ТРАНСПОРТ

DOI - 10.32743/UniTech.2021.86.5.11823

**РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ДЛЯ РАСЧЁТА СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЯ
С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ****Каримходжаев Назиржон**

канд. тех. наук, доцент,
Андижанский машиностроительный институт,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: karimhodjayev@bk.ru

Косимов Илхомжон Солижонович

ст. преподаватель,
Андижанский машиностроительный институт,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: kosimovilhomon@gmail.com

**DEVELOPMENT OF A SCHEME FOR CALCULATION OF ENGINE SYSTEMS
WITH PARALLEL AND SERIAL CONNECTIONS OF ELEMENTS****Nazirjon Karimhodzhaev**

ccandidate of Technical Sciences. Associate Professor
Andijan machine-building institute,
Uzbekistan, Andijan

Ilkhomzhon Kosimov

Andijan machine-building institute senior lecturer.
Uzbekistan, Andijan

АННОТАЦИЯ

В статье представлена, разработанная авторами схема для расчета элементов автотракторных двигателей, имеющих параллельное и последовательное соединение. Также приведены примеры расчета элементов двигателя, имеющих последовательное и параллельное соединение.

ABSTRACT

The article presents a scheme developed by the authors for calculating the elements of autotractor engines with parallel and field connections. Also given are examples of calculating engine elements with serial and parallel connection.

Ключевые слова: автотракторные двигатели, надёжность, конструкция, элементы, схема расчета, экспоненциальный закон распределения, эксплуатация.

Keywords: Autotractor engines, reliability, design, elements, calculation scheme, exponential distribution law, exploitation.

Одной из важнейших характеристик современных двигателей внутреннего сгорания является их надёжность, позволяющая производить количественную оценку изменения качества двигателя по времени его работы. Такая оценка значительно облегчает разработку комплексных мероприятий по дальнейшему совершенствованию существующих и созданию новых конструкций двигателей, способствует повышению эффективности и экологической безопасности их эксплуатации.

За последнее десятилетие достигнуто значительное повышение надёжности автотранспортных двигателей, что обусловлено существенным повышением качества конструкционных и топливно-смазочных материалов (ТСМ), а также последовательным применением математических методов расчета надёжности элементов систем автотракторных двигателей [1,2].

Автотракторные двигатели, как известно, являются сложными агрегатами, включающими в себя ряд систем и механизмов. Системы и механизмы двигателей по конструктивным особенностям могут

иметь параллельное или последовательное соединение элементов. При этом, естественно, повышение надёжности каждого элемента (детали), подсистемы (узла) автоматически обеспечивает повышение надёжности всей системы, т. е. в данном случае — двигателя, поэтому целесообразно прежде всего исходить из точки зрения обеспечения надёжности отдельных элементов системы [3].

С целью обеспечения надёжности отдельных элементов единой системы нами разработана схема для расчёта систем двигателя с параллельным и последовательным соединением элементов. Блок-схема соединения таких элементов показана на рис.1.

Рисунок 1. Блок-схема системы с последовательным (а) и параллельным (б) соединениями элементов

В схеме расчёта надёжности отдельных узлов и механизмов двигателя как элементов системы в случае последовательного включения (рис. 1, а) при отказе какой-либо подсистемы или элемента вся система выходит из строя т.е. отказ любого элемента приводит к отказу всей системы. Например, отказ любого элемента системы топливopодачи двигателя (подкачивающего насоса, забивание фильтров, топливного насоса высокого давления и др.) вызовет отказ всей системы.

Допустим, что в системе с последовательным соединением элементов двигателя отказы являются статистически независимыми, тогда вероятность безотказной работы системы с неодинаковыми элементами определяется как

$$R_c = \prod_{i=1}^n R_i, \quad (1)$$

где n — число элементов или подсистем; R_i — вероятность безотказной работы i -го элемента или подсистемы. Если принять, что наработки элементов систем на отказ распределены по экспоненциальному закону (т. е. интенсивность отказов элементов постоянна), то $R_i(x)$ можно определить как

$$R_i(x) = e^{-\lambda_i x} \quad (2)$$

где, λ_i — постоянная интенсивности отказа i -го элемента.

Подставляя (2) в (1), получаем

$$R_c(x) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i x} \quad (3)$$

Среднюю наработку на отказ можно определить по формуле

$$\bar{x} = \int_0^{\infty} e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i x} dx = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (4)$$

Из (4) следует, что среднее время безотказной работы систем двигателя с последовательным соединением элементов является величиной, обратной сумме интенсивностей отказов отдельных элементов.

Пример. При работе стационарного двигателя на полной нагрузке последовательно соединены два насоса (подкачивающая помпа и насоса высокого давления), которые имеют постоянные интенсивности отказов, равные соответственно $\lambda_1=0,0001$ ч⁻¹ и $\lambda_2 = 0,0002$ ч⁻¹. Необходимо определить среднюю наработку на отказ (или время безотказной работы) данной системы и вероятность ее безотказной работы в течение 100 ч. Примем, что оба насоса начинают работать в момент времени $t=0$, т. е. $x=0$.

По формуле (3) определяем вероятность безотказной работы R_c указанной системы в течение 100 ч:

$$R_c(x) = e^{-(\lambda_1+\lambda_2)x}; \quad R_c = e^{-(0,0001+0,0002) \cdot 100} = 0,97.$$

Средняя наработка на отказ: $\bar{x} = \frac{1}{\lambda_1+\lambda_2} = \frac{1}{0,001+0,0002} = 3333,3$ ч. В схеме с параллельным соединением элементов (рис. 1, б) система выходит из строя только тогда, если отказали все ее элементы, причем все элементы системы функционируют и находятся под действием нагрузки, а отказы элементов статистически независимы (например, система

очистки масла с параллельным включением фильтров). Безотказность такой системы определяется по формуле

$$R_c = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i), \quad (5)$$

где n — количество элементов; R_i — безотказность i -го элемента или подсистемы.

Если $\lambda = \text{const}$, то $R_i = e^{-\lambda_i x}$. В результате из (5) следует

$$R_c = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i x}), \quad (6)$$

Среднюю наработку на отказ x при неодинаковых элементах системы находим, интегрируя уравнение (6) в интервале $[0, \infty]$:

$$\begin{aligned} \bar{x} = \int_0^{\infty} R'_c(x) dx = \int_0^{\infty} \left\{ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i x}) \right\} dx = & \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\lambda_n} \right) - \left(\frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_3} + \dots \right) \\ & * \left(\frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4} + \dots \right) + (-1)^{n+1} \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}. \quad (7) \end{aligned}$$

При одинаковых элементах выражение (7) принимает вид

$$\bar{x} = 1/\lambda \sum_{i=1}^n 1/\lambda \quad (8)$$

Пример. Два двигателя одинаковой мощности работают в системе с резервированием, и если один из них выходит из строя, то другой может работать при полной системной нагрузке.

Нужно найти безотказность системы в течение 400 ч работы. При этом $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,0005 \text{ ч}^{-1}$, отказы двигателей статистически независимы, оба двигателя начинают работать при $t_1 = t_2 = 0$, т. е. $x_1 = x_2 = 0$.

В случае одинаковых элементов уравнение (6) примет вид $R(x) = 2e^{-\lambda x} - e^{-2\lambda x}$. В связи с тем, что $\lambda = 0,0005 \text{ ч}^{-1}$ и $x = 400 \text{ ч}$, определяем

$$R_{(400)} = 2e^{-0,0005 \cdot 400} - e^{-2 \cdot 0,0005 \cdot 400} = 0,967$$

Средняя наработка на отказ будет равна

$$\bar{x} = \frac{1}{\lambda} - \left(1 + \frac{1}{2} \right) = \frac{3}{2} * \frac{1}{\lambda} = \frac{1,5}{0,0005} = 3000 \text{ ч}.$$

В связи с тем, что распределение и частота потока отказов деталей, узлов и механизмов как двигателя, так и всего автомобиля теоретически оценивается, главным образом экспоненциальным законом, предложенная схема расчета позволяет прогнозировать надежность работы элементов всей системы. Вышепредставленные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Одной из важнейших характеристик современных двигателей внутреннего сгорания является их надёжность, позволяющая производить количественную оценку изменения качества двигателя по времени его работы.

2. Повышение надёжности каждого элемента, подсистемы автоматически обеспечивает повышение надёжности всей системы, т. е. в данном случае — двигателя, поэтому целесообразно прежде всего исходить из точки зрения обеспечения надёжности отдельных элементов системы.

3. Предложенная нами схема расчета элементов системы позволяет прогнозировать безотказность работы всей системы, т.е. как двигателя, так и автомобиля в целом.

Список литературы:

1. Григорьев М.А., Долецкий В.А. Обеспечение надежности двигателей. - М.: Изд-во стандартов. 1978. - 324 с.
2. Каримходжаев Н., Касимов И.С., Ёкубов Ё.О. Оценка абразивной способности загрязнений топлива автомобильных двигателей, эксплуатирующихся в жаркой, высоко запыленной зоне Центральной Азии. Москва, Научный журнал Universum, №11(68), 2019. с.46-49.
3. Беляев Ю.К., Богатырев В.А., Болотин В.В. и др. Под ред. Ушакова И.А. Надежность технических систем. Справочник. М.: Радио и связь. 1987. 608 с.
4. Каримходжаев Н., Алматов Т., Одилов Х. Основные причины, вызывающие износ деталей автотранспортных средств, эксплуатирующихся в различных климатических условиях. Москва, Научный журнал Universum Технические науки, №5(74) 2020й., 68-71 с.