

УДК 632.16

## СИСТЕМИ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА У СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНАХ

Зуєв О.О., к.т.н.,

Степанов П.П., асистент

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-04-42

**Анотація** – у статті розглянуто принципи дії систем безпосереднього впорскування легкого палива у сучасних автомобільних двигунах.

**Ключові слова** – безпосереднє впорскування палива, багат шарове впорскування.

Піонером у застосуванні безпосереднього впорскування палива стала компанія Mitsubishi, що розробила систему живлення GDI. Сьогодні аналогічну технологію використовують Mercedes (CGI), BMW (HPI), концерн Volkswagen (FSI, TFSI, TSI - VW, Audi, Skoda, Seat) і Toyota (JIS) (рис 1).

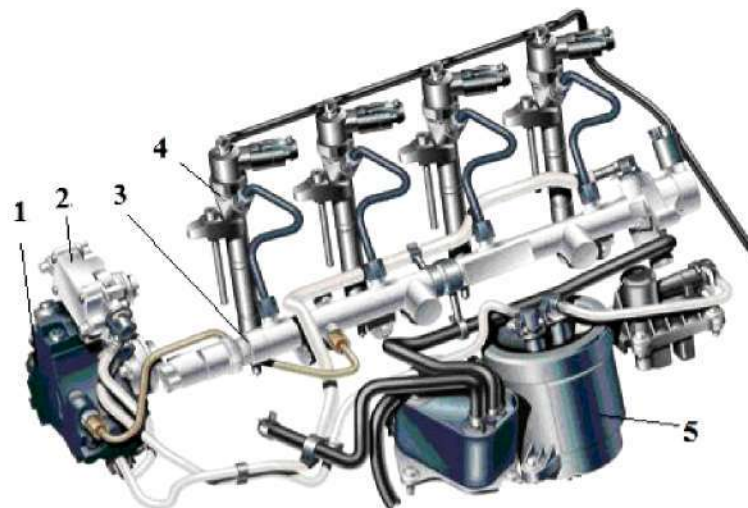


Рис. 1. Схема системи безпосереднього впорскування:

1 – паливний насос високого тиску; 2 – регулятор тиску;  
3 – паливна рампа; 4 – форсунки; 5 – фільтр

*Теоретичні відомості.* Щоб паливо згоріло, потрібне повітря. Але необхідно змішати з паливом стільки повітря, скільки потрібно для повного згорання. Така кількість повітря називається

стехіометричною, і цей факт, звичайно, давно відомий. Наприклад, для бензину оптимальним (теоретично) складом паливної суміші є співвідношення 14,7:1, тобто на 1 грам бензину потрібно 14,7 грама повітря [1]. Суміш, у якій повітря більше, ніж потрібно, називається бідною, а та, у якій повітря менше, ніж потрібно (тобто більше палива), називається багатю. Занадто бідну суміш не завжди вдається підпалити, при роботі на багатій суміші незгоріле паливо марно «вилітає в трубу» і зростає викид чадного газу.

Отже, проблема в тому, що іскра незапалює суміш більш бідну, ніж у співвідношенні 17:1. Але можна заповнювати циліндр зовсім бідною сумішшю, а безпосередньо до свічки подавати більш багату, котра легко займеться. Наприклад, у форкамерному двигуні ця ідея й була закладена. Реальних же результатів досягнуто на моторах з розподіленням упорскування палива: тут досягається усталена робота на суміші зі співвідношенням 22:1, але сильніше збіднити суміш однаково не вдається. Адже у випадку звичайного розподіленого впорскування сумішоутворення зовнішнє - форсунка впорскує бензин у впускний трубопровід [2]. І доставити більш багату частину потоку суміші до свічки ми можемо тільки за рахунок напрямку потоку методами аеродинаміки, наприклад, певним чином його завихрюючи. От, якби паливо впорскувалося безпосередньо в циліндр...

*Як працює GDI.* Головний принцип роботи даної системи живлення - подача бензину не у впускний трубопровід, а безпосередньо в камеру згоряння й формування пошарового й однорідного сумішоутворення в різних режимах роботи мотора. Але подібні паливні системи мають і розходження, причому іноді досить істотні. Основні з них - робочий тиск у паливній системі, розташування форсунок і їхня конструкція (рис2).

Дійсно, двигун GDI нагадує по конструкції й звичайний бензиновий, і дизель. У кожному циліндрі присутній і свіча запалювання, і форсунка, а паливо подається насосом високого тиску під тиском 5 МПа (50 атм.). Форсунка забезпечує два різних режими впорскування палива.. Впускний трубопровід підходить до циліндру зверху. Це дозволяє одержати падаючий потік повітря, що після контакту з поршнем розвертається й спрямовується нагору, закручуючись за годинниковою стрілкою (така організація повітряного потоку дозволяє досягти оптимальної концентрації палива безпосередньо біля свічі). По майже прямому трубопроводу потік рухається з високою швидкістю, і навіть коли поршень досяг нижньої мертвої точки, ще якась кількість повітря входить у циліндр по інерції.



Рис. 2. Розміщення форсунки та свічки запалювання

Поршень незвичайний - зверху є виїмка сферичної форми. Форма поршня забезпечує три важливі функції. По-перше, дозволяє задати повітряному потоку потрібний напрямок руху. По-друге, направляє впорскуване паливо, що, безпосередньо до свічки запалювання, що важливо при роботі на гранично бідних сумішах. По-третє, визначає поширення фронту полум'я.

У двигунах GDI (Gasoline Direct Injection - безпосереднє впорскування бензину, Mitsubishi), що з'явилися восени 1997 року, використовуються два або три режими сумішоутворення. Для японського ринку реалізована дворежимна технологія, а для Європи - трирежимна.

При частковому навантаженні (швидкість до 120 км/ч) двигун працює на надто бідній пальній суміші з пошаровим сумішоутворенням. Паливо подається в камеру згоряння (під тиском 50 бар) наприкінці такту стиску, співвідношення «повітря-бензин» у середній за об'ємом камері може досягати пропорції 40:1. Підпалюється така суміш за рахунок створення в зоні іскрового розряду «хмари» з нормальним складом суміші (14,5:1). Формування хмари відбувається завдяки завихренню струменя палива, що вже встигло змішатися з повітрям за допомогою спеціальної виїмки в днище поршня. У стінок камери згоряння при цьому залишається майже чисте повітря. Коли від двигуна потрібно більший крутний момент (висока швидкість, рух на підйом), електроніка активує інший спосіб сумішоутворення - бензин впорскується на такті впуску, як у звичайних інжекторних двигунах. При необхідності одержати максимальну потужність (інтенсивний розгін) «працює» третій спосіб сумішоутворення - паливо подається у два етапи: перший - при такті впуску, другий - при такті стиску. Перша порція палива дає можливість одержати в циліндрі рівномірно розподілену занадто бідну (до 60:1) пальну суміш, а друга забезпечує одержання нормальної суміші в районі іскрового розряду. Після запалення нормальної суміші фронт полум'я поширюється по циліндрі й підпалює занадто бідну суміш. Японський варіант відрізняється відсутністю третього режиму.

Система безпосереднього впорскування Volkswagen за назвою FSI (Fuel Stratified Injection - багатопарове впорскування палива) була представлена в 2000 році. Як і в GDI для японського ринку, FSI може працювати у двох режимах - економічному (при малих і середніх навантаженнях) і звичайному (більші навантаження). В економічному (рівномірний рух на швидкостях до 120 км/ч) впорскування палива відбувається при такті стиску, а у звичайному режимі - при такті впуску, як і в системі живлення з розподіленим впорскуванням. Підвищений тиск впорскування (100 бар) забезпечує більш своєчасну подачу палива і якісне його розпилення. Збільшено нахил форсунки, а впускний канал розділений спеціальною перегородкою на дві частини. Повітря може надходити або через одну частину його перетину, або через обидві. На малих обертах потік повітря проходить через одну половинку каналу, що дозволяє збільшити його швидкість для одержання кращого завихрення потоку. На більших обертах перегородка відкривається, повітря надходить через весь канал, і швидкість потоку залишається приблизно такою ж, як і на малих обертах. Якщо зрівняти двигуни Volkswagen обсягом 1,4 л з розподіленим і безпосереднім впорскуванням, встановленим на моделі Polo. Неважко помітити, що FSI на 11 к.с. могутніше (86 л.с. проти 75 к.с.) і забезпечує меншу витрату пального (4,7-7,7 л проти 5,8 -10,2 л/100 км).

#### Література

1. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей / А.В. Николаенко. – М.: Колос, 1984. – 336 с.
2. Петриченко Р.М. Экономический ущерб отработанных газов ДВС/ Р.М.Петриченко, С.Н.Уваров // Двигателестроение. – 1986.– № 10.– С.40-59.

### **СИСТЕМЫ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА В СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДИВГАТЕЛЯХ**

Зуев А.А., Степанов П.П.

**Аннотация** – в статье рассмотрены принципы действия систем непосредственного впрыскивания легкого топлива в современных автомобильных двигателях.

### **SYSTEMS OF THE FUEL DIRECT INJECTION BY THE MODERN AUTUMOBIL ENGINE**

O. Zuev, P. Stepanov

#### *Summary*

**The principles of a light fuel direct injection systems activity by the modern automobile engine are described in the article.**