

ЕКСПРЕС ОЦІНЮВАННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВУЗЛІВ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

В даній роботі дано оцінку створеному стенду для дослідження зносостійкості вузлів двигуна внутрішнього згорання в умовах роботи двигуна наближених до реальних.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, розподільчий вал, мастило утримуючі канавки.

О.М. MAKOVKIN, O.P. BABAK
Khmelnytsky national university

RAPID ASSESSMENT OF THE DURABILITY OF THE NODES OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Abstract - The aim of the research - is to assess the health of components and assemblies of internal combustion engines. When using new materials, reinforcement technology of friction pairs, lubricants, additives and the like, you need to pre-estimate the service life using new technologies. The difficulty of such studies is to obtain qualitative results using a universal machine friction. Normally universal friction machine give only comparative results, because they can not simulate the operation of the engine. Because the deterioration process is influenced by: temperature, oil pressure, presence of wear debris and the like. Therefore, for quality evaluation was established full-scale stand.

In this work the assessment created by natural stand for research of wear resistance of engine components of internal combustion in engine working conditions close to real.

Keywords: internal combustion engine, the camshaft, the oil retaining grooves.

Вступ

У сучасній економіці автомобільний транспорт займає значну й основну частину ринку в сфері перевезення вантажів та пасажирів. На теренах пострадянських держав дуже велика кількість техніки радянського виробництва, яка має відносно невеликий моторесурс, який давно вичерпаний. У зв'язку з цим проводиться поточний та капітальний ремонт, відновлення вузлів, деталей, агрегатів, що викликає простої техніки, додаткові різноманітні витрати тощо. Сучасні темпи економічного розвитку висувають усе більш жорсткі вимоги до строків служби техніки. Тому існує проблема збільшення моторесурсу існуючої техніки, зокрема, двигунів внутрішнього згорання. Існує ряд запропонованих методик, матеріалів, технологій по відновленню, модернізації тих чи інших деталей та вузлів автомобіля. Але їх впровадження обмежується із-за великої ймовірності аварійних ситуацій. Оскільки одні і ті ж матеріали, технології при відновленні деталей мають різний моторесурс, оскільки працюють в різних середовищах, режимах тощо. Тому широко використовують табличні дані, математичні залежності, результати експериментів отриманих у лабораторних умовах для встановлення їх моторесурсу у конкретних умовах. Величини зношування отримані у лабораторних умовах, інколи на порядки відрізняються від реальних. Тому існує проблема з одного боку отримати якісний результат, який максимально відповідає реальним значенням по зносостійкості, а з іншого боку – швидко оцінити запропоновані технологічні чи конструкторські зміни в тому чи іншому вузлі автомобіля.

Існують декілька методів підвищення зносостійкості пар тертя.

Експлуатаційний – до нього можна віднести: використання якісного та вчасна заміна мастила, робота двигуна при оптимальних режимах тощо.

Конструкторський – конструктивні зміни деталей, вузлів та агрегатів.

Технологічний – безпосередньо технологічні підходи: якість поверхні, матеріали тощо.

Будь-який із запропонованих методів потрібно перевірити на практиці. Перед вводом в експлуатацію вузлів, деталей, які підпадали модернізації потрібно провести експериментальні дослідження – встановити реальний моторесурс.

Дослідження зносостійкості матеріалів проводяться при різних видах зношування, у тому числі при схоплюванні, абразивному зношуванні, гідроабразивному зношуванні, кавітації і т.д. Використовуючи різні схеми тертя, спеціальні та універсальні машини тертя.

При таких випробуваннях можна отримати ряд показників зносостійкості, якісно відповідних до експлуатаційних даних, якщо конструктивні фактори мало позначаються на зношуванні деталей.

Результати трибологічних досліджень у подальшому використовуються для встановлення математичних залежностей, які надалі використовуються для аналогічних пар тертя, з урахуванням масштабного фактору, деяких поправочних коефіцієнтів. Але врахувати всі тонкості при роботі, наприклад, деталей двигуна важко і тому результати не завжди відповідають дійсності.

Одним із проблемних трибологічних пар тертя – є газорозподільний механізм. Газорозподільний механізм містить велику кількість пар тертя, однак, найбільш навантаженим, а відповідно, піддається інтенсивному зношуванню – пара тертя "кулачок – штовхач" або "кулачок – коромисло" [1, 2, 3]. Для забезпечення нормального технічного стану двигуна в цілому і його окремих систем використовується система періодичного обслуговування, яка включає, як регулювання вузлів, так і заміну деталей. Для забезпечення високої ефективності експлуатації обов'язковою умовою є визначення ресурсу деталей, агрегатів, і, насамперед вузлів тертя.

Враховуючи специфічні умови роботи вузлів тертя двигуна внутрішнього згорання для трибологічних досліджень, наприклад, модернізованого розподільчого валу було обрано методику стендових досліджень. Оскільки дані дослідження максимально наближені до реальних.

Стендові випробування вузлів тертя дозволяють оцінювати показники зносостійкості деталей і їх спряжень у натурі з урахуванням впливу конструктивних і технологічних факторів.

На стендах можливе проведення випробувань практично будь-яких деталей і вузлів. При цьому можливі випробування як натурних, так і спеціально виготовлених зразків. Хоча в останньому випадку не повинен виключатися вплив на зносостійкість конструктивних факторів. У стендових випробуваннях найкраще поєднуються чистота і точність лабораторних експериментів з реальними об'єктами дослідження та умов їх роботи.

Експериментальна частина

У якості об'єкта досліджень був обраний ДВС ВАЗ, що випускається на заводі в м. Тольятті (Російська федерація). Вибір об'єкта обумовлений великою поширеністю даної моделі двигунів, оскільки він установлюється вже протягом 40 років на більш ніж 20 млн. автомобілів, більшість із яких експлуатуються і у наш час.

Одним з основних вузлів двигуна є газорозподільний механізм (ГРМ). Механізм газорозподілу призначений для впуску в циліндр двигуна паливної суміші та для випуску відпрацьованих газів [2].

Розподільний вал призначений для передачі руху клапанам від колінчатого вала. Він виконаний за одне ціле з кулачками. Розподільний вал має верхнє розташування і приводиться в рух цепною, пасовою або зубчастою передачами.

Установка (рис. 1) призначена для проведення стендових випробувань в умовах максимально наближених до реальних, по дослідженню роботи деталей і вузлів газорозподільного механізму (ГРМ) автомобільних двигунів, вивчення процесів тертя та зношування сполучених деталей, що виникають, і супроводжують роботу механізму.

Стенд являє собою робочий макет двигуна автомобіля ВАЗ, розташований і закріплений на спеціально виготовленій рамі 19 (рис. 2). Основними складовими частинами установки є блок картера двигуна 12, головка двигуна 1 з розташованим на ній газорозподільним механізмом, кулачковий вал 4 із приводом клапана - рокера 4, колінчатий вал, масляний насос 17, масляний фільтр 16, електродвигун 19 і панель із органами керування: терморегулятором 30 і пусковим пристроєм 29.

Установка оснащена вузлами і системами, необхідними для забезпечення нормальної роботи двигуна і його механізму газорозподілу: системою змащення та фільтрації масла, що складається з масляного насоса 17 і масляного фільтра 16. Технічні параметри системи змащення установки.

1. Робочий тиск масла - $1,5 \text{ кг/мм}^2$.
2. Температура масла - $85 - 90^\circ\text{C}$.
3. Об'єм системи змащування - 4 л.
4. Масляний фільтр – нерозбірний, повно проточний, з паперовим пористим фільтруючим елементом.
5. Мастило - мінеральне, усе сезонне - 15W-40 М-6з/12Г1.
6. Масляний насос - шестеренний зовнішнього зачеплення.

Додатково стенд оснащений системою підігріву мастила, яка необхідна для моделювання температурних процесів, що протікають у двигуні внутрішнього згорання і мають прямий вплив на роботу та процеси між деталями ГРМ, шляхом зміни властивостей мастильного середовища, внаслідок підвищення температури мастила. Система підігріву складається з елементу підігрівання мастила 25, датчика температури мастильного середовища 15, і терморегулятора 30.

Технічні характеристики системи підігріву масла установки.

1. Робоча напруга - 220 В.
2. Потужність нагрівального елемента - 1000 Вт.
3. Час нагрівання до 90°C - 50 хв.
4. Робочий режим: нагрівання/охолодження - 60-90 з/150 - 180 с.
5. Діапазон регульованої температури: $20 - 100^\circ\text{C}$.
6. Похибка температури - 1 %.

Привід механізму газорозподілу здійснюється від електродвигуна 18 через клинопасову передачу 24 на спеціально виготовлений шків колінчатого вала 26, далі через зірочку колінчатого вала, далі через дворядну ланцюгову передачу 27 на зірочку привода допоміжних агрегатів (масляного насоса, розподільника запалювання й паливного насоса) і на ведену зірочку кулачкового вала 4.

Технічні характеристики привода установки.

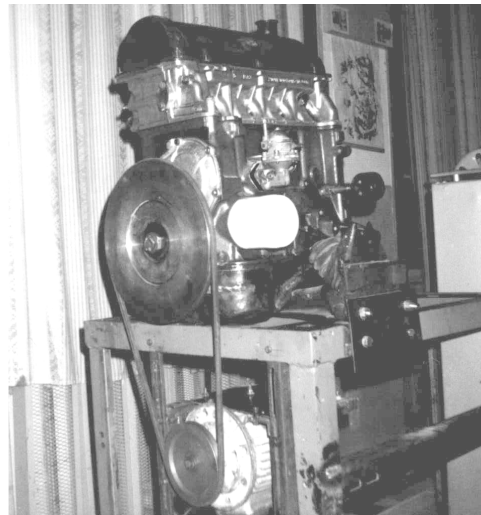


Рис. 1. - Загальний вид стенда

1. Двигун - трифазний асинхронний 4AA80B2KY3.
2. Потужність двигуна - 1100 Вт.
3. Максимальна частота обертання - 2850 об/хв.
4. Передаточне число клинопасової передачі - 0,5.
5. Передаточне число ланцюгової передачі - 0,5.

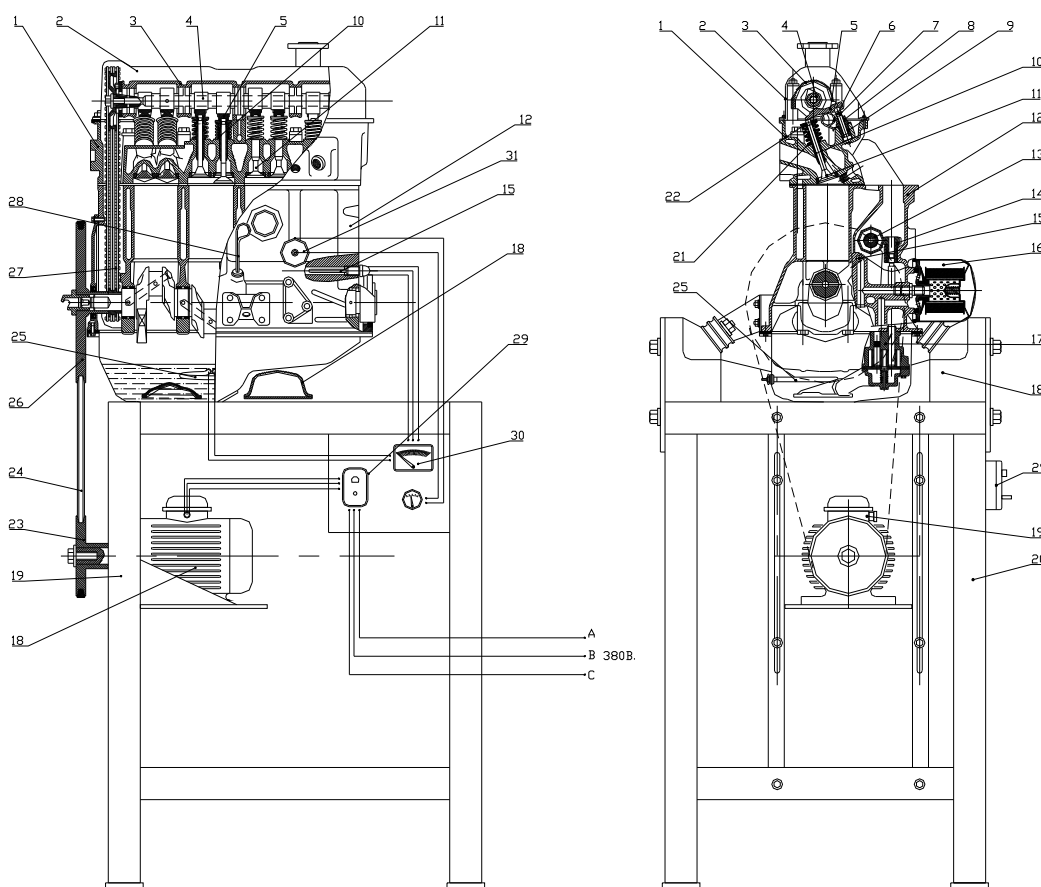


Рис. 2. Схема стенда

Оцінка ефективності роботи стендових досліджень проводилась на створеній установці, що імітує роботу двигуна. Для оцінки ефективності технологічних заходів з метою підвищення зносостійкості розподільного вала механізму газорозподілу карбюраторного двигуна внутрішнього згоряння шляхом формування мастилоутримуючого профілю. Проведено експрес оцінювання зносостійкості стандартного вала та з технологічними канавками. Таке ж оцінювання можна провести використовуючи різноманітні мастила, матеріали, покриття, термообробку тощо.

Мастилоутримуючий профіль формувався з використанням обкатника при оптимальних режимах, що забезпечують високу зносостійкість.

При проведенні стендових випробувань використовувалися стандартні розподільні вали і вали, на робочих поверхнях кулачків яких був сформований мастилоутримуючий профіль. Обидва різновиди розподільних валів випробувалися на однакових режимах, які відповідають середньостатистичним режимам експлуатації [9].

Стендові випробування проводилися при частоті обертання розподільного вала 900 об/хв. У ході випробувань використовувалося мінеральне масло 15W40 М-6₃/12Г1, температура якого підтримувалася в інтервалі 85 – 90 °С при тиску в мастильній системі 0,10 ... 0,15 МПа.

Випробування проводилися протягом 100 годин, при цьому періодично проводилися виміри величини зношування. Величина зношування вимірялася в найбільш навантаженій точці – на вершині кулачка. Виміри проводилися із застосуванням оптичної ділильної головки ОДГ-2 і індикатора годинного типу ИЧ-01 з точність до 10 мкм. Результати випробувань представлені на рис. 3.

Отримані результати представлені на рис.3 свідчать про те, що час припрацювання практично не змінився, він у обох випадках дорівнює 10 ... 20 год, але різниця величини лінійного зношування між двома випадками більше 10 мкм. У першому випадку крива 1 рис. 3 використовувався розподільчий вал без мастилоутримуючого каналу, у другому – крива 2 з мастилоутримуючим каналом. У обох випадках кут нахилу усталеної ділянки зношування приблизно однаковий, це свідчить про те, що мастилоутримуючий канал сприяє інтенсивному змащуванню підчас припрацювання (обкатки). Дана методика дозволила збільшити моторесурс вузла у чотири рази рис.3.

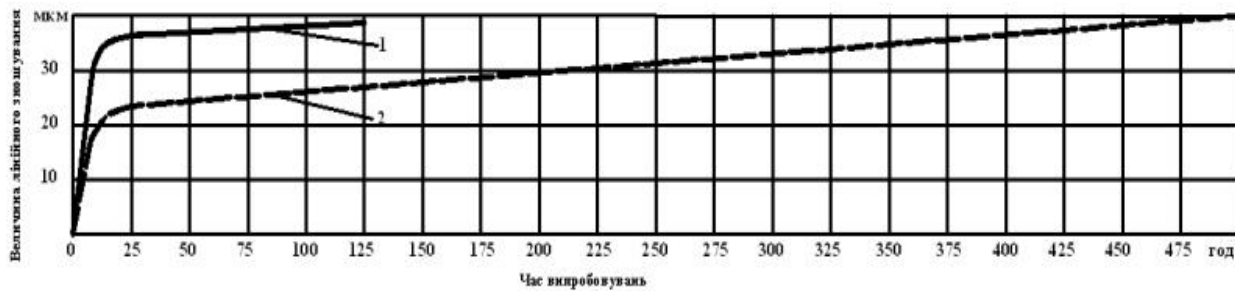


Рис. 3. Результати стендових випробувань:
1 – без мастилоутримуючих каналів; 2 – з мастилоутримуючими каналами

Отримані результати з використанням розробленої установки якісно не відрізняються від аналогічних експериментів проведених на універсальній машині тертя. Кількісно величини по зносостійкості відрізняються у різних випадках не менше ніж на 50 %. Тобто, це свідчить про те, що дане стендове випробовування включає більше факторів специфіки роботи двигуна (тиск та температура мастила, зміна тиску мастила, температурні градієнти, жорсткість системи, вібрації тощо). Усі ці перераховані фактори суттєво впливають на зносостійкість.

Висновок

1. Розроблений стенд для лабораторних випробувань розподільних валів на зношування дає якісні і кількісні показники. При цьому використовується експлуатаційне мастило та імітується його температурний режим.
2. Проведені стендові випробування розподільних валів із гладкою контактною поверхнею і з нанесеним мастилоутримуючим профілем підтвердили доцільність запропонованого методу підвищення зносостійкості.
3. Результати натурних і стендових випробувань кількісно не відрізняються.

Література

1. Бухарин Н.А. Автомобили / Бухарин Н.А., Прозоров В.С., Щукін М.М. – Л.: Машиностроение, 1973. – 504 с.
2. Ленин И.М. Автомобильные и тракторные двигатели / Ленин И.М., Попык К.Г., Малашкин О.М. – М.: Высшая школа, 1969. – 656 с.
3. Степурин П.В. Теоретические исследования трения и изнашивания рабочих поверхностей кулачковых механизмов / Степурин П.В. - Трение и износ.-1998.-Т.19, №6.-С. 739-743.
4. Кузьменко А.Г. Метод испытаний на износ по схеме "вращающийся цилиндр-плоскость" / Кузьменко А.Г., Бабак О.П. - Проблемы трибологии. – 2000. – №2 (14). – С.116-122.
5. Бабак О.П. Лабораторные испытания по схеме "вращающийся цилиндр-плоскость" / Бабак О.П., Кузьменко А.Г., Пасечник А.А. - Проблемы трибологии. – 2000. – №4. – С. 87-89.
6. Крагельский И.В. Трение и износ / Крагельский И.В. – М. Машгиз. 1962. – 383с.
7. Карасик И.И. Основные направления комплексной стандартизации и контроля триботехнических показателей / Карасик И.И. - Стандартизация методов контроля триботехнических показателей качества. – М.: ВНИИНМАШ, 1987. – С.6-14.
8. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин / Тененбаум М.М. – М.: Машиностроение, 1966. - 331с.
9. Григорьев М.А. Методика ускоренных стендовых испытаний бензиновых двигателей легковых автомобилей / Григорьев М.А., Галактионов А.Е., Левит С.М. - Автомобильная промышленность. – 1997. - №3. – С. 33 – 35.

References

1. Bukharin N. Cars / NA Bukharin , Prozorov VS Shchukin MM - A .: Engineering , 1973. - 504 p.
2. Lenin I.M. Automobile and tractor engines / IM Lenin , Popyk KG, OM Malashkin - M .: Higher School , 1969. - 656 p.
3. Stepurin P.V. The theoretical study of friction and wear of working surfaces of cams / Stepurin PV - Friction and iznos. - 1998 - T.19 , №6.- P. 739-743 .
4. Kuzmenko A.G. Test method for wear on a " rotating cylinder - plane" / Kuzmenko AG, Babak OP - Problems of Tribology . - 2000. - №2 (14) . - P.116-122
5. Babak O.P. Laboratory tests on a "rotating cylinder-plane" / Babak OP, Kuzmenko AG, Pasechnik AA - Problems of Tribology. - 2000. - №4. - P. 87-89.
6. Kragelsky I.V. Friction and wear / KRAGELSKY IV - M. Mashgiz. 1962. – 383p.
7. Karasik I.I. The main directions of complex standardization and control Tribotechnical indicators / Karasik II - Standardization of methods to control the tribological quality indicators. - M .: VNIINMASH, 1987. - P.6-14.
8. Tenenbaum M.M. The wear resistance of construction materials and machine parts / MM Tenenbaum - M .: Engineering, 1966. – 331p.
9. Grigoriev M.A. Methods of accelerated bench testing of gasoline engines in passenger cars / MA Grigoriev , Galaktionov AE, Lev S. - Automotive industry. - 1997. - №3. - P. 33 - 35 .

Рецензія/Peer review : 8.9.2015 р. Надрукована/Printed :15.11.2015 р.