

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНАШИВАЕМОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

1. Введение

Режимы работы силового агрегата автомобильного крана в эксплуатационных условиях характеризуются нагрузочными и скоростными параметрами.

Анализ работ [1, 2] показывает, что основными режимами работы силовых агрегатов установленных на грузоподъемных машинах являются неустановившиеся. Имеется в виду, что изменение нагрузочных и скоростных параметров определяется не конструктивными характеристиками, а внешними эксплуатационными воздействиями. Основными показателями неустановившихся режимов являются не только величины параметров, но и интенсивности их изменения. Изучение данной проблемы достаточно сложно, поскольку необходимо учитывать многофакторность процесса изменения ресурса деталей. Наиболее полно исследовать эту проблему можно, создав обобщенную аналитическую модель, которая учитывала бы все факторы: нагрузочные (P), скоростные (ω), а также коэффициента динамичности (k_D).

Износ пар трения с учетом режимов работы можно рассмотреть как функцию следующих параметров [3]:

$$\frac{du}{d\Theta} = f(P_e; W_e; \omega; j; k_D); \quad (1)$$

2. Основное содержание

Для исследования функции (1) зададимся следующими условиями:

1) работа двигателя происходит с постоянной скоростью вращения коленчатого вала и $W_p = 0$, коэффициент динамичности не учитывается. Тогда дифференциальное уравнение изменения ресурса преобразуется в двухмерную функцию, имеющую следующий вид:

$$\frac{du}{d\Theta} = f_1(P_e). \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что на первом этапе исследования следует экспериментально установить закономерности изменения ресурса в зависимости от установившейся нагрузки;

2) двигатель работает с постоянной нагрузкой, причем ускорение коленчатого вала равно нулю, коэффициент динамичности не учитывается. Тогда

$$\frac{du}{d\Theta} = f_2(\omega). \quad (3)$$

Из (3) следует, что необходимо изучить влияние скоростного режима на ресурс;

3) двигатель работает при постоянной скорости и изменяющейся нагрузке, коэффициент динамичности не учитывается. При этом анализируемая функция имеет следующий вид:

$$\frac{du}{d\Theta} = f_3(W_p). \quad (4)$$

Из уравнения (4) видно, что нужно экспериментально изучить влияние интенсивности изменения нагрузки на ресурс;

4) допустим, что двигатель работает при постоянной нагрузке и изменяющейся во времени скорости, коэффициент динамичности не учитывается. Тогда дифференциальное уравнение преобразуется в функцию вида

$$\frac{du}{d\Theta} = f_4(j). \quad (5)$$

5) предполагаем, что двигатель работает при постоянной скорости и нагрузке с учетом влияния коэффициента динамичности. Тогда имеем дифференциальное уравнение

$$\frac{du}{d\Theta} = f_5(k_D). \quad (6)$$

Из выражения (6) видно, что при итерационном методе решения обобщенного дифференциального уравнения следует экспериментально определить влияние коэффициента динамичности на ресурс силового агрегата.

Два первых шага итерации (2), (3) показывают пути изучения ресурса силового агрегата при стационарных изменяющихся параметрах и не представляют значительной трудности для экспериментальной проверки. Для проверки условий (4), (5) и (6) необходимо составить динамическую программу и использовать экспериментальную установку, обеспечивающую ее воспроизведение.

Предложенные алгоритмы позволяют реализовать экспериментальную проверку третьего и четвертого шагов итерации, которые могут быть представлены в общем виде:

$$P_{\vartheta} = const \left\{ \begin{array}{ll} n = n_1 \div n_2; & j = j_1 \\ n = n_1 \div n_2; & j = j_2 \\ n = n_1 \div n_2; & j = j_3 \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ n = n_1 \div n_2; & j = j_i \\ n = n_2 \div n_3; & j = j_1 \\ n = n_2 \div n_3; & j = j_2 \\ n = n_2 \div n_3; & j = j_3 \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ n = n_2 \div n_3; & j = j_i \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ n = n_k \div n_{k+1}; & j = j_1 \\ n = n_k \div n_{k+1}; & j = j_2 \\ n = n_k \div n_{k+1}; & j = j_3 \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ n = n_k \div n_{k+1}; & j = j_i \end{array} \right\} n_{\vartheta} = var,$$

$$\left. \begin{array}{l}
 P_e = P_{e_1} \div P_{e_2}; \quad W_p = W_{p_1} \\
 P_e = P_{e_1} \div P_{e_2}; \quad W_p = W_{p_2} \\
 P_e = P_{e_1} \div P_{e_2}; \quad W_p = W_{p_3} \\
 \dots\dots\dots \\
 P_e = P_{e_1} \div P_{e_2}; \quad W_p = W_{p_j} \\
 P_e = P_{e_2} \div P_{e_3}; \quad W_p = W_{p_1} \\
 P_e = P_{e_2} \div P_{e_3}; \quad W_p = W_{p_2} \\
 P_e = P_{e_2} \div P_{e_3}; \quad W_p = W_{p_3} \\
 \dots\dots\dots \\
 P_e = P_{e_2} \div P_{e_3}; \quad W_p = W_{p_j} \\
 \dots\dots\dots \\
 P_e = P_{e_k} \div P_{e_{k+1}}; \quad W_p = W_{p_1} \\
 P_e = P_{e_k} \div P_{e_{k+1}}; \quad W_p = W_{p_2} \\
 P_e = P_{e_k} \div P_{e_{k+1}}; \quad W_p = W_{p_3} \\
 \dots\dots\dots \\
 P_e = P_{e_k} \div P_{e_{k+1}}; \quad W_p = W_{p_j}
 \end{array} \right\} n_9 = const \quad P_9 = var .$$

Реализация приведенных алгоритмов базируется на критерии идентичности работы двигателя как при установившихся, так и при неустановившихся режимах. Такая аналогия позволяет сопоставить результаты исследований с данными экспериментальных испытаний [4].

Для реализации экспериментальной проверки пятого шага итерации можно варьировать моментом инерции маховика переменной массы экспериментальной установки. Для этого необходимо построить двухмассовую динамическую эквивалентную модель установки, на которой будем производить износные испытания.

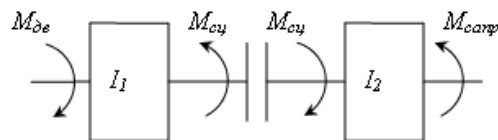


Рис. 1 – Динамическая двухмассовая модель экспериментальной установки: $M_{дв}$ – момент двигателя; $M_{сц}$ – момент сцепления; $M_{сопр}$ – момент сопротивления движению; I_1 , - момент инерции двигателя КАМАЗ – 740, I_2 – момент инерции, маховика переменной массы нагружателя установки

Воспользовавшись методикой [5] составим дифференциальные уравнения колебательной системы экспериментальной установки:

$$\ddot{M}_{12} + \kappa_{12} \left(\frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} \right) \dot{M}_{12} + \beta_{12}^2 M_{12} = \frac{c_{12}}{I_1} M_{об}(t) + \frac{c_{12}}{I_2} M_{comp}(t); \quad (7)$$

Решив уравнение (7), можно провести численный эксперимент зависимости коэффициента динамичности от момента инерции I_2 при этом I_1 остается постоянным (рис. 2.).

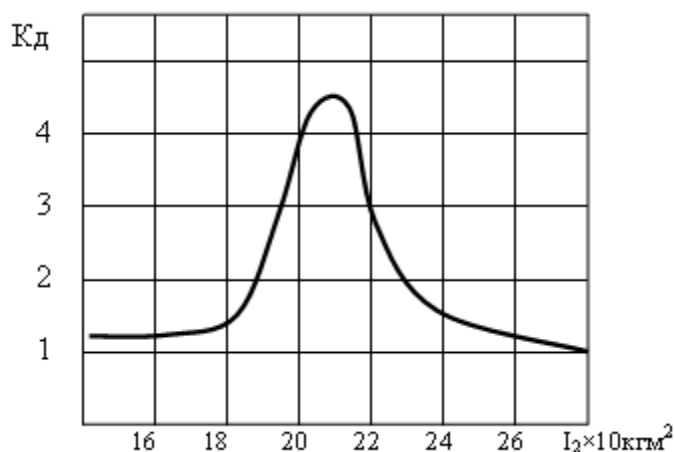


Рис. 2 – Изменение коэффициента динамичности экспериментальной установки от момента инерции I_2 нагружателя.

Конструкция установки позволяет изменять момент инерции маховика переменной массы I_2 и тем самым варьировать коэффициентом динамичности, что позволяет осуществить проверку пятого шага итерации.

Выводы

На основании теории планирования эксперимента построена аналитическая модель, связывающая изменение ресурса силового агрегата с динамически изменяющимися режимами работы автомобильного крана. С помощью итерационного метода построена программа оптимального проведения эксперимента и получения экспериментальных зависимостей.

Список использованных источников:

1. Мишин И. А. Долговечность двигателей / И. А. Мишин. – Л. : Машиностроение, 1976. – 288 с.
2. Ждановский Н. С. Экономичность и долговечность тракторных и автомобильных двигателей в зависимости от режимов работы. Ч. 1 / Н. С. Ждановский, А. В. Николаенко. – Л., 1967. – 91 с.
3. Мельниченко А. А. Износ двигателей при динамических режимах работы / А. А. Мельниченко, О. С. Подоляк // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков, 2005 – Вип. 39. – С. 61-65.
4. Канарчук В. Е. Долговечность и износ двигателей при динамических режимах работы / В. Е. Канарчук. – К. : Наукова думка, 1978. – 256 с.
5. Федорова З. М. Подъемники / З. М. Федорова, И. Ф. Лукин, А. П. Нестеров. – К. : Вища школа, 1976. – 296 с.

Подоляк О.С. «Исследование изнашиваемости двигателя внутреннего сгорания при неустановившихся режимах работы».

Исследуется многофакторная модель изменения ресурса двигателя автомобильного крана при переходных процессах методом итерации с учетом скоростных и нагрузочных параметров, а также коэффициента динамичности.

Ключевые слова: двигатель, автомобильный кран, режимы работы, износ, коэффициент динамики.

Подоляк О.С. «Дослідження зношуваності двигуна внутрішнього згоряння при неусталених режимах роботи».

Досліджується багатofакторна модель зміни ресурсу двигуна автомобільного крана при перехідних процесах за допомогою метода ітерації з урахуванням швидкісних і навантажувальних параметрів, а також коефіцієнта динаміки.

Ключові слова: двигун, автомобільний кран, режими роботи, знос, коефіцієнт динаміки.

Podolyak O.S. “Research of internal combustion engine wear by transient condition”.

Investigation of the multifactorial model of change engine service truck crane transient iteration method with the speed and load parameters and the dynamic coefficient.

Key words: engine, automobile crane, operating regimes, wear, dynamic factor.

Стаття надійшла до редакції 28 листопада 2012 р.