

УДК 629.083:621.431

*САРАЄВА І.Ю.*, к.т.н., доц., ХНАДУ

**УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ  
ДІАГНОСТУВАННЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ  
ДВИГУНА АВТОМОБІЛЯ**

Работа направлена на повышение достоверности, точности, информативности и углубленности процесса диагностирования герметичности камеры сгорания двигателя. Для достижения поставленной цели разработана автоматизированная система диагностирования, которая позволяет фиксировать изменение давления в цилиндре при каждом градусе поворота коленчатого вала, воспроизводить, длительно сохранять и передавать по каналу Internet диагностическую информацию в цифровом, графическом и текстовом виде. Усовершенствован метод диагностирования, который предусматривает оценку герметичности камеры сгорания одновременно по нескольким диагностическим параметрам.

**Вступ.** Діагностичний комп'ютер дозволяє контролювати всі електронні системи автомобіля, включаючи комплексну систему управління двигуном. Проте, існуючі діагностичні комп'ютери не дозволяють повною мірою продіагностувати технічний стан механізмів двигуна. Проблематика питання діагностики герметичності камери згоряння бензинових двигунів виникла давно і пов'язана, перш за все, з труднощами при постановці технічного діагнозу. В літературних джерелах, де досліджується дана проблема, вказується на наступний факт: відомі методи і засоби діагностики не дають повної інформації про технічне становище та герметичність камери згоряння бензинових двигунів, внаслідок неточності і суперечності результатів діагностування, що і дало підставу для проведення наукових досліджень.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** З використанням інформації, що приводиться в науково-технічній літературі, розширена класифікація методів діагностування герметичності камери згоряння та циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигуна (рис. 1).

Проаналізовані відомі наукові праці, що розглядають проблеми діагностування автомобільних двигунів, таких учених, як Ф.М. Авдонькін, І.М. Аринин, О.В. Бажинов, О.В. Дитятьєв, Я.Х. Закин, О.І. Зелик, Л.В. Мирошников, О. Фламиш [1]. Аналіз літературних джерел показав, що кількісна характеристика наявного спектра діагностичних параметрів ЦПГ досліджена в основному для застарілих двигунів сімейства ЗМЗ й ЯМЗ, які застосовуються на автомобілях ЗІЛ, ГАЗ, МАЗ, КамАЗ, КрАЗ, КАЗ, УРАЛ, ГАЗ, УАЗ, ВАЗ.

Як показує практика технічного обслуговування й ремонту сучасних автомобільних двигунів [2] найбільш поширеними, доступними і достовірними залишаються методи технічної діагностики, що дають загальну оцінку герметичності надпоршневого простору з вірогідністю, яка не перевищує 50%, за допомогою різних засобів діагностування: компресометра, компресографа, приладу К-69М, мотортестера. На підставі виконаного аналізу поставлені основні завдання дослідження.

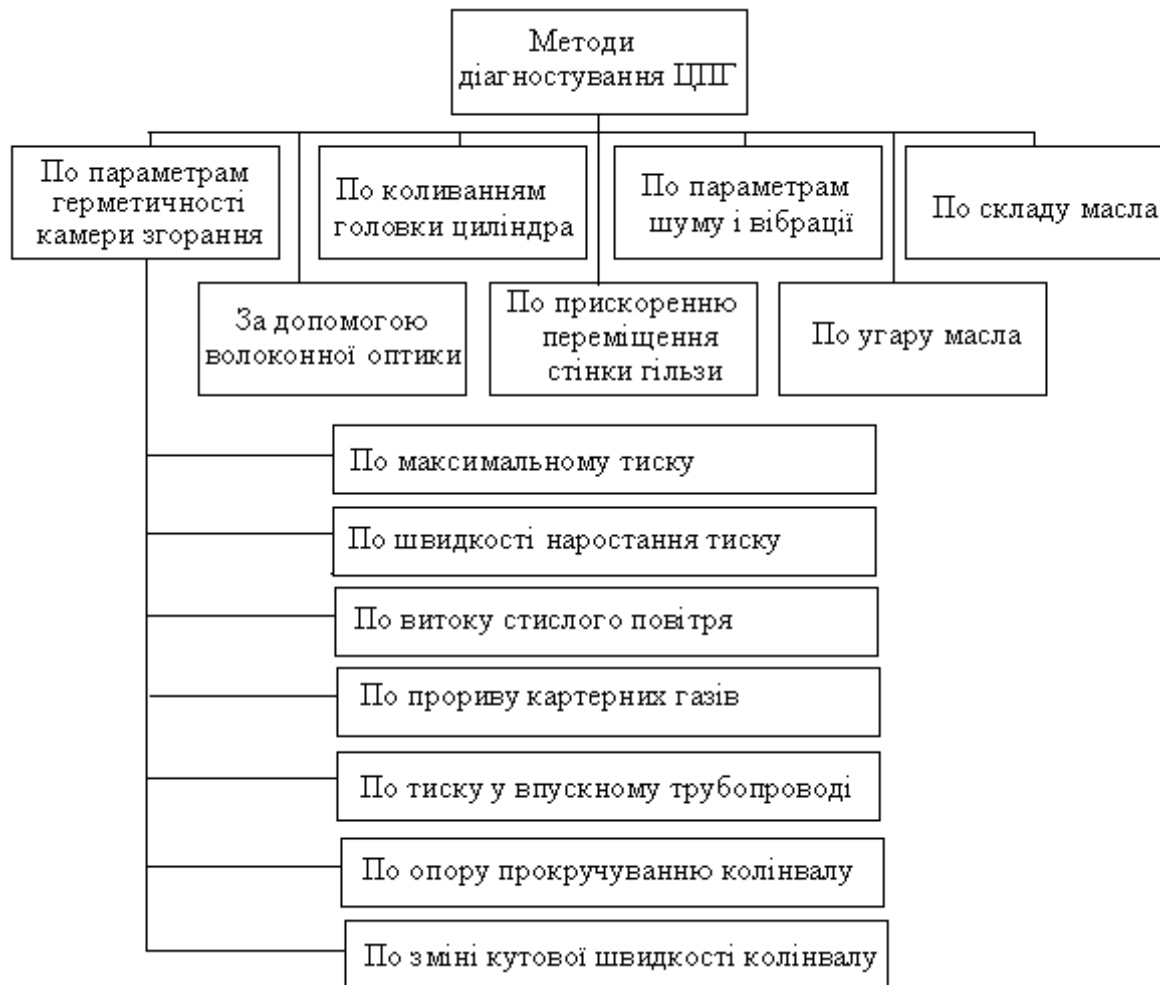


Рисунок 1 – Класифікація методів діагностики герметичності камери згорання двигуна

**Мета і постановка задачі.** Мета роботи – удосконалити процес діагностування герметичності камери згорання двигуна зробивши його більш достовірним, точним, інформативним і поглибленим.

Відповідно до поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні основні задачі:

- удосконалити метод діагностування герметичності камери згорання бензинового двигуна;
- удосконалити систему діагностування герметичності камери згорання бензинового двигуна;
- провести експериментальні дослідження розробленої діагностичної системи.

**Автоматизована система діагностування двигуна.** На базі персонального комп'ютера з використанням 16-ти каналного аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) розроблений діагностичний стенд. Програма для обробки цифрової інформації забезпечує відтворення функції тиску в циліндрі двигуна й одночасно розраховує частоту обертання колінчатого вала. Розроблений діагностичний стенд дозволяє

проводити вимір тиску в циліндрі двигуна із частотою 3200 Гц при кожному градусі повороту колінчатого вала з погрішністю, що не перевищує 1,67 %. Діагностувалися двигуни автомобілів ВАЗ, Opel, Audi, Ford, Skoda, ZAZ-Daewoo, BMW, Mazda, Mitsubishi, Honda зі ступенем стиску 9,5-10,5 одиниць, з робочим обсягом 1,2-2,8 л., із двома, чотирма й п'ятьма клапанами на циліндр. Протягом 5 років у рамках експерименту було продіагностовано 75 двигунів. Експериментальні дані були оброблені з використанням методів математичної статистики.

Відповідно до технічних вимог по експлуатації й ремонту закордонних автомобілів деякі фірми рекомендують урахувати при діагностуванні мінімальну величину компресії й темп наростання компресії, однак, характеристики цих параметрів однозначно не визначені. Тому, у роботі мінімально припустиме значення величини компресії визначено на основі виділення толерантних меж нормального розподілу відповідно доповнення до ГОСТ 27.302-86 [3]:

$$P_{\min} = \bar{P} - K(P, j, n)\sqrt{D} \quad (1)$$

де  $\bar{P}$  - вибіркове середнє;  $D$  - дисперсія;  $K$  - коефіцієнт, що залежить від заданих ймовірностей,  $K=2,696$ ;  $n$  - розмір вибірки,  $n=172$ .

З використанням отриманих статистик мінімально припустиме значення величини компресії становить 0,958 МПа.

Дослідження темпу наростання компресії дозволило встановити, що низький темп наростання компресії в циліндрі можливий при зношуванні поршневих кілець і поршневих канавок по висоті перетину (рис. 2). На цей факт з обов'язковим обліком першого сплеску компресії указують і літературні джерела.

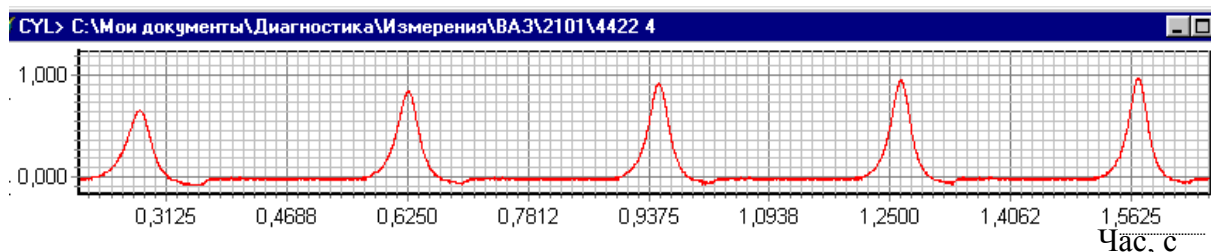


Рисунок 2 – Темп наростання компресії в циліндрі, МПа

У ході дослідження було встановлено, що величина першого сплеску компресії залежить від довільного положення кривошипно-шатунного й газорозподільного механізмів у момент старту. Тому, щоб уникнути помилки, пропонується враховувати, як діагностичну ознаку, різницю між максимальним за величиною  $K_{\max}$  і другим за рахунком  $K_2$  сплесками компресії:

$$f(K) = K_{\max} - K_2 \quad (2)$$

Експериментально визначені характеристики таких діагностичних параметрів, як темп наростання компресії, різниця компресії між циліндрами двигуна, тиск картерних газів (табл.1).

Таблиця 1 – Експериментально встановлені значення діагностичних параметрів

Діагностичний параметр	Припустимі значення, МПа	Граничні значення, МПа
Темп наростання компресії	0-0,24	0,25
Різниця компресії між циліндрами	0-0,24	0,25
Тиск картерних газів	0-0,044	0,045

У процесі експерименту виявлені типові порушення герметичності камери згоряння і визначені відповідні значення діагностичних параметрів (рис. 3). Так, наприклад, при прогару поршня, деформації й зламі поршневих перегородок, заляганні поршневих кілець спостерігається падіння компресії в несправному циліндрі стосовно справного й пульсуюче підвищення тиску картерних газів. При порушенні герметичності клапана внаслідок прогару головки або деформації стержня відбувається падіння компресії в несправному циліндрі без підвищення тиску картерних газів.



Рисунок 3 – Несправності деталей, що забезпечують герметичність камери згоряння двигуна: а) залягання поршневих кілець, деформація й злам поршневих перегородок, прогар поршня, б) прогар головки клапана

У ході дослідження об'єкт діагностування розглядався у вигляді «чорного ящика» з невідомими структурними параметрами, вихідними діагностичними параметрами і параметрами, що впливають. Номенклатура структурних параметрів, які перевіряють, визначена відповідно до ГОСТ 23435-79: зазор між циліндром і поршнем, зазор у стиках поршневих кілець, зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки, герметичність клапана. Кінцева множина діагностичних параметрів, яка встановлена в ході попереднього експерименту, містить у собі тиск картерних газів, темп наростання компресії й різницю компресії між циліндрами. Кінцевою множиною параметрів, що впливають, є: температура рідини для охолодження, кут відкриття дросельної заслінки й частота обертання колінчатого вала. Передбачається, що кінцеву множину параметрів, що впливають, у процесі діагностування можна стабілізувати.

Розроблена методика діагностування герметичності камери згоряння бензинового двигуна сучасних легкових автомобілів. Умовно можна виділити кілька основних етапів процесу діагностування ЦПГ і герметичності клапанів двигуна: монтажні роботи, пов'язані з установкою датчика, цикл вимірів й автоматизована

постановка діагнозу. При виявленні несправностей здійснювалося розбирання двигунів і мікрообмір деталей. Відповідно до ГОСТ 26656-85 коефіцієнт безрозбірного діагностування визначається відношенням числа контрольованих параметрів об'єкта, для яких не потрібне проведення демонтажних робіт, до їх загального числа:

$$K_{\sigma.0} = \frac{P_k}{P_n}, \quad (3)$$

де  $P_k$  – число контрольованих параметрів даного виду діагностування;  
 $P_n$  - загальне число контрольованих параметрів.

Коефіцієнт безрозбірного діагностування для розробленої системи становить 0,75.

### Висновки

1. Існуючі засоби і методи діагностування не дозволяють швидко, точно й однозначно розрізнити характерні несправності циліндро-поршневої групи та порушення герметичності клапанів бензинового двигуна автомобіля, при цьому результат діагностичного висновку багато в чому визначається досвідом оператора та має суб'єктивний характер внаслідок неточності і суперечливості одержуваних відомостей, вірогідність яких не перевищує 50%.
2. На основі вдосконаленого методу діагностування, що оцінює технічний стан циліндро-поршневої групи та герметичність клапанів двигуна за трьома діагностичними параметрами: різниця компресії між циліндрами, темп наростання компресії, тиск картерних газів, - розроблена статистична модель, що дозволяє на відміну від існуючих детермінованих моделей, по-перше, локалізувати несправність циліндро-поршневої групи та герметичності клапанів двигуна, по-друге, формалізувати процес автоматизованої постановки технічного діагнозу; по-третє, забезпечити коефіцієнт безрозбірного діагностування 0,75, що на 25 % вище, ніж у відомих аналогів.
3. Розроблено автоматизовану систему діагностування циліндро-поршневої групи та герметичності клапанів двигуна, що на відміну від існуючих вітчизняних і закордонних аналогів дозволяє: фіксувати й відтворювати діагностичну інформацію в цифровому, графічному та текстовому виді; довгостроково зберігати діагностичну інформацію й передавати її по каналу Internet; фіксувати зміну тиску в циліндрі при кожному градусі повороту колінчатого вала; забезпечувати вимір динамічних процесів із частотою 3200 Гц і погрішністю, яка не перевищує 1,67%, що на 0,3-1,3% менше ніж у відомих аналогів.

**Список літератури:** 1. *Фламині О.* Діагностика автомобілей (способи обнаруження скрытых неисправностей.) Пер. с венг. *А.П. Самойлова.* – М.: Транспорт, 1971. – 208с.  
 2. *Хрулев А.Э.* Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. – М.: Издательство «За рулем», 2000. – 440 с., ил., табл.  
 3. Методика определения предельных и допустимых диагностических параметров агрегатов машин. Всесоюзный научно-исследовательский институт по нормализации в машиностроении (ВНИИНАШ). – Горький, 1980. – 34с.