

***ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ НАДЁЖНОСТИ
ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ***

Королев А. Е.

кандидат технических наук, доцент,

Государственный аграрный университет Северного Зауралья,

Тюмень, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассматривается область применения теоретических законов распределения случайных величин. Отказы машин являются случайными и в большинстве случаев независимыми событиями, которые имеют значительный разброс во времени. Обоснованная методика обработки информации позволяет получить достоверные сведения о характере проявления неисправностей изделий. Теоретический закон распределения выражает закономерность изменения показателя надёжности совокупности машин. В исследовании использовалась выборка по 50 объектам с коэффициентом вариации их отказов $0,2 \dots 1,2$. Установлен характер распределения случайных величин от степени их рассеивания. Показано влияние коэффициента вариации на величину среднего показателя надёжности. На основе оценки погрешности расчёта обоснован диапазон применения теоретических законов распределения отказов технических устройств.

Ключевые слова: техническая система, надёжность, законы распределения, коэффициент вариации, точность расчёта

***CHOICE OF MATHEMATICAL FUNCTION OF RELIABILITY
OF TECHNICAL SYSTEM***

Korolev A. E.

candidate of technical sciences, associate professor,

Northern Trans-Ural State Agricultural University,

Tyumen, Russian Federation

Abstract

The article discusses the field of application of theoretical laws of distribution of random variables. Machine failures are random and in most the independent events that have significant scatter by time. A substantiation method of processing information allows you to obtain reliable data about the character manifestations of faults the products. The theoretical law of distribution expresses the regularity of the change in the reliability indicator of the set of machines. The study used a sample along 50 objects with a coefficient of variation of their failures 0.2... 1.2. The character the distribution of random values from the degree of their scatter was established. The effect of the coefficient of variation on the size of the average reliability indicator is shown. Based on the estimation of the calculation error, the range of application of theoretical laws for the distribution of failures of technical devices is justified.

Keywords: technical system, reliability, distribution laws, coefficient of variation, calculation accuracy

Определение показателей надёжности выполняется с целью планирования использования техники, а также для оценки их соответствия установленным значениям нормативным требованиям [1]. Обоснованная методика обработки информации позволяет получить достоверные сведения условиях работы изделий, причинах и характере отказов [2]. Испытания на надёжность требуют продолжительных наблюдений, в тоже время при

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

ограниченном объёме выборки сложно обеспечить статистическую однородность партии изделий [3]. Случайное проявление неисправностей определяет также вероятностный характер оценки достоверности этого события [4]. Точность расчётных результатов характеризуется их близостью к действительным значениям эксплуатационных наблюдений [5]. Теория вероятностей позволяет установить устойчивые математические закономерности проявления отказов машин. Основными числовыми характеристиками, выражающими существенные особенности статистических данных, являются математическое ожидание, дисперсия и коэффициент вариации случайной величины. Теоретический закон распределения выражает общий характер изменения показателя надёжности применительно к любой совокупности машин определённой марки. Каждый закон определяется дифференциальной и интегральной функциями, соответственно имеют свою область применения, расчётные уравнения и параметры [6]. Применительно к показателям надёжности машин, в подавляющем большинстве случаев следующие законы распределения:

$$\text{нормальный (ЗНР)} - f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{\left[-\frac{(t_i - \bar{t})^2}{2 \cdot \sigma^2} \right]},$$

где $f(t)$ - дифференциальная функция;

t_i - текущее значение наработки;

\bar{t} - средняя наработка до отказа;

σ - среднее квадратическое отклонение наработки;

$$\text{Вейбулла (ЗРВ)} - f(t) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{t}{a} \right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{a} \right)^b},$$

где a и b - параметры распределения;

$$\text{Релея (ЗРР)} - f(t) = \frac{t}{a} \cdot e^{-\left(\frac{t}{a} \right)^2},$$

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

экспоненциальный (ЗЭР) - $f(t) = \frac{1}{a} \cdot e^{-\frac{t}{a}}$.

Последние два закона считаются частными случаями ЗРВ при $b = 2$ и $b = 1$ соответственно. Одним из критериев предварительного выбора закона распределения является коэффициент вариации случайных величин. Для анализа была взята информация по 50 эксплуатационным отказам машин с коэффициентом вариации $V = 0,2 \dots 1,2$. На основании собственных расчётов указанных функций на рис. 1 показан пример изменение суммарного количества отказов из переходной зоны применения законов распределения ($V = 0,6$).

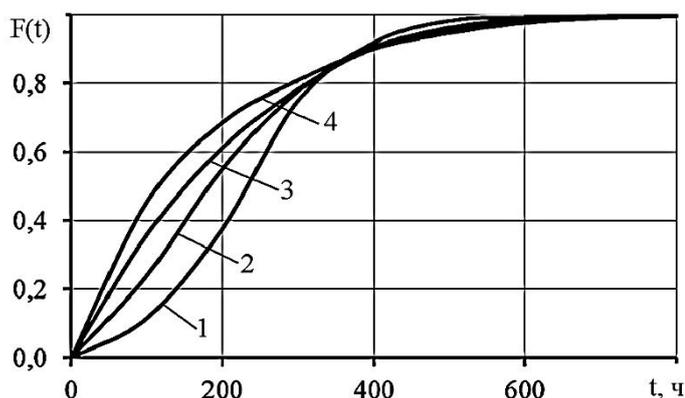


Рис. 1 - Интегральная функция ЗНР (1), ЗРВ (2), ЗРР (3) и ЗЭР (4)

Функции отличаются интенсивностью изменения, с увеличением коэффициента вариации возрастает доля неисправностей в начальный период наблюдения. В результате определения параметров распределений автором выявлено, что рост рассеивания отказов значительно влияет на величину среднего показателя надёжности (рис. 2).

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

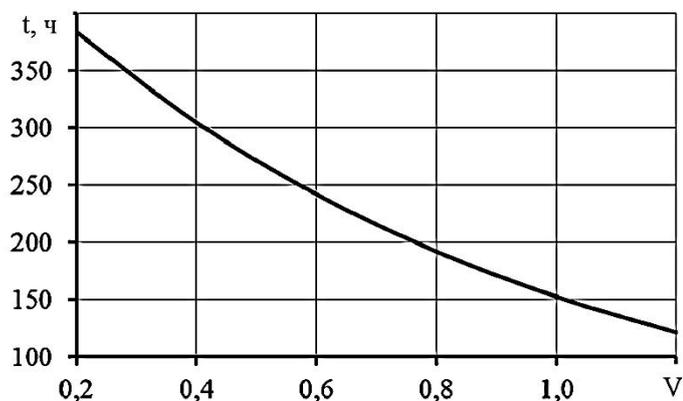


Рис. 2 - Зависимость средней наработки до отказа от коэффициента вариации

При увеличении параметра V на 0,1 средний показатель уменьшается на 11%. Следовательно, чем выше коэффициент вариации, тем больше допущено конструкторских, технологических или эксплуатационных погрешностей. Одной из оценок возможности применения законов распределения является критерий Колмогорова, который выражает максимальную разность эмпирической $F_3(t)$ и теоретической $F_T(t)$ интегральными функциями:

$$\lambda = |F_3(t) - F_T(t)| \cdot \sqrt{n},$$

где n - число рядов статистического ряда.

Пользуясь исходными данными, вначале был вычислен критерий Колмогорова, а затем вероятность ошибки применения законов распределения (рис.3).

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

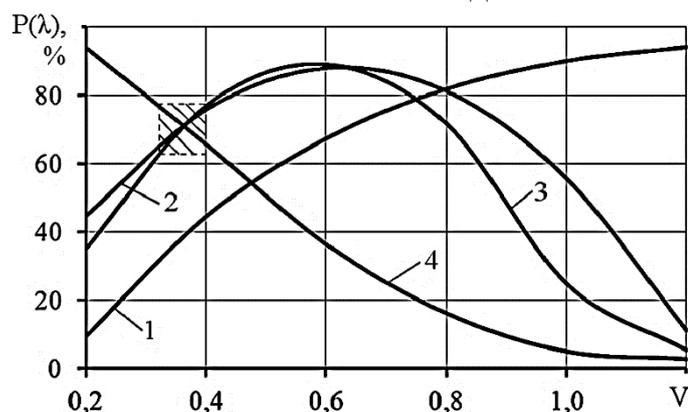


Рис. 3 - Вероятность совпадения опытных и теоретических данных при ЗНР (1), ЗРВ (2), ЗРР (3) и ЗЭР (4)

В диапазоне $V = 0,35 \dots 0,40$ находится зона практически равной вероятности совпадения законов, поэтому для окончательного выбора математической функции нужна дополнительная проверка по критерию Пирсона. Зависимости имеют разнонаправленный характер, что позволяет назначить доверительный интервал их использования: ЗНР - $V \leq 0,4$, ЗРР - $0,4 < V \leq 0,6$, ЗРВ - $0,6 < V \leq 0,9$, ЗЭР - $V > 0,9$. Представленный расчётно-аналитический метод позволил установить более чёткие границы применения теоретических зависимостей.

Библиографический список:

1. Максимов С.Е. Надежность транспортных и технологических машин: формирование и реализация / С.Е. Максимов, А.Н. Лялинов, А.В. Бондаренко // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 3. С.
2. Дорохов А. Н. Обеспечение надежности сложных технических систем / А.Н. Дорохов, В.А. Керножицкий, А.Н. Миронов, О.Л. Шестопалова. - Санкт-Петербург: Лань, 2017. - 352 с.
3. Михайлов В.С. Анализ возможностей по снижению объема испытаний на надежность / В.С. Михайлов, Н.К. Юрков // Надежность и качество

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»
сложных систем. - 2019. - №4. - С. 149-156.

4. Зеленцов Б.П. Модель надежности объекта при недостоверном контроле / Б.П. Зеленцов // Надежность и качество сложных систем. - 2020. - №3. - С. 46-54.

5. Королев А.Е. Оценка достоверности усечённых испытаний технических систем / А.Е. Королев // Мехатроника, автоматика и робототехника. - 2020. - №6. - С. 52-55.

6. Королев А.Е. Методы оценки статистических распределений / А.Е. Королев // Заметки ученого. - 2018. - №8. - С. 79-83.

Оригинальность 96%