

УДК 621.891

О. О. МІКОСЯНЧИК, Р. Г. МНАЦАКАНОВ, М. С. ХІМКО

*Національний авіаційний університет, Україна***МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗНОШУВАННЯ ГІЛЬЗИ ЦИЛІНДРА ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

В роботі запропонована математична модель оцінки інтенсивності зношування гільзи циліндра двигуна внутрішнього згоряння залежно від параметрів конструкції двигуна, матеріалів кільце – циліндр, умов роботи двигуна внутрішнього згоряння, властивостей мастильного матеріалу, за якою можливо визначити появу нерівномірного зносу гільзи циліндра по висоті та прогнозувати ресурс експлуатації автомобіля.

Ключові слова: інтенсивність зношування, гільза циліндра, математична модель.

Вступ. Знос гільзи циліндра є однією з причин передчасної відмови двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Відомо, що інтенсивність зношування трибоспряжень залежить від теплових процесів, напруженого стану в зоні контакту та тривалості роботи. Окрім цього, на інтенсивність зношування гільз циліндра впливає якість палива та мастильного матеріалу, фізико-механічні властивості матеріалу та режим технічної експлуатації. В процесі експлуатації двигунів робочі поверхні циліндрів зношуються нерівномірно, в результаті чого відбувається зміна геометричної форми як по довжині, так і по діаметру циліндра. Збільшення внутрішнього діаметра і зміна форми робочої поверхні циліндрів приводять до значного збільшення робочих зазорів, що супроводжується зниженням потужності двигуна, збільшенням витрат палива і мастильного матеріалу.

Прогнозування інтенсивності зношування деталей ДВЗ в залежності від конструктивних та робочих параметрів з використанням розрахунково-аналітичних методів має велике практичне значення.

Огляд публікацій та аналіз невирішених проблем. По прогнозуванню фактичного ресурсу деталей циліндро-поршнєвої групи ДВЗ за величиною їх зносу на стадії проектування розроблено ряд математичних моделей.

Зокрема, в роботі [1] розглянуто особливості моделювання зношування верхнього поршнєвого компресійного кільця ДВЗ з урахуванням його переміщень та вібрацій в поршнєвій канавці двигуна та запропонована методика оцінки ресурсу поршнєвого кільця. В роботі [2] отримано залежності середньої і відносної середньої відстані між плямами контакту від комплексної характеристики шорсткості поверхонь при різних видах деформацій і умовах тертя деталей ДВЗ. З використанням метода складання умовних лінійних рівнянь на основі спрощеного алгоритму Гауса, приведення їх до нормальних рівнянь та рішення останніх, одержана формула розрахунку зносу втулок циліндрів різних типів двигунів внутрішнього згоряння, за якою можливе прогнозування величини зносу з достатньою для практичних цілей достовірністю [3].

Подальша розробка нових та удосконалення існуючих методів визначення зносу деталей ДВЗ та їх практичне використання є актуальним питанням.

Мета роботи. В роботі поставлено задачу розробки методики оцінки інтенсивності зношування гільзи циліндру з урахуванням конструкційних параметрів та режимів технічної експлуатації двигуна, основних параметрів робочого процесу ДВЗ.

Матеріали і методи досліджень. В якості об'єктів досліджень були обрані моделі двигунів внутрішнього згоряння ряду марок автомобілів при першому капітальному ремонті (табл. 1). При визначенні технічного стану перед ремонтом знос гільз визначався індикатором-нутромером у двох взаємно-перпендикулярних площинах і в чотирьох поясах-перетинах:

- на відстані $5 \div 10$ мм від верхньої площини циліндра - незношена частина циліндра;

- на відстані $10 \div 15$ мм від верхньої площини циліндра - найбільш зношена частина циліндра, ВМТ;

- посередині циліндра;

- на відстані $10 \div 15$ мм від нижньої площини циліндра, НМТ.

Таблиця 1

Результати мікрометричного вимірювання зносу гільзи циліндру в верхній та нижній мертвих точках (ВМТ та НМТ) для різних моделей двигунів залежно від пробігу автомобілів

Марка автомобіля	Рік випуску	Об'єм робочого тіла в циліндрі, см ³	Пробіг автомобіля, тис.км	Знос втулки циліндра, мм		Модель двигуна
				ВМТ	НМТ	
Audi-80	1998	2597	500	0,04 – 0,05	0,009 – 0,01	ABC V6
BMW 325e	1996	2693	400	0,10 – 0,12	0,03 – 0,05	M 50
Honda Civic	1986	1488	350	0,07 – 0,09	0,02 – 0,03	EW
Mercedes Benz 230	1995	2499	500	0,10 – 0,11	0,01 – 0,03	M102-16V
Mitsubishi Eclipse, L200	1991	1997	320	0,05 – 0,07	0,01 – 0,02	G63B
Opel Record	1999	1796	450	0,07 – 0,08	0,04 – 0,05	18S
Subaru Leone	1985	1298	300	0,12 – 0,13	0,06 – 0,07	EA65
Volkswagen Passat	1992	1896	600	0,12 – 0,14	0,009 – 0,01	1Y Diesel

В основу математичної моделі покладено систему алгебраїчних й диференціальних рівнянь, які описують основні робочі процеси двигуна: перекриття клапанів, впуск, стиск, згоряння, розширення, випуск [4]. Вхідними параметрами для розрахунку інтенсивності зношування гільзи циліндра в контакті перше компресійне кільце - гільза циліндра ϵ (рис. 1):

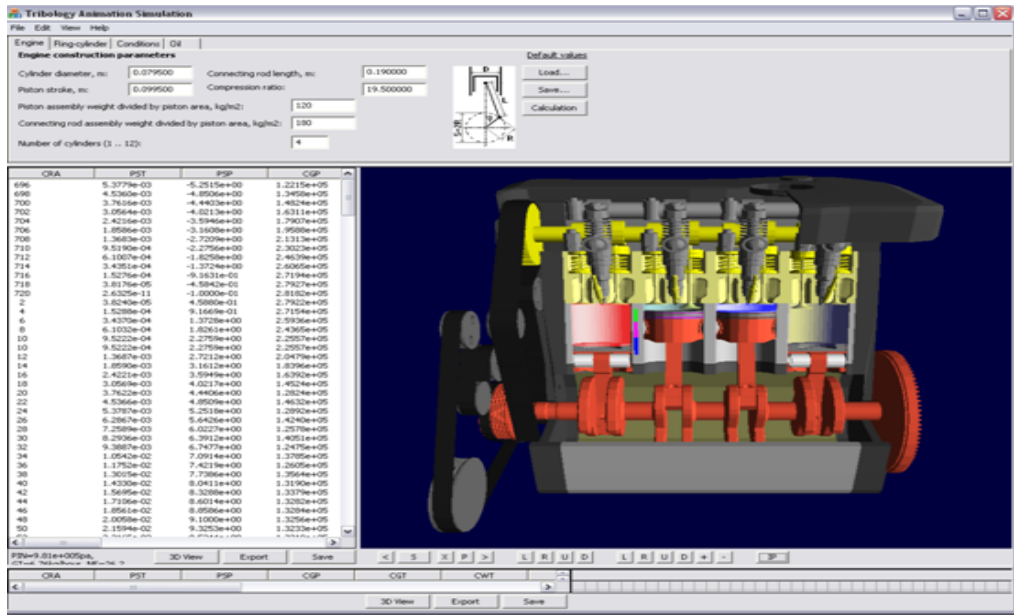
1) параметри конструкції двигуна: діаметр циліндра, хід поршня, довжина шатуна, вага поршневої групи, вага шатунної групи;

2) параметри матеріалів кільце-циліндр: висота кільця, ширина кільця, товщина стінки циліндра, діаметр кільця, приведений модуль пружності для пари тертя із сталі та чавуну, температуропровідність стінки (чавун), коефіцієнт теплопровідності гільзи циліндра (чавун), коефіцієнт теплопровідності кільця (сталь);

3) умови роботи (режими): частота обертів колінчатого вала, тиск у впу-

скному трубопроводі, нижча теплота згоряння, кількість повітря на 1 кг палива, тривалість згоряння, крок розрахунків;

4) властивості змащувальної рідини: кінематична в'язкість при 150 °С, динамічна в'язкість при 40 °С.



$$P_{e_i} = \frac{V_i^{0,1} \cdot H_k}{\alpha_{ц}}, \quad (3)$$

де V_i – лінійна швидкість поршня, що відповідає i -му куту повороту кривошипа, [м/с]; H_k – висота верхнього компресійного кільця, [м]; $\alpha_{ц}$ – температуропровідність стінки циліндра, [м²/с]; i – кут повороту кривошипа, [градус].

Критерій $T_{об}$ розраховується за формулою:

$$T_{об} = \frac{V_{P.T.}}{H_k \cdot S}, \quad (4)$$

де $V_{P.T.}$ – об'єм робочого тіла в циліндрі, [м³]; H_k – висота верхнього компресійного кільця, [м]; S – площа тепловідводу поверхні, [м²].

Об'єм робочого тіла в циліндрі:

$$V_{P.T.} = \frac{\pi \cdot D_{ц}^2 \cdot L}{4}, \quad (5)$$

де $D_{ц}$ – діаметр гільзи циліндра, [м]; L – хід поршня, [м].

Площа тепловідводу поверхні:

$$S = 2\pi \cdot \frac{D_{ц}}{2} \cdot L, \quad (6)$$

За одержаними значеннями інтенсивності зношування I_i представленої моделі можливо прогнозувати кінетику зміни даного чинника від кута повороту кривошипа для чотирьох тактів ДВЗ (рис. 2).

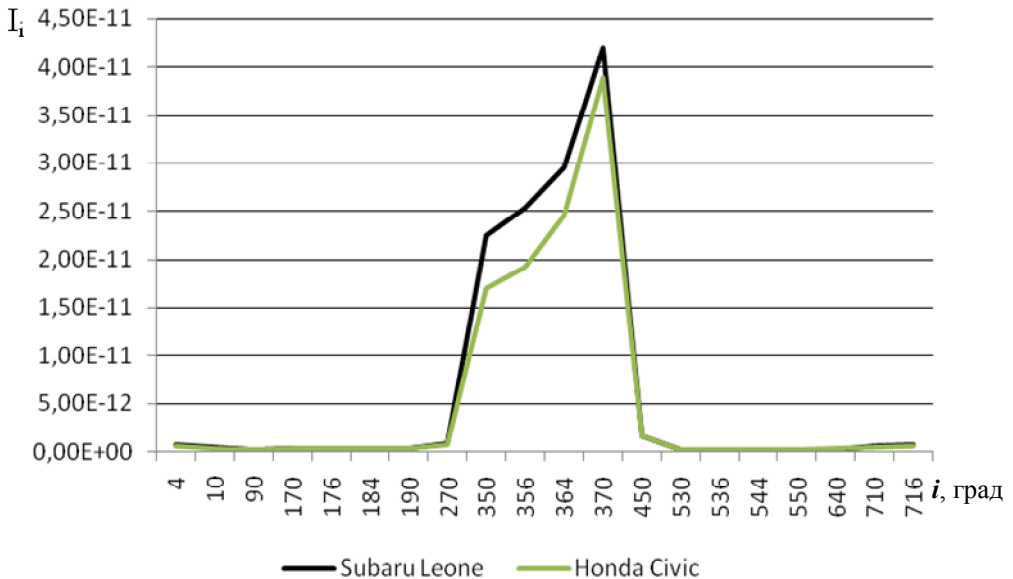


Рис. 2. Розрахункові значення інтенсивності зношування гільзи циліндра залежно від кута повороту кривошипа в робочому процесі ДВЗ для різних марок автомобілів

Аналіз епюр зносу втулок циліндрів по утворюючій показує наявність яскраво вираженого максимуму у верхній частині, в зоні ВМТ. Згідно одержаної математичної залежності динаміки зміни інтенсивності зношування гільзи, максимальні показники даного параметру характерні при таких робочих процесах

двигуна, як стиск паливно-повітряної суміші та її згоряння, що відповідає куту повороту кривошипу 244° - 474° .

Втулка циліндра є однією з найбільш напружених і відповідальних деталей двигуна, яка лімітує термін його служби до капітального ремонту. У зв'язку з цим прогнозування зносу гільзи циліндра в середніх умовах експлуатації автомобіля є першочерговим завданням. За допомогою представленої математичної моделі можливо теоретично спрогнозувати знос гільз циліндрів в залежності від пробігу автомобіля, що достовірно збігається з реальними показниками зносу гільз циліндрів при пробігу двигуна до його капітального ремонту (рис. 3).

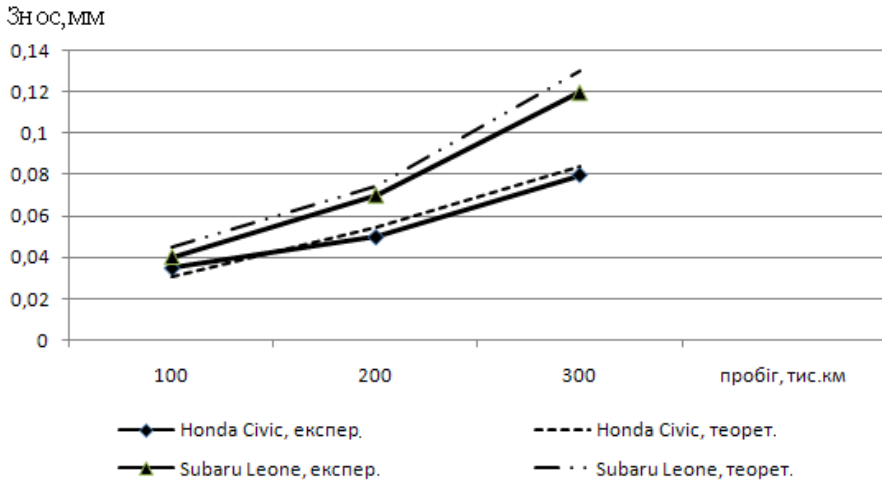


Рис. 3. Теоретичні та експериментальні залежності зміни зносу гільз циліндрів ДВЗ залежно від пробігу автомобілей

Висновки. Таким чином, за запропонованою математичною моделлю оцінки інтенсивності зношування гільзи циліндра ДВЗ залежно від параметрів конструкції двигуна, матеріалів кільце – циліндр, умов роботи ДВЗ, властивостей мастильного матеріалу, можливо визначити появу нерівномірного зносу гільзи циліндра по висоті та спрогнозувати ресурс експлуатації автомобіля за максимально допустимим зносом гільз циліндрів залежно від обраної моделі двигуна.

Список літератури

1. Борисов А. О. Моделирование изнашивания поршневого кольца двигателей внутреннего сгорания / А. О. Борисов, С. А. Загайко // Ползуновский вестник – 2006. – №4. – С. 27 – 31.
2. Заренбін В. Г. Оцінка середньої відстані між плямами контакту в парі тертя гільза циліндра – поршневе кільце ДВЗ./ В. Г. Заренбін, Г. Г. Карасьов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБ та А – 2010. – № 2. – С. 11 - 16.
3. Хьяев Н. Я. Влияние параметров рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания на износ втулок цилиндров / Н. Я. Хьяев // Трение и износ. – 2002. – № 5. – С. 571–574.
4. Матейчик В. П. Наукові основи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: дис. доктора техн. наук: 05.22.02 / В. П. Матейчик. – К., 2004. – 405 с.

O. O. MIKOSIANCHYK, R. G. MNATSAKANOV, M. S. KHIMKO

**MODELING THE WEAR INTENSITY OF SLEEVE CYLINDER
OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

There was presented the mathematical model of evaluating the wear intensity of sleeve cylinder of internal combustion engine depending on the parameters of engine design, materials of pair ring-cylinder, working conditions of internal combustion engine, lubricant properties, according to which it is possible to determine appearance of uneven wear of sleeve cylinder by the height and forecast operation resource of vehicle.

Keywords: wear intensity, sleeve cylinder, mathematical model.

Мікосянчик Оксана Олександрівна – канд. техн. наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 78 91.

Мнацаканов Рудольф Георгійович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри організації авіаційних робіт та послуг, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 68 75, E-mail: koarp@nau.edu.ua.

Хімко Маргарита Сергіївна – аспірант, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 72 58.