

УДК 621.43.001

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСА ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВС

А.В. Бажинов, профессор, д.т.н., Е.А. Серикова, ассистент, ХНАДУ

Аннотация. Предложен способ имитации износа цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания, который может быть использован при исследовании методов инструментальной оценки остаточного ресурса ДВС.

Ключевые слова: остаточный ресурс, износ цилиндропоршневой группы, диагностика ДВС.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗНОСУ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВЗ

О.В. Бажинов, професор, д.т.н., О.А. Сєрікова, асистент, ХНАДУ

Анотація. Запропоновано спосіб імітації зносу циліндропоршнєвої групи двигуна внутрішнього згорання, який може бути використаний при дослідженні методів інструментальної оцінки залишкового ресурсу ДВЗ.

Ключові слова: залишковий ресурс, знос циліндропоршнєвої групи, діагностика ДВЗ.

MODELING OF ICE CILINDER-PISTON GROUP WEAR IMMITATION

A. Bazhinov, Professor, Doctor of Technical Science, E. Serikova, Assistant, KhNAHU

Abstract. The method of ICE cylinder-piston group wear immitation that can be used at investigation of tool estimation of ICE residual service life is offered.

Key words: residual service life, cylinder-piston group wear, ICE diagnostics.

Введение

Прогнозирование остаточного ресурса (ОР) – это научно обоснованное определение пробега (времени), по истечении которого диагностический параметр или эксплуатационный показатель достигнет предельного значения. Прогнозирование ОР выполняется как одно из мероприятий по повышению надежности эксплуатируемого объекта, рекомендуемых ДСТУ 2361-94 и осуществляемых при диагностировании транспортных средств.

Анализ публикаций

Выделяют следующие методы прогнозирования ОР [1]:

– экспертных оценок, сущность которых сводится к обобщению, статистической обработке и анализу опыта эксплуатации;

– моделирования, при которых результаты экспериментов на моделях пересчитываются для натурального объекта и натуральных условий эксплуатации;

– методы, в которых закономерности изменения прогнозируемых параметров описываются полиномиальными зависимостями (частный случай – линейная зависимость).

Некоторые исследователи [2, 3] предлагают осуществлять оценку ОР на основе математического моделирования физических процессов, происходящих с сопряжениями в ходе эксплуатации. В [4] рассматривается метод прогнозирования ресурса по суммарному расходу топлива.

Постановка задачи

Применение методов прогнозирования ОР предполагает либо исследование большого

числа двигателей с разной степенью износа, либо исследование одного двигателя в течение продолжительного промежутка времени, что сопряжено со значительными финансовыми затратами и организационными сложностями.

В связи с этим появляется необходимость в разработке способов имитации износа ДВС. В данной статье рассматривается имитатор неплотностей цилиндропоршневой группы (ИН) и возможность его использования для имитации различных степеней износа на одном двигателе.

Имитация неплотностей ЦПГ

В [5] предложен метод прогнозирования ОР ДВС, базирующийся на оценке износа ЦПГ и КПМ по параметрам, измеряемым в процессе пуска двигателя: току стартера I_{st} , напряжению аккумуляторной батареи U_{ab} , скорости вращения коленчатого вала ω_{kv} и температуре масла T_m . Их измерение осуществляется соответствующими датчиками при отключенном зажигании и отключенном топливном насосе.

При реализации данного метода возникает задача идентификации зависимости величины неплотностей ЦПГ (δ_{CPG}) от указанных параметров.

Для имитации заданной величины неплотностей в процессе формирования базы экспериментальных данных использовался имитатор неплотностей (рис. 1). Данное устройство представляет собой переходник, устанавливаемый в свечное отверстие и соединенный с компрессометром.



Рис. 1. Имитатор неплотностей ЦПГ

На боковой стенке переходника имеются отверстия переменного сечения.

Градуировка имитатора выполнялась в процессе пуска двигателя, когда заданным величинам неплотностей dS ставились в соответствие измеряемые величины компрессии P_k . Величины dS , соответствующие различным степеням износа ЦПГ, определялись согласно руководству по технической эксплуатации, в котором сопоставляются степени износа и величины компрессии.

В процессе измерения P_k необходимо учитывать, что установка ИН приводит к уменьшению степени сжатия в цилиндре. Для устранения возникающей инструментальной погрешности и расчета действительной величины компрессии P_k необходимо ввести поправку (при $T = \text{const}$)

$$P_k = P' \frac{v + V_{im}}{v},$$

где P' – измеренная компрессия при установленном ИН; V_{im} – объем ИН; v – объем надпоршневого пространства в момент такта сжатия. Зная степень сжатия

$$k = \frac{V + \frac{V}{4}}{v},$$

получим

$$v = \frac{V}{4(k-1)},$$

где V – рабочий объем двигателя; k – степень сжатия.

Результаты экспериментальных исследований

На рис. 2 приведены результаты измерений P_k при различных значениях dS , соответствующих износу двигателя от 0 до 100 % на холодном двигателе и после его прогрева. Исследования проводились на двигателе МЕМЗ-307, обладающем следующими параметрами: диаметр цилиндра – 75 мм; ход поршня – 73,5 мм; рабочий объем двигателя $V = 1,299$ л; степень сжатия $k = 9,8$; количество цилиндров $n = 4$.

Как видно из рис. 2, зависимость компрессии от приращения площади неплотностей ЦПГ

на холодном двигателе может быть аппроксимирована полиномом второй степени

$$P_{kx}(dS) = a_{2x} \cdot dS^2 + a_{1x} \cdot dS + a_{0x},$$

где $a_{2x} = 91,9673$; $a_{1x} = -415,7561$;
 $a_{0x} = 1337,0623$.

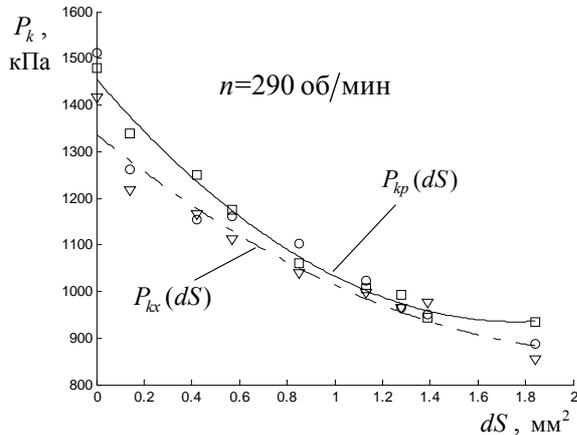


Рис. 2. Зависимость компрессии от приращения площади неплотностей ЦПГ: ∇ – холодный двигатель ($T_0 = 13^\circ\text{C}$); \square – после прогрева до температуры $T_1 = 30^\circ\text{C}$; \circ – после прогрева до температуры $T_2 = 40^\circ\text{C}$; $P_{kx}(dS)$ – компрессия на холодном двигателе; $P_{kp}(dS)$ – компрессия на прогревом двигателе

Средняя квадратическая ошибка аппроксимации определяется согласно выражению:

$$\sigma_{ex} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2},$$

где n – количество экспериментальных точек, полученных на холодном двигателе; $e_i = P_{ki} - P_{kxi}$ – ошибка аппроксимации для i -го измерения; $\bar{e} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n e_i$ – среднее арифметическое значение ошибки аппроксимации. В данном случае средняя квадратическая ошибка аппроксимации составляет $\sigma_{ex} = 37,8513$ кПа. После прогрева двигателя характер зависимости компрессии от приращения площади неплотностей ЦПГ несколько изменяется. Коэффициенты аппроксимирующего полинома $P_{kp}(dS)$ при этом принимают значения:

$$a_{2p} = 167,7511; a_{1p} = -590,7667;$$

$a_{0p} = 1455,5160$. Средняя квадратическая ошибка аппроксимации уменьшается до $\sigma_{ep} = 18,0657$ кПа.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что с использованием предложенного имитатора неплотностей возможно сформировать базу данных для идентификации зависимостей $\delta_{CPG} = f(I_{st}, U_{ab}, \omega_{kv}, T_m)$.

При небольшом и среднем износе двигателя измерения лучше проводить после его прогрева. При существенном износе двигателя влияние площади неплотностей на величину компрессии выше при низких температурах, следовательно, выполнять измерения лучше до прогрева при обязательном контроле температуры.

Литература

1. Гурвич И.Б. Эксплуатация и надежность автомобильных двигателей / И.Б. Гурвич, П.Э. Сыркин, В.И. Чумак. – М.: Транспорт, 1994. – 144 с.
2. Чумак В.И. Разработка метода оценки ресурса подвижных соединений ДВС на основе физической модели изнашивания / В.И. Чумак, А.И. Илларионов, Л.А. Лейфер // Двигателестроение. – 1987. – №12. – С.9 – 31.
3. Бурштейн Л.М. Прогноз износа поршневого кольца с учетом саморазгрузки сопряжения кольцо – гильза / Л.М. Бурштейн, А.Д. Соколов. // Двигателестроение. – 1987. – №12. – С.15 – 17.
4. Бажинов А.В. Прогнозирование остаточного ресурса автомобильного двигателя / А.В. Бажинов. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 95 с.
5. Бажинов А.В. Программно-аппаратный комплекс оценки остаточного ресурса двигателя внутреннего сгорания / А.В. Бажинов, Е.А. Серикова // Вестник ХНАДУ: сб. научн. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2009. – Вып. 45. – С.79 – 84.

Рецензент: О.П. Алексеев, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 15 марта 2010 г.