

УДК 629.33

## КОЭФФИЦИЕНТНЫЕ МОДЕЛИ РАСЧЕТА КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

*А.А. Турсунов, Д.Т. Холов, Ф.Б. Нуров, Дж.К. Хафизов, Ф.А. Гафаров*

Предложена модель прогнозирования надежности технических систем, основанная на предположении об экспоненциальном распределении вероятности безотказной работы их элементов.

*Ключевые слова:* надежность; коэффициент; отказ; механизм; температура; технические системы.

---

## COEFFICIENT MODELS OF CALCULATION OF THE COMPLEX INDICATOR OF CAR RELIABILITY

*A.A. Tursunov, D.T. Kholov, F.B. Nurov, D.K. Khafizov, F.A. Gafarov*

The authors offer the forecasting model of technical systems' reliability based on the assumption of exponential distribution of probability that their elements would effective operate.

*Key words:* reliability; coefficient; refusal; mechanism; temperature; technical systems.

Большое распространение в инженерной практике получили различного рода упрощенные (формализованные) коэффициентные методики расчета и прогнозирования надежности технических систем.

Сущность коэффициентных моделей надежности заключается в сравнении рассматриваемого объекта с другим объектом, надежность которого (базовая интенсивность отказов) определена ранее, и для прогнозирования (расчета) надежности которого найдена некоторая эмпирическая зависимость в виде функции, связывающей параметры надежности технических систем с рядом коэффициентов, учитывающих особенности конструкции, уровень их сложности, влияние условий эксплуатации.

Существующие коэффициентные модели отличаются по степени детализации, учету видов и механизмов отказов технических систем, их структурных параметров и характеристик, условий производства, эксплуатации, степени сложности и универсальности.

В общем случае коэффициентные модели расчета надежности технических систем применяются, в основном, для сравнительного анализа различных структурных вариантов технических систем по критерию надежности, и могут дать достаточно точные результаты, если сравниваются объекты, аналогичные своим структурным параме-

трам и изготовленные в одинаковых условиях производства.

I. Широкое распространение получили коэффициентные модели оценки, основанные на расчете надежности технических систем по средним интенсивностям отказов ее отдельных компонентов, отличающихся относительной структурной, функциональной и технологической самостоятельностью.

Этот вид коэффициентной модели более универсален и обеспечивает быстрое получение достаточно точных результатов, если накоплены достоверные данные по интенсивностям отказов отдельных компонентов данного вида и типа технических систем. К недостаткам данного вида коэффициентной модели относится трудность учета конструктивных и производственных дефектов в объекте.

II. Коэффициентная модель [1], использующаяся для предварительной, огрубленной оценки надежности технических систем, носит достаточно общий характер и базируется на расчете величины интенсивности отказов технических систем с учетом влияния температуры, качества изготовления и условий эксплуатации. Данная модель оценки надежности носит достаточно общий характер и дает лишь огрубленное значение интенсивности отказов.

III. В основе методики оценки надежности, описанной в работе [2], лежат статистические данные об отказах отдельных компонентов технической системы. Полная интенсивность отказов технической системы в модели этого типа представляется в виде суммы интенсивностей отказов элементов. Влияние температурных режимов работы, уровней сложности системы, окружающей среды, качества контроля и ряда других факторов учитывается введением соответствующих коэффициентов.

IV. В работе [3] предлагается модель прогнозирования надежности технических систем, основанная на предположении об экспоненциальном распределении вероятности безотказной работы их элементов. Для оценки интенсивности отказов системы  $I_{ATC}$  используются частные интенсивности отказов, вызванные различными конструктивно-технологическими ее компонентами.

Для учета влияния качества изделий, внешних условий и температуры в формулу введены три коэффициента: коэффициент качества  $K_K$ ; коэффициент применения  $K_{зн}$ ; температурный коэффициент  $K_T$ .

V. Расчет надежности технических систем по внезапным отказам на основе коэффициентной модели данного вида базируется на суммировании усредненных значений интенсивностей отказов входящих в данную систему компонентов [4].

Эта методика позволяет относительно быстро произвести сравнительную оценку различных структурных вариантов технических систем с учетом уровня их сложности (количества компонентов) и влияния основного нагрузочного фактора – температуры. Точность оценки будет зависеть от достоверности исходной информации об интенсивности отказов отдельных компонентов системы.

VI. Коэффициентные методики расчета надежности в стандартах США разработаны для большого разнообразия систем. Основой коэффициентных методик расчета надежности системы является многокомпонентная модель, учитывающая влияние на базовую интенсивность отказов ее отдельных компонентов, принимая во внимание тип и назначение системы, уровень интеграции, ее индивидуальные характеристики, качество производства и конкретные условия применения.

Коэффициентные методики и модели могут быть доведены в каждом данном случае до необходимого практического применения совершенства, учитывая множество различных факторов.

Основным достоинством рассмотренных выше коэффициентных методик является их простота и разнообразие применения, определяемое регулируемым уровнем детализации. Однако степень

достоверности прогнозируемой надежности будет зависеть, с одной стороны, от объема и качества (точности) проведенных экспериментальных исследований по определению базовых интенсивностей отказов и коэффициентов, а с другой – от правомерности экстраполяции теоретических зависимостей для систем, имеющих другие конструктивно-технологические и технические параметры по сравнению с базовыми.

Вопрос оценки надежности транспортных средств в целом в условиях разнообразия единичных показателей надежности является актуальной. В работах [5–7] проанализированы некоторые исследования в области поиска обобщенного показателя надежности.

Взяв за основу предложенное в работе [6] выражение для расчета комплексного показателя надежности автомобилей с учетом показателя сохранности, получим

$$КПН = K \cdot \frac{t_{cp}}{L_{кр} \cdot T_c \cdot I_{отк}},$$

где КПН – абсолютное значение комплексного показателя надёжности;  $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$  – результирующий коэффициент, учитывающий нормативные значения влияния условий эксплуатации, модификации подвижного состава и природно-климатической зоны;  $t_{cp}$  – средняя трудоемкость устранения одного отказа за пробег до капитального ремонта (единичный показатель ремонтно-пригодности), чел.-ч;  $L_{кр}$  – нормативный ресурс до капитального ремонта (единичный показатель долговечности), км;  $T_c$  – средний срок сохранности (единичный показатель сохранности), лет;  $I_{отк}$  – наработка на отказ, км (единичный показатель безотказности).

Для сравнения надежности различных марок автомобилей предложен сравнительный комплексный показатель надежности  $КПН_{cp}$ :

$$КПН_{cp} = K \cdot K_d \cdot K_c \cdot T_{тр},$$

где  $K_d$  – коэффициент долговечности

$$K_d = \frac{L_{крб}}{L_{кр1}},$$

где  $L_{кр}$  и  $L_{кр1}$  – долговечность соответственно базового и оцениваемого автомобиля, или соответствующий норматив, км;  $K_c$  – коэффициент сохраняемости.

$$K_c = \frac{T_{сб}}{T_{с1}},$$

где  $T_{cb}$ ,  $T_{ci}$  – сохраняемость базового и оцениваемого автомобилей или значение соответствующего норматива;  $T_{тр} = \frac{t_{сп}}{l_{отк}}$  – удельная трудоёмкость текущего ремонта,  $\frac{\text{чел.} \cdot \text{ч}}{\text{км}} \cdot 10^{-3}$ .

На основании анализа комплексных показателей надежности, проведенного на базе применения коэффициентных моделей, вырисовываются общие пути повышения надежности автомобилей.

#### Литература

1. Баккаро Д. Требования к надежности полупроводниковых приборов, предъявляемые МО США / Д. Баккаро. ТИИЭР. Т. 62. Вып. 2. 1974.
2. Schnable G.L. MOS Integrated Circuit Reliability "IEEE Trans. on Rel" G.L. Schnable. VR-21, № 1, 1972.
3. Gellman N. Failure rate prediction for hybrid circuits an approach // The eight convention of electrical and electronics engineers in Izrael / N. Gellman. Tel-Aviv, April-May, 1973.
4. Определение интенсивности отказов ИМС применительно к расчету надежности по внезапным отказам. М.: НИИЭИР, 1974.
5. Турсунов А.А. Надёжность автомобилей в горных условиях / А.А. Турсунов. Душанбе: Маориф, 1999. 141 с.
6. Кузнецов Е.С. и др. Оценка эксплуатационной надежности / Е.С. Кузнецов и др. // Автомобильный транспорт. 1980. № 12.
7. Бурдаков В.Д. Альтернатива тонно-километрам / В.Д. Бурдаков, Г.В. Смирнов. М.: Знание, 1990. 64 с.