

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



***«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XI ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ***

***СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»***

***PROCEEDINGS OF THE XI INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»***

Астана, 2023

УДК 656+620.9
ББК 39+31
А43

Редакционная коллегия:

Председатель – Курмангалиева Ж.Д. Член Правления – Проректор по науке, коммерциализации и интернационализации; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н., профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Сакипов К.Е. – заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент; Жакишев Б.А. – заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент.

А43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: XI Международная научно – практическая конференция, г. Астана, 16 марта 2023/Подгот. Ж.Д. Курмангалиева, У.Ш. Кокаев, Т.Т. Султанов – Астана, 2023. – 709с.

ISBN 978-601-337-844-2

В сборник включены материалы XI Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 16 марта 2023 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.



РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ДЛЯ РАСЧЁТА СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЯ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ

Сарсембенова Карина Ерболовна

tas-bek@mail.ru

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилёва

Научный руководитель - Бекенов Т.Н.

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.

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. 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. 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.

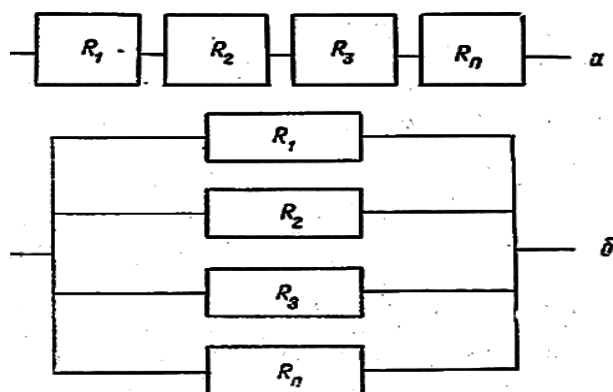


Рисунок 1. Блок-схема системы с последовательным (а) и параллельным (б) соединениями элементов

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 топливоподачи 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

$$R_c = \prod_{ni=1} R_i \quad (1)$$

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

$$R_i(x) = e^{-\lambda_i x} \quad (2) \text{ где } \lambda_i - \text{ постоянная интенсивности отказа } i\text{-го элемента.}$$

Подставляя (2) в (1), получаем

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

Среднюю наработку на отказ можно определить по формуле

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

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

Средняя наработка на отказ: $\bar{x} = \frac{1}{\lambda_1+\lambda_2} = \frac{1}{0,0001+0,0002} = 3333,3$ 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

$$R_c = 1 - \prod_{ni=1} (1 - R_i) \quad (5)$$

где n — количество элементов;

R_i — безотказность i -го элемента или подсистемы.

Если $\lambda = const$, то $R_i = e^{-\lambda_i x}$.

В результате из (5) следует

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

Среднюю наработку на отказ x при неодинаковых элементах системы находим, интегрируя уравнение (6) в интервале $[0, \infty]$: $\bar{x} = \int_0^{\infty} R'_c(x) dx = \int_0^{\infty} \{1 - \prod_{ni=1} (1 - e^{-\lambda_i x})\} dx =$

$$1/\lambda_1 + 1/\lambda_2 + \dots + 1/\lambda_n) \approx 0 \approx 0 - (1/\lambda_1 + \lambda_2 + 1/\lambda_1 + \lambda_3 + \dots) * (1/\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + 1/\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4 + \dots) + (-1)^{n+1} \prod_{i=1}^n \lambda_i \quad (7)$$

При одинаковых элементах выражение (7) принимает вид

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

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 $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,0005$ 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 $\lambda = 0,0005$ ч⁻¹ и $x = 400$ ч, определяем $R(400) = 2e^{-0.0005*400} - e^{-2*0.0005*400} = 0,967$

Средняя наработка на отказ будет равна $\bar{x} = 1/\lambda - (1 + 1/2) = 3/2 * 1/\lambda = 1,5 / 0,0005 = 3000$ 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 использованных источников

1. Баженов, Е.Е. Теория автомобиля и трактора // Е.Е. Баженов. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2000. – 125 с
2. <https://helpiks.org/5-41267.html> // Конструктивные особенности самоходных погрузочно-транспортных и транспортных машин
3. Шмаков, А. Ю. Прогнозирование характеристик криволинейного движения сочлененных машин: дисс. ... канд. техн.наук. – М.: МГТУ, 2000.
4. Куляшов, А.П. Экологичность движителей транспортно-технологических машин // А.П. Куляшов, Е.В. Колотилин. – М.: Машиностроение, 1993. – 203 с.
5. Колесный трактор с шарнирно сочлененной рамой // Санкт-Петербург, Курортный район, г. Сестрорецк, ул. Всеволода Боброва, 28, кв. 8, Амельченко А.В. 2018г.
6. Сочлененное транспортное средство // Акционерное общество открытого типа “Автоцентр-Тольятти-ВАЗ” // Яковлев В. П., Наумов В. М., Кологривых Н. В., Яковлев Д. В., Романеев В. А.