

**БЕНЗИНОВІ ДВИГУНИ З СИСТЕМАМИ ІНЖЕКТОР І ПРЯМИЙ ВПОРСК: ЯКА
МІЖ НИМИ РІЗНИЦЯ, ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ****L.M. Nedoshytko, A.V. Novakivskyi****GASOLINE ENGINES WITH INJECTOR SYSTEMS AND DIRECT INJECTION:
WHAT IS THE DIFFERENCE BETWEEN THEM, ADVANTAGES AND
DISADVANTAGES**

Сучасні бензинові двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) використовують два основні типи систем подачі палива: MPI (Multi-Point Injection) – багатоточкове впорскування у впускний колектор, та GDI (Gasoline Direct Injection) – пряме впорскування безпосередньо в камеру згоряння. Ці системи кардинально відрізняються за принципом роботи, ефективністю, вартістю обслуговування та вимогами до експлуатації. Розглянемо технічні відмінності, переваги та недоліки кожної системи, а також рекомендації щодо вибору залежно від умов використання.

Технічні відмінності. У системі MPI паливо впорскується у впускний колектор перед впускними клапанами, де змішується з повітрям ще до потрапляння в циліндр. Робочий тиск становить 3–5 бар, використовується стандартний електричний паливний насос. Суміш завжди однорідна ($\lambda \approx 1$). У GDI паливо подається безпосередньо в камеру згоряння під тиском 50–200 бар за допомогою механічного насоса високого тиску (НВТ). Це дозволяє формувати стратифіковану суміш (бідна в центрі, багата біля свічки) у режимах часткового навантаження. Компоненти MPI простіші: форсунки у впускному колекторі, рампа низького тиску. GDI складніша: форсунки в камері згоряння, посилена рампа високого тиску, додаткові датчики тиску.

Переваги та недоліки MPI. Система інжекторного типу (MPI) відзначається простою конструкцією та надійністю у роботі. Вона не потребує високого тиску палива, що робить її дешевшою у виробництві й обслуговуванні. Інжекторні двигуни стійко працюють на паливі середньої якості, мають плавний запуск у холодну пору року та стабільну роботу на малих обертах. Важливою перевагою є те, що паливо подається у впускний колектор, де омиває клапани, запобігаючи утворенню нагару. Завдяки простоті електронного управління і невеликому тиску палива такі двигуни є довговічними та невибагливими у сервісному обслуговуванні. Основним недоліком інжекторної системи є менша точність дозування палива, що призводить до підвищеної витрати. Потужність двигуна також є нижчою порівняно з системами прямого впорскування. Крім того, через особливості змішування повітря з паливом двигуни з інжектором мають гірші екологічні показники та не відповідають найновішим стандартам токсичності. Форсування таких двигунів обмежене, оскільки підвищення ступеня стиску призводить до детонації і потребує серйозних конструктивних змін.

Переваги та недоліки GDI. Системи прямого впорскування є більш сучасними та технологічними. Паливо подається безпосередньо у камеру згоряння під високим тиском, що забезпечує точне дозування та ефективне згоряння. Це дає змогу підвищити ступінь стиску, збільшити потужність і крутний момент, одночасно зменшуючи витрату палива до 15–20 %. Пряме впорскування покращує екологічні показники, знижує викиди CO₂ і дозволяє працювати з бідними сумішами. Двигуни з цією системою характеризуються хорошою динамікою, швидкою реакцією на педаль газу та високим ККД. Найвагомим мінусом системи GDI є складність конструкції та висока вартість обслуговування. Через великі навантаження елементи паливної системи (форсунки, насос високого тиску)

потребують якісного палива й регулярного технічного догляду. Унаслідок того, що паливо не омиває впускні клапани, швидко утворюється нагар, який може знижувати потужність і викликати нестійку роботу двигуна. Також характерні проблеми з детонацією при використанні неякісного бензину та складність ремонту через наявність високотискових елементів.

Отже, інжекторні двигуни (MPI) є простими, дешевими та надійними у повсякденній експлуатації, однак поступаються сучасним системам прямого впорскування за економічністю, потужністю та екологічністю. Двигуни з прямим впорскуванням (GDI, FSI, TSI) забезпечують кращу ефективність і відповідають сучасним екологічним вимогам, проте потребують якісного обслуговування й пального. Вибір між цими системами залежить від пріоритетів користувача: надійність і простота — за інжектором, економічність і потужність — за GDI.

Література:

1. Bosch Automotive Handbook, 10th Edition. – Robert Bosch GmbH, 2018. – P. 512–518.
2. Zhao, F., Lai, M. C., Harrington, D. L. *Automotive Gasoline Direct-Injection Engines*. – SAE International, 2002. – 352 p.
3. Heywood, J. B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. 2nd ed. McGraw-Hill Education, 2018. – P. 678–685.
4. Van Basshuysen, R., Schäfer, F. *Internal Combustion Engine Handbook*. SAE International, 2016. – P. 245–252.
5. Reif, K. *Gasoline Engine Management: Systems and Components*. Springer Vieweg, 2014. P. 78–82.
6. Stone, R. *Introduction to Internal Combustion Engines*. 4th ed. Palgrave Macmillan, 2012. P. 189–195.
7. Kalghatgi, G. "Deposits in Gasoline Direct Injection Engines". *Fuel*. 2018. Vol. 228. P. 457–462.
8. Порівняння систем впорскування MPI та GDI. АвтоПро. URL: <https://autopro.ua/articles/mpi-vs-gdi>
9. Технічні характеристики двигунів VW TSI. Volkswagen AG. URL: <https://www.volkswagen.de/models/golf>
10. Ціни на запчастини для GDI. Exist.ua, 2024. URL: <https://exist.ua>
11. Технічні характеристики двигунів VW TSI. Volkswagen AG. URL: <https://www.volkswagen.de/models/golf>
12. Ford Motor Company. *EcoBoost Engine Technology White Paper*. 2023. URL: <https://www.ford.com/ecoboost>

УДК 621.891

Р.В. Нечипоренко, О.О. Ничик, Т.В. Яцків

(Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя)

ВІБРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ АВТОМОБІЛЯ

R.V. Nechiporenko, O.O. Nychyk, T.V. Yatskiv

VIBROELECTROMECHANICAL STRENGTHENING OF FRICTION SURFACES OF HEAVY-LOADED VEHICLE TRIBO-COUPPLINGS

Забезпечення високих параметрів точності та якості робочих поверхонь тертя деталей трибоспряжень автомобіля при їх тривалій експлуатації можливе при