



УДК 629.1.07

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, КАК ОБЪЕКТА СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Юсупов АсгербекАлиевич

старший преподаватель

НАО «Каспийский университет технологий и инжиниринга» им. Ш Есенова, г.Актау,

Республика Казахстан

Аннотация. В статье на основе анализа функциональной надежности и безотказности элементов автотранспортного средства, представляющего собою объект со сложной системой рассматриваются пути повышения безотказности автомобиля на основе использования законов теории распределения вероятностей при анализе надежности сложной системы автотранспортного средства

Ключевые слова: надежность автомобиля, система автомобильного двигателя, безотказность сложной системы автомобиля, законы распределения вероятностей, резервирование автомобиля

Потребность повышения эффективности эксплуатации автотранспортных средств в целях обеспечений выполнений необходимых объемов транспортных работ с минимальными затратами требует постоянной проработки вопросов по повышению эксплуатационной надежности автомобилей.

Сложность задачи при этом заключается в том, что автомобиль является сложнейшей системой, включающей совокупность множеств действующих элементов – сборочных единиц и деталей, обеспечивающих выполнение ее функций. Современный автомобиль состоит из 15-20 тыс. деталей, из которых 7-9 тыс. теряют свои первоначальные свойства при работе, причем 3-4 тыс. деталей имеют срок службы меньше, чем автомобиль в целом и являются объектами особого внимания. Автотранспортное средство, как объект сложной системы выполняет заданные функции и может быть расчленено на элементы, каждый из которых также выполняет определенные функции и находится во взаимодействии с другими элементами [1].

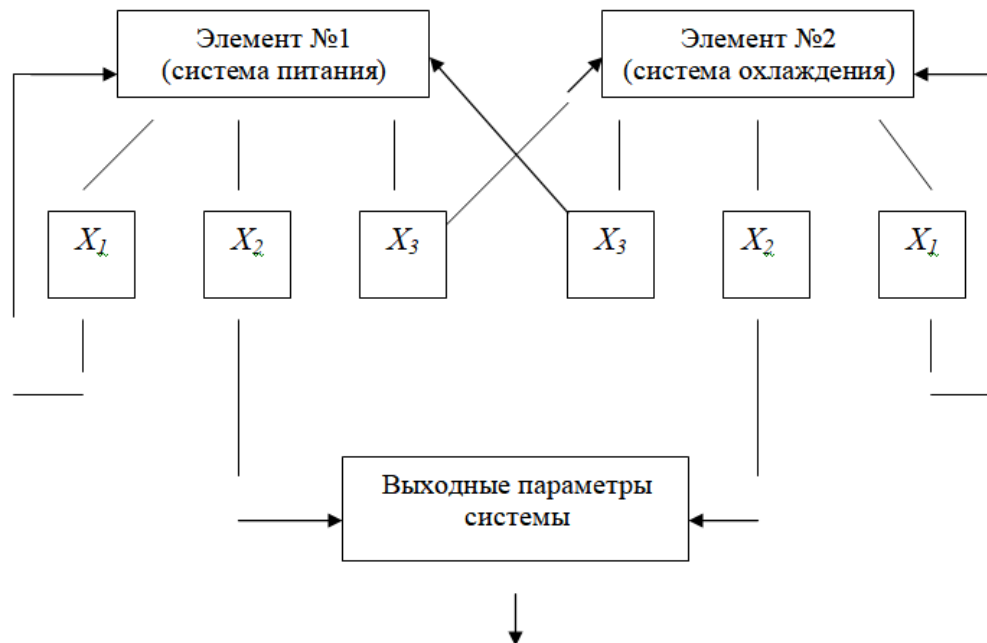


Рисунок 1 - Структурная схема типов выходных параметров
автомобильного двигателя

Элементы автотранспортных средств имеют различные выходные параметры, которые с позиции надежности можно разбить на три группы:

X_1 – параметры, изменение которых с выходом за установленные уровни показателей приводит к потере работоспособности элемента и системы;

X_2 - параметры участвующие в формировании выходных параметров всей системы, по которым трудно судить об отказе элемента;

X_3 – параметры, влияющие на работоспособность других элементов аналогично изменению внешних условий работы системы.

Для анализа возможных типов выходных параметров систему автомобильного двигателя состоящую из двух элементов, можно представить структурной схемой (рис. 1)

где: X_1 – это пропускная способность топливного жиклера для системы питания (если жиклер забит и топливо не поступает, то система питания отказывает и отказывает двигатель),

X_2 – это износ топливного жиклера (топливная экономичность автомобиля ухудшается),

X_3 – богатая смесь приводит к перегреву двигателя и затрудняет работу системы охлаждения.

В то же время неудовлетворительная работа системы охлаждения приводит к перегреву двигателя и образованию паровых пробок в системе питания – это X_3 для элемента №2, плохая работа термостата затягивает прогрев двигателя, что приводит к снижению топливной экономичности автомобиля – это X_2 , обрыв ремня приводит к отказу системы охлаждения и



отказу автомобиля – это X_1 для элемента №2.

В реальных сложных системах элементы могут иметь или все три типа выходных параметров или меньше (один или два). Во многом это зависит от степени расчленения системы на элементы. В рассмотренном примере система питания и система охлаждения сами являются сложными системами.

При анализе надежности сложной системы автотранспортного средства его элементы необходимо разделять на группы:

- элементы, отказ которых практически не влияет на работоспособность автомобиля (повреждение обивки салона, коррозия крыла). Отказ таких элементов обычно рассматривают изолированно от системы;
- элементы, работоспособность которых за рассматриваемый промежуток времени или наработки практически не меняется (для автомобиля, направляемого на уборку урожая, учитывать изменение состояния картера коробки передач не имеет смысла);
- элементы, восстановление работоспособности которых не требует значительных затрат времени и, практически, не снижает показателей эффективности работы автомобиля (натяжение ремня вентилятора);
- элементы, отказы которых приводят к отказу автомобиля и регламентируют его надежность[2].

В зависимости от характера влияния на надежность сложной системы, ее элементы можно считать включенными последовательно или параллельно (по аналогии с включением лампочек в гирлянде). При этом реальную конструктивную схему системы следует представлять структурной схемой безотказности. Исследуем структурную схему подшипникового узла, состоящего из следующих элементов: 1 – вал, 2 – подшипник, 3 – корпус подшипника, 4 – винты крепления крышки подшипника (4 шт.), 5 – крышка подшипника. Если отказ элемента приводит к отказу системы, то можно считать, что элемент включен последовательно. Если при отказе элемента система продолжает функционировать, то элемент включен параллельно. В соответствие с этим структурная схема подшипникового узла представлена на рис. 2.

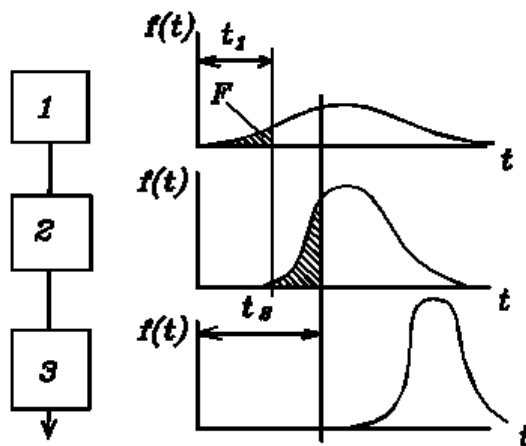


Рисунок 2 - Структурная схема подшипникового узла при условии функционирования системы с параллельным включением элемента

Безотказность сложной системы, состоящей из последовательно включенных элементов, определяется произведением вероятностей безотказной работы элементов:

$$R_o = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdots R_n = \prod_{i=1}^n R_i. \quad (1)$$

Из формулы видно, что даже если сложная машина состоит из элементов высокой надежности, то в целом она обладает низкой надежностью за счет наличия большого числа элементов в ее конструкции, соединенных последовательно. Например, система состоит из 50-и элементов с одинаковой безотказностью: $R_i = 0,99$, то $R_o = 0,99^{50} = 0,55$.

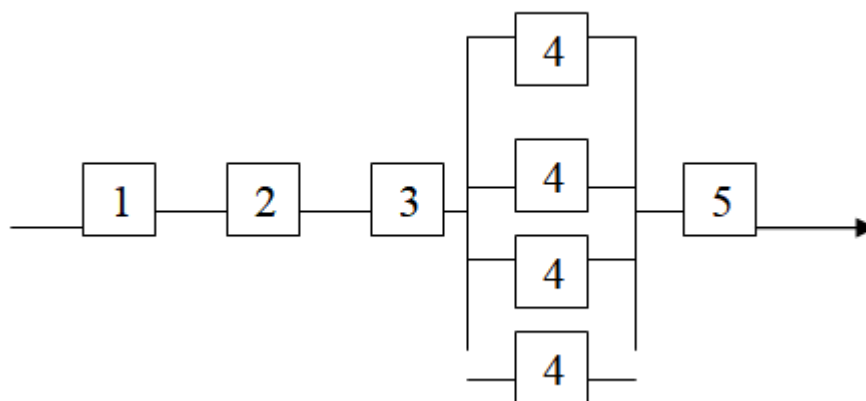


Рисунок 3 - Графики законов распределения вероятностей для трех последовательно включенных элементов

Анализ структурной схемы подшипникового узла показал, что увеличение элементов при их последовательном включении приводит к снижению безотказности сложной системы.

Для реальных элементов безотказность является переменной величиной, зависящей от их наработки, ее можно выразить законом распределения вероятностей. На рис. 3 показаны графики законов распределения вероятностей для трех последовательно включенных

элементов.

Из графика следует, что при наработке t_1 наибольшую вероятность отказа $F_1(t) = \int_0^t f(t)dt$ будет иметь первый элемент, однако, при увеличении наработки до величины t_2 вероятность отказа второго элемента может существенно возрасти. Третий элемент при рассматриваемых значениях наработки остается, практически, безотказным. Таким образом, для повышения безотказности системы, состоящей из последовательно включенных элементов, следует в первую очередь повышать надежность наиболее «слабых» элементов. Одинаково увеличивать средний ресурс всех элементов системы нецелесообразно.

При параллельном включении элементов (рис. 4) сложная система откажет только при отказе всех m элементов, вероятность этого события $F_O = F_1 \cdot F_2 \cdots F_m$. Безотказность сложной системы определяется выражением:

$$R_O = 1 - \prod_{i=1}^m F_i, \text{ или } R_O = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - R_i). \quad (2)$$

Например, для системы из трех элементов с безотказностью 0,9 общая безотказность $R_O = 1 - (1 - 0,9)^3 = 0,999$. Таким образом, увеличение числа параллельно включенных элементов увеличивает безотказность сложной системы.

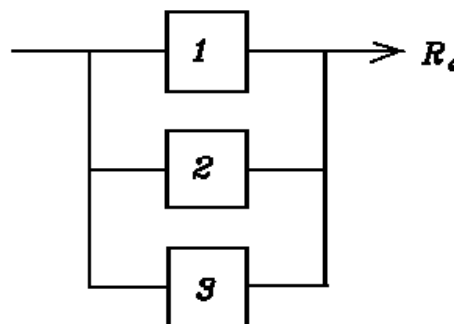


Рисунок 4 - Графики законов распределения вероятностей при параллельном включении элементов

Проанализируем безотказность сложной системы при методе повышения надежности автомобиля резервированием, предусматривающим структурную избыточность, предполагающую наличие в системе дополнительных элементов, не являющихся функционально необходимыми (наличие у автомобиля четырехколесных тормозных механизмов при функциональной достаточности двух) [3].

Безотказность сложной системы при поэлементном резервировании, с учетом резервирования отдельных элементов сложной системы определяется по формуле:



$$R_O = \prod_{i=1}^n \left[1 - \prod_{j=1}^m (1 - R_{ij}) \right] \quad (3)$$

Например, при: $R_{ij} = 0,9$ $n = 4$, $m = 3$, безотказность сложной системы при поэлементном резервировании составит:

$$R_O = (1 - 0,1^3)^4 = 0,996$$

т. е. отказ системы можно ожидать в 4-х случаях из 1000.

Безотказность сложной системы при общем резервировании в случаях отказа элемента сложной системы с условием ее замены такой же резервной система с резервированием всей цепи элементов определяется по формуле:

$$R_O = 1 - \prod_{j=1}^m \left(1 - \prod_{i=1}^n R_{ij} \right) \quad (4)$$

Для того же примера при $R_{ij} = 0,9$ $n = 4$, $m = 3$, безотказность системы при общем резервировании составит:

$$R_O = 1 - (1 - 0,9^4)^3 = 0,958$$

т. е. отказ системы можно ожидать в 42 случаях из 1000.

Таким образом, исследование и анализ безотказности сложной системы показал, что при методе повышения надежности автомобиля резервированием поэлементное резервирование дает более высокую безотказность сложной системы, однако реализация этого метода резервирования для механических устройств, практически, невозможна (для подключения резервных элементов потребуются специальные устройства, т. е. новые элементы и система станет иной).

Общее резервирование для механических устройств является более приемлемым (в конструкции автомобиля используется многоконтурная система тормозов), однако и в этом случае резервирование сопровождается ростом числа элементов в цепочке сложной системы. Рост числа элементов в системе приводит к снижению ее безотказности, и при определенном соотношении увеличения числа элементов и числа резервных цепочек безотказность системы может не только не увеличиться, а и уменьшиться.

Для повышения безотказности автомобиля, чаще всего, прибегают к повышению запасов прочности деталей или увеличению их износостойкости на основе применения законов теории распределения вероятностей при анализе надежности сложной системы автотранспортных средств.



Список литературы:

1. Проников А.С. Параметрическая надежность машин - М.: Изд-во МГТУ имени Баумана, 2003.-536 с
2. Шейнин А. М., Шейнин В. А. Алгоритмы и программы решения оптимальных задач надежности машин. -М.: МАДИ, 2007. - 113 с.
3. Лукинский В. С., Зайцев Е. И. Прогнозирование показателей надежности агрегатов трансмиссии. - В сб. Надежность и долговечность машин и сооружений. - Киев: Наукова думка, 1984. Вып. 5, - С. 27-32.