

УДК 539.3:539.538

ДІАГНОСТИЧНИЙ ПАРАМЕТР ЗНОШУВАННЯ СИСТЕМИ ПОРШЕНЬ–ВТУЛКА–ЦИЛІНДР

О. І. БАЛИЦЬКИЙ¹, К. Ф. АБРАМЕК²

¹ Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів;

² Західнопоморський технологічний університет, Щецін, Польща

Виявлено, що інтенсивність продувань газу до коробки колінвала двигуна внутрішнього згорання газу під час його запуску є зручним параметром, за яким вдається визначити не тільки кількість спожитого палива, але і щільність системи поршень–втулка–циліндр. Це стосується і “теплого”, і “холодного” двигуна, проте коефіцієнт лінійної кореляції “теплого” двигуна за температури мастила 70°C вищий, ніж “холодного” (0°C), що, очевидно, спричинено тим, що під час запуску останнього мастило швидко розігрівається та змінюється його в’язкість.

Ключові слова: зношування, система поршень–втулка–циліндр, ущільнювальне кільце.

Щоб спрогнозувати втрати газу під час продувань (вихлопів) до коробки колінвала двигуна внутрішнього згорання (за обертової його швидкості), необхідно оцінити технічний стан системи поршень–втулка–циліндр (ПВЦ) [1]. Найчастіше це виконують за холостого ходу двигуна (або незначної швидкості, щоб забезпечити рівномірну його роботу), інколи – за повного діапазону обертової швидкості та різних навантажень. У літературі відсутня інформація про можливість використання вимірів інтенсивності продувань як діагностичного показника пускових швидкостей. Тому такі дослідження актуальні, щоб оцінити, зокрема, технічний стан системи ПВЦ.

Методика досліджень. Під час випробувань дотримувались таких вимог:

– результати вимірювань скорелювали з часом експлуатації двигуна (визначеним, наприклад, за пробігом або часом його роботи, зношуванням поршня, кільця і шершавістю поверхні циліндра);

– вважали, що динаміка зміни фіксованого сигналу від продувань, тобто зростання їх інтенсивності під час запуску, має бути максимальною. За зростання споживання системою ПВЦ можна прийняти зміну діаметра поршня, втулки циліндра, а також зростання розміру замка ущільнювального кільця. Показник динаміки зміни сигналу

$$d_s = (B_m - B_0) / B_0,$$

де B_m – гранична кількість газу під час продувань, яка сигналізує про необхідність ремонту, або вилучення об’єкта з експлуатації; B_0 – початкове її значення, яке характеризує новий об’єкт після вальцювання.

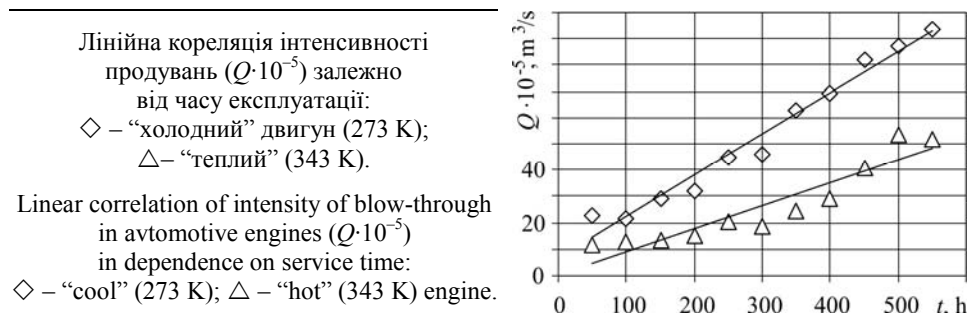
Результати та їх обговорення. Запропонований метод реалізували за такою схемою. Перед кожним випробуванням перевіряли, чи заряджені акумулятори (для підтримання рівномірної швидкості колінвала двигуна під час запуску), якість розпилення форсунок, а на двигуні замінювали поршні, поршневі кільця і втулки циліндра. Перевіряли ступінь стиснення, відрегулювали вентильний зазор, встановлювали кут випередження інжекції і пускову дозу, а також контролювали тиск інжекції палива.

Параметри зношування системи поршень–втулка–циліндр залежно від часу експлуатації двигуна

Час експлуатації <i>t</i> , h	Інтенсивність продувань на “теплому” (343 К) двигуні $Q \cdot 10^{-5}$, m ³ /s	Інтенсивність продувань на “холодному” (273 К) двигуні $Q \cdot 10^{-5}$, m ³ /s	Відхилення діаметра поршня в паралельній / перпендикулярній площинах	Відхилення діаметра циліндра в паралельній / перпендикулярній площинах	Зазор у замку першого / другого ущільнювальних кілець	Зазор у замку утримувального кільця
			mm			
50	22,8	11,5	0,21 / 0,27	0,05 / 0,08	0,24 / 0,21	0,27
100	21,7	12,9	–	–	–	–
150	28,9	13,4	–	–	–	–
200	31,8	14,9	–	–	–	–
250	44,7	20,4	–	–	–	–
300	46,1	18,7	–	–	–	–
350	62,8	24,3	–	–	–	–
400	69,3	29,2	–	–	–	–
450	82,2	40,7	–	–	–	–
500	87,2	53,5	–	–	–	–
550	93,4	51,9	0,19 / 0,15	0,13 / 0,21	0,98 / 0,78	0,80

Інтенсивність продувань газів до коробки колінвала вимірювали кожні 50 h експлуатації двигуна на експериментальній установці. При цьому вимірювали деталі двигуна відразу після заміни втулки циліндра, поршня і кілець, а також після 550 h експлуатації. Замірювали діаметри мікрометричним приладом в горизонтальних площинах, віддалених від верхньої площини втулки на 20 mm, що відповідає позиції поршня у верхньому мертвому положенні.

Ідентичні дослідження виконано для “холодного” двигуна за температури мастила 0°C і “теплого” за температури мастила близько 70°C. Інтенсивності продувань вимірювали кожні 50 h роботи двигуна. Результати випроб подано в таблиці та на рисунку.



Зазначимо, що втрата потужності, визначена як інтенсивність продувань газів до коробки колінвала, росте під час експлуатації. Спричинено це зношенням елементів системи ПВЦ, через що збільшується діаметр перетину циліндра, а також зазори в замках окремих кілець (ущільнювальних та утримувальних) [2, 3]. Прийнято лінійну модель регресії, оскільки саме для неї досягнуто найбільші значення коефіцієнтів кореляції r . Наприклад, для “теплого” двигуна $r = 0,88$; 0,79 та 0,97 для ступеневі, логарифмічної та лінійної моделей відповідно.

РЕЗЮМЕ. Выявлено, что интенсивность продувок газов в коробку коленвала двигателя внутреннего сгорания во время его запуска – удобный параметр, с помощью которого можно определить не только количество потребленного топлива, но и уплотненность системы поршень–втулка–цилиндр. Это касается и “теплого”, и “холодного” двигателей, но значения коэффициента линейной корреляции “теплого” при температуре масла 70°C выше, нежели для “холодного” (0°C), что, очевидно, обусловлено тем, что во время запуска последнего происходит быстрый разогрев масла и изменение его вязкости.

SUMMARY. It has been established, that the blow-through intensity of gases into automotive combustion engines during the start is a convenient parameter, which allows us to determine not only the quantity of the used fuel, but also compactedness of the piston–hub–cylinder system. This refers both to a “hot” and a “cold” engines, but the values of coefficient of linear correlation for a “hot” engine at the temperature of 70°C is higher, as compared to the “cold” engine (0°C), what is, evidently, caused by the fact that during “cold” engine start a quick oil heating occurs and its ductility changes.

1. *Abramek K. F.* Studium wpływu parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych tłokowego silnika spalinowego na stratę ładunku. – Szczecin: Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, 2010. – 110 s.
2. *The “limits of lubrication” concept applied to the piston ring zone lubrication of modern engines / M. F. Fox, C. J. Jones, D. J. Picken, C. G. Stow // Tribology Letters. – 1997. – 1. – P. 27–34.*
3. *Hennessy M. and Barber G. C.* The effects of cylinder wall surface roughness and bore distortion on blow-by in automotive engines // Tribology Transactions. – 1995. – 38, № 4. – P. 966–972.

Одержано 13.07.2012