала двигуна забезпечує швидкий розрахунок часу та моменту впорскування палива, а також керує робочим процесом у циліндрах двигуна (усунення проявів порушення нормального згоряння).

Електронний блок керування надсилає керуючі імпульси до модуля запалювання, тим самим реалізуючи час зарядження котушки запалювання та момент подачі іскри. Електронний блок керування 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. Електронний блок керування надсилає керуючі імпульси до модуля запалювання, розраховуючи час заряду котушки запалювання та момент подачі іскри.

Однією з важливих систем кожного двигуна з іскровим запалюванням є система запалювання, призначена для забезпечення спалахування стиснутої у циліндрах бензинового двигуна робочої суміші. Спалахування робочої суміші в циліндрах двигуна відбувається за допомогою іскри – електричного розряду високої напруги, що утворюється між електродами свічки запалювання, розміщеної в камері згоряння [8, с. 56].

В автомобільних бензинових двигунах застосовують контактну та безконтактну системи запалювання.

На заміну механічним контактним системам запалювання прийшли електронні статичні системи запалювання.

Електронна система запалювання є статичною, в якій використовуються лише котушка запалювання та спеціальні високовольтні проводи свічок запалювання.

Система запалювання також комплектується частотним датчиком детонації, який визначає циліндр, у якому відбувається детонаційне згоряння, і тут же зменшує кут випередження запалювання (на  $2-5^\circ$ ) до припинення цього явища.

Датчик детонації кріпиться жорстко, найчастіше в робочій зоні 4 циліндра, і реагує на вібрації цих стінок, внаслідок чого формується сигнал, який обробляється блоком керування для формування команд керування кутом запалювання в циліндрах двигуна. Рівень сигналу залежить від частоти й амплітуди детонаційного згоряння. Датчик детонації дозволяє використовувати паливо із нижчим октановим числом, за відповідних змін таблиці кутів випередження запалювання.

Для визначення впливу несправності системи запалювання (модуля запалювання) автомобіля з електронною системою впорскування бензину на його паливну економічність проведені випробування з імітованими несправностями (рис. 2).

Перший етап дорожніх випробувань полягав у визначенні паливної характеристики автомобіля з технічно справним станом. Умови виконання

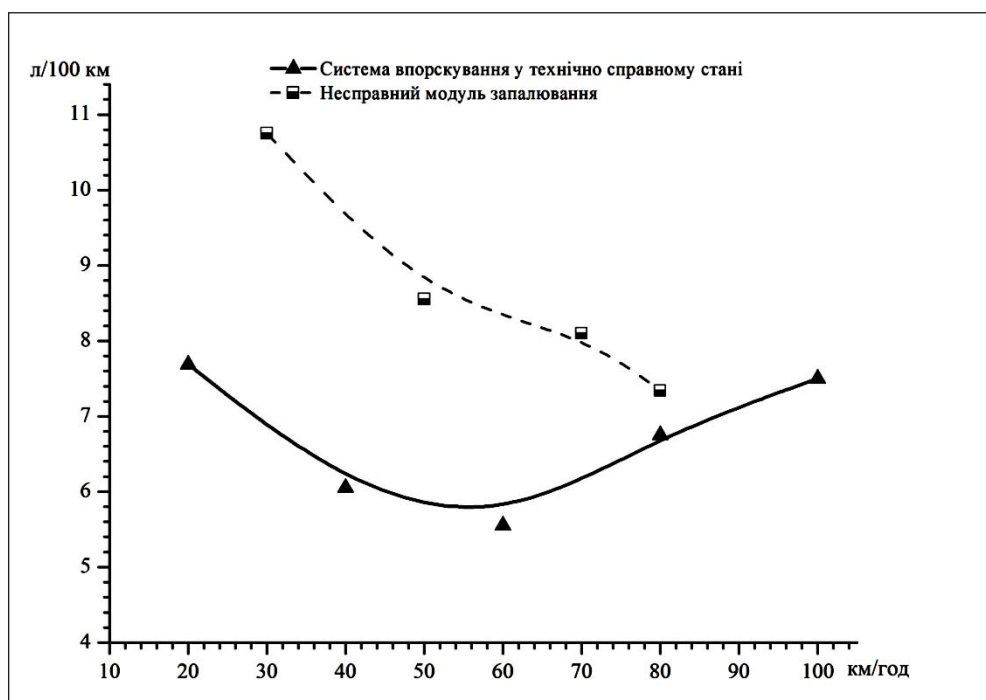


Рис. 3. Паливна характеристика автомобіля з несправним модулем запалювання



заїздів та ділянка дороги підготовлені згідно з ГОСТ 20306-90. Визначення витрат палива в режимах руху та холостого 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.

Паливна характеристика автомобіля визначалася за відсутності іскрового розряду на свічці запалювання одного циліндра [9, с. 15].

Як видно з рис. 3, порушення запалювання робочої суміші в одному циліндрі чотирициліндрового двигуна спричиняє значне погіршення паливної економічності автомобіля. У межах швидкостей руху від 30 до 80 км/год несправний модуль запалювання спричиняє зростання витрати палива в середньому на 35,33 %. За таких порушень роботи системи запалювання паливо, яке не згоріло, змиває оливну плівку з робочих поверхонь циліндрів двигуна і надходить у випускную систему до порожнин каталітичного нейтралізатора, здійснюючи їх прискорене спрацювання.

Модуль запалювання 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. У разі виходу з ладу однієї котушки іскровий розряд буде лише на двох циліндрах. У режимі мінімального холостого ходу витрата палива при несправному модулі запалювання зростає на 20%, через відсутність згорання палива в одному циліндрі двигуна.

**Висновки.** Таким чином, у роботі засвідчено, що автомобілізація відбувається швидкими темпами; ріст помітний не лише за кількісними, а і за якісними показниками. Серед рухомого складу більшість автомобілів належить до класу легкових. Негативним явищем є старіння автопарку країни, який посилюється ввезенням із країн ЄС вживаних автомобілів. Така ситуація не сприятиме зниженню викидів шкідливих речовин із відпрацьованими газами автомобільних двигунів. Одним із заходів підтримки екологічних та експлуатаційних показників автомобілів, що перебувають в експлуатації, є використання ціленаправлених заходів щодо збереження показників роботи автомобілів у межах допустимих норм. На практиці для поліпшення екологічних показників автомобілів, які перебувають в експлуатації із застарілими механічними системами живлення, можна використовувати в якості переобладнання електронні системи впорскування бензину зі зворотнім зв'язком та системою нейтралізації відпрацьованих газів. Однією з виконавчих систем електронного впорскування палива є система запалювання. Визначено, що відсутність іскрового розряду лише на одній свічці запалювання чотирициліндрового двигуна спричиняє зростання витрати палива в середньому, за характеристикою усталеного руху, на 35,33%. Відсутність згорання палива в одному циліндрі чотирициліндрового двигуна в режимі мінімального неробочого ходу підвищує витрату на 20%.

#### Список літератури:

1. Середній вік автомобілів в Україні збільшився до 19,6 років. Київ. 2018. URL: <http://fra.org.ua/uk/an/publikatsii>.
2. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту. Київ. 2018.
3. URL: <https://mtu.gov.ua/content>.
4. Славін В.В. Вплив технічного стану елементів системи впорскування бензину на паливну економічність двигуна в режимі мінімальної частоти холостого ходу. Вісник Хмельницького національного університету: технічні науки. 2017. Вип. 2. С. 34–38.
5. Міжнародні організації, конвенції та багатосторонні угоди в галузі транспорту: навчальний посібник / за ред. А.М. Редзюка. Київ: ДП Державтотранс НДІ проект», 2009. Т.1. 208 с.
6. Ринок автомобілів – підсумки 2017 року. Київ. 2018.
7. URL: <http://ukrautoprom.com.ua>.
8. В Украине вырос уровень автомобилизации. Лидирует Киев. Київ. 2018.
9. URL: <http://www.autoconsulting.com.ua>.
10. Славін В.В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів використанням сучасних систем впорскування бензину: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Київ, 2014. 209 с.
11. Сирота В.І., Сахно В.П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія. Київ: Арістей, 2007. 288 с.
12. Славін В.В. Паливна характеристика автомобіля з несправними виконавчими елементами електронної системи керування двигуном. Автошляховик України. Київ. 2017. № 3.С. 28–32.

### **ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ ПРИ НАРУШЕНИИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ**

*В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния нарушения нормального технического состояния современной электронной, статической системы зажигания на топливную экономичность легкового автомобиля, оборудованного электронной системой управления двигателем и системой нейтрализации отработанных газов, в режимах установившегося движения и холостого хода.*

**Ключевые слова:** автомобильный транспорт, бензиновый двигатель, топливная экономичность, экологические нормы, система зажигания.

### **THE FUEL EFFICIENCY OF THE AUTOMOBILE AFTER OPERATING IRREGULARITY OF THE IGNITION ELECTRONICS**

*The article presents the results of experimental studies of the effect of a violation of the normal technical state of a modern electronic static ignition system on the fuel economy of automobile equipped with an electronic engine management system and an exhaust gas neutralization system in operational modes of operation.*

**Key words:** highway transport, petrol engine, fuel efficiency, ecostandard, ignition system.