

УДК 629.08

## ДІАГНОСТУВАННЯ БЕНЗИНОВИХ ПАЛИВНИХ СИСТЕМ ІЗ БЕЗПОСЕРЕДНІМ УПОРСКУВАННЯМ

М.П. Булгаков, доц., к.т.н.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Викладено методику діагностування бензинових паливних систем з безпосереднім упорскуванням палива за падінням тиску в гідроаккумуляторі. Показано різні несправності системи й запропоновано метод їх визначення за сигналом штатного датчика тиску. Методика дозволяє проводити експрес-діагностування вузлів.

*Ключові слова:* діагностування, форсунка, тиск, коливання, датчик.

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ БЕНЗИНОВЫХ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВПРЫСКОМ

Н.П. Булгаков, доц., к.т.н.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* Изложена методика диагностирования бензиновых топливных систем с непосредственным впрыскиванием топлива по падению давления в гидроаккумуляторе. Показаны различные неисправности системы и предложен метод их определения по сигналу штатного датчика давления. Методика позволяет проводить экспресс-диагностирование узлов.

*Ключевые слова:* диагностирование, форсунка, давление, колебание, датчик.

## DIAGNOSTICS OF GASOLINE FUEL SYSTEMS WITH DIRECT INJECTION

N. Bulhakov, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),  
Kharkov National Automobile and Highway University

*Abstract.* The method of diagnosing the fuel systems with direct injection by means of the creating pressure oscillations in the hydraulic accumulator is offered in the article. Getting a signal from pressure sensor, it is possible to record a pressure drop at the moment of fuel injection. If there is a malfunction in the system, then pressure dropping will be higher.

*Key words:* diagnostics, direct injection, signal, malfunction, oscillation, pressure sensor, waveform, condition, hydraulic accumulator.

### Вступ

Бензинові двигуни з безпосереднім упорскуванням забезпечують найліпшу комбінацію паливної економічності й потужності і за своїми характеристиками наближаються до дизельних. Від традиційних інжекторних такі двигуни конструктивно значущо відрізняються. По-перше, вони можуть бути тільки багатоклапанними. У головці блоку є майже вертикальні канали для подачі повітря із впу-

скного колектора, які забезпечують завихрення повітряного потоку, необхідного для кращого сумішоутворення. Форсунки принципово іншої конструкції, розпорошують паливо безпосередньо в циліндри, а не у впускний колектор, як звичайно. Тиск палива на етапі упорскування повинен бути близько 5 МПа, для чого на додачу до звичайного електричного паливного насоса, що подає паливо з бака під тиском приблизно в 3 МПа, застосовується механічний паливний насос

високого тиску (ПНВТ). Він розташований безпосередньо на двигуні. Блок керування за допомогою численних датчиків аналізує навантаження й, залежно від ситуації, переходить на ту або іншу програму подачі палива й повітря.

Такі двигуни забезпечують точне й адаптивне керування утворенням паливоповітряної суміші та згорянням. Це дозволяє їм працювати як на режимі дуже збіднених паливоповітряних сумішей, так і на збагачених сумішах. На сьогодні найбільш поширеними є паливні системи із безпосереднім упорскуванням фірм Mitsubishi (GDI) та Volkswagen (FSI).

### Аналіз публікацій

Аналіз літературних джерел показав [1–3], що проведення діагностування за допомогою діагностичного сканера, стенда для перевірки форсунок і газоаналізатора або не дозволяє одержати необхідний діагноз, або це сполучено зі значними витратами часу на демонтаж паливної апаратури. На сучасних СТО вимоги до проведення діагностування зросли, і необхідне саме зниження витрат часу одночасно з підвищенням точності постановки діагнозу. Ні один із перерахованих вище методів діагностування й існуючих засобів не дозволяє виконати вимоги, що суперечать одна одній. Найбільш оптимальним є метод експрес діагностування, і один з його варіантів запропонований у цій роботі.

### Мета і постановка завдання

Усі існуючі двигуни з безпосереднім упорскуванням мають суттєві конструктивні відмінності. Виходячи з цього, їх несправності будуть залежати від умов експлуатації, технології виробництва та конструктивного виконання паливної апаратури (ПА). Аналіз статистичних даних щодо виникнення несправностей у бензинових двигунах з GDI, показав, що за кількістю виникаючих несправностей такі двигуни посідають третє місце після традиційних рядних і розподільних паливних насосів високого тиску (ПНВТ). Крім того, на роботу таких систем має вплив рівень тиску упорскування, який є значно вищим, порівняно з іншими бензиновими системами. Окрім цього, двигуни, обладнані GDI, більш чутливі до якості палива та високого тиску. Це обумовлює значно вищу кіль-

кість відмов форсунок та насосів високого тиску, в порівнянні із традиційною ПА.

Надійність компонентів електроніки вище в системах GDI, оскільки виробники відмовилися від датчиків на основі потенціометрів і замінили їх датчиками переміщення на основі елементів Холу [2]. Одночасно з цим значно збільшився відсоток неполадок, пов'язаних із системою рециркуляції відпрацьованих газів (ВГ) [3].

Наведені результати аналізу свідчать про те, що у GDI найбільш часто виходять із ладу ПНВТ та форсунки. Необхідно розробити комплекс ефективних методів і засобів, які будуть виявляти несправності у першу чергу саме в цих вузлах.

### Метод діагностування систем із безпосереднім упорскуванням

Сутність методу полягає в такому: паливна апаратура бензинового двигуна являє собою збалансовану за тиском в паливній рампі систему. Тобто, завдяки наявності зворотного зв'язку за датчиком тиску, в автомобілях, оснащених системою GDI (Mitsubishi), підтримується постійна величина тиску в 5 МПа. При спрацьовуванні форсунки частина палива, яка дорівнює величині циклової подачі, різко виходить із паливної рампи.

Внаслідок інерційності паливного потоку і поки ПНВТ не збільшив подачу палива, відбувається провал тиску палива в рампі за амплітудою, пропорційний величині упорскуваного палива. Це короткочасне зниження тиску може бути зафіксоване штатним датчиком тиску в системі. Відповідно якщо провести порівняння амплітуд зниження тиску палива при спрацьовуванні кожної з форсунок, можна також співвіднести й величину палива, пройдену через кожну форсунку.

В ідеальному варіанті на справному автомобілі при одержанні керуючого імпульсу однакової тривалості всі 4 форсунки мають впускати одну й ту ж кількість палива. Якщо одна з форсунок має дефект, наприклад, забруднення проточної частини смолистими відкладеннями, то величина циклової подачі, за тієї самої тривалості керуючого сигналу, буде менше необхідної. І, відповідно, менше буде й амплітуда провалу тиску при спрацьовуванні такої форсунки.

Якщо зробити вимір відхилення тиску від стандартного рівня тиску палива в рампі, то можна за абсолютною величиною відхилення віднесеної до тривалості керуючого імпульсу й за розходженням в амплітудах провалів різних форсунок визначити їх технічний стан [3].

Оскільки підключення проводів вимірювальної апаратури у двох точках електропроводки автомобіля (на штекер форсунки і на датчик тиску) можна виконати відносно швидко, то запропонований варіант можна вважати одним з елементів процесу експрес-діагностування [4, 5].

При цьому потрібно розуміти, що блок керування буде намагатися ввести коректування при виникненні несправності. Це може привести до збільшення циклової подачі. Але якщо провести детальний аналіз вимірюваних сигналів, то це дозволить одержати інформацію про технічний стан насоса або форсунок. Компенсація через блок керування вводиться для усіх форсунок одразу, а якщо не працює одна форсунка, то на екрані вимірювального комплексу все одно буде видно різні амплітуди тиску.

Виходячи з конструкції та принципів роботи системи GDI, привод плунжера ПНВТ здійснює 4 переміщення плунжера за один робочий цикл двигуна. При цьому упорскування палива форсункою здійснюється у момент нагнітання палива плунжером. Тиск палива у цей момент падає (за рахунок викиду частини палива з паливної рампи через форсунку). Оскільки на всі 4 форсунок спрацьовує один плунжер ПНВТ, то і його вплив буде однаковим для всіх 4 упорскувань. Але при цьому вплив кожної з 4 форсунок буде різним залежно від ступеня їх зношення й/або забруднення.

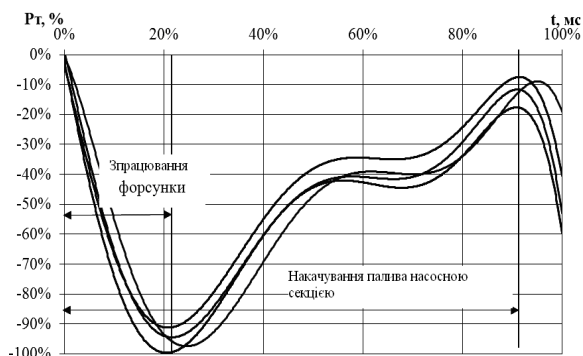


Рис. 1. Відносні провали тиску при спрацюванні справних форсунок

На рис. 1 можна виділити дві ділянки:  
 – провал тиску палива від спрацювання форсунки з одночасним впливом нагнітання палива плунжерною парою;  
 – продовження нагнітання палива при закритій форсунці (компенсація провалу тиску).

На рис. 2 видно, що відхилення тиску палива для несправної форсунки становить більше 15 % відхилення від середнього значення по інших форсунках. У першому випадку, коли всі форсунок були справними, відхилення тиску для них знаходилось у межах 7 %.

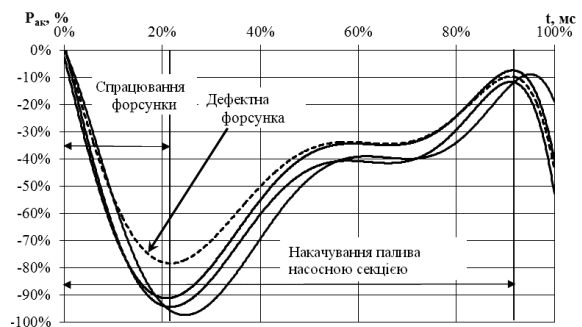


Рис. 2. Змодельована несправність однієї з форсунок

Отже, якщо у системі є несправність, то сигнал повинен збільшитися принаймні у два рази. Це дозволить визначати несправності у форсунці з високим рівнем вірогідності.

### Висновки

Таким чином, запропонована методика діагностування дозволяє оцінити технічний стан форсунок у паливній апаратурі з безпосереднім упорскуванням.

### Література

1. Автомобильный справочник / пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем»», 2004. – 992 с.
2. Кучер В.П. Диагностика японских автомобилей / В.П. Кучер. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 176 с.
3. Булгаков М.П. Диагностика паливних систем з безпосереднім упорскуванням за коливаннями тиску палива у рампі. / М.П. Булгаков // Вісник НТУ «ХПІ»: сб. науч. тр. – 2014. – № 9 (1052). – С. 140–145.
4. Пойда А.Н. Анализ технического состояния топливной аппаратуры на основе

- колебаний давления топлива в гидроаккумуляторе / А.Н. Пойда, Е.Ю. Зенкин // Вестник НТУ «ХПИ»: сб. науч. тр. – 2009. – № 1. – С. 114–118.
5. Зенкин Е.Ю. Диагностика в эксплуатации автомобильных дизелей с помощью ЭВМ / Е.Ю. Зенкин // Автомобильный транспорт: ХНАДУ : сб. науч. тр. – 2005. – № 16. – С. 73–75.

### References

1. *Avtomobil'nyy spravochnik* [Car Directory]. Russ. ed. [2<sup>th</sup>, edit. i add.]. Moscow, ZAO «KZHI «Za rulem», Publ., 2004. 992 p.
2. Kucher V.P. *Diagnostika yaponskikh avtomobiley* [Diagnosis of japan's cars]. Moscow, Legion-Avtodata, Publ., 2004. 176 p.
3. Bulgakov M.P. *Diagnostuvannja palivnih sistem z bezposerednim uporskuvanjam za kolivannjami tisku paliva u rampi* [Diagnosis of fuel systems with direct injection according pressure fluctuation of fuel into a rail]. *Bulletin NTU «HPI»*, 2014, Vol. 9, pp. 140–145.
4. Pojda A.N., Zenkin E.Ju. Analiz tehniceskogo sostojanija toplivnoj apparatury na osnove kolebanij davlenija topliva v gidroakkumuljatore [*Analysis of technical condition of fuel equipment with considering pressure fluctuation in accumulator*], *Bulletin NTU «HPI» Publ.*, 2009. Vol. 1. pp. 114–118.
5. Zenkin E.Ju. Diagnostika v jekspluatácii avtomobil'nyh dizelej s pomoshh'ju EVM [Diagnosis of automobile diesel in the operation with a computer]. *Avtomobilniy transport, sb. nauch.tr - Avtomobily transport: coll. of scien. works.* Publ., 2005. Vol.16. pp. 73–75.

Рецензент О.М. Врублевський, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 26 жовтня 2015 р.