

ДИАПАЗОН ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

А.Е. Королев, канд. техн. наук, доцент

Государственный аграрный университет Северного Зауралья
(Россия, г. Тюмень)

DOI:10.24412/2500-1000-2022-1-1-69-71

Аннотация. В статье рассматриваются границы применения теоретических законов распределения отказов технических систем. Отказы машин являются случайными и в большинстве случаев независимыми событиями, которые имеют значительный диапазон рассеивания. Обоснованная методика обработки информации обеспечивает достоверную оценку технического совершенства машин. Теоретический закон распределения выражает закономерность изменения показателей надёжности всей совокупности машин. Коэффициент вариации является одним из математических критериев предварительного выбора функции аппроксимации опытных данных. Установлено изменение плотности распределения случайных величин от степени их рассеивания. Показано влияние коэффициента вариации на величину асимметрии и эксцесса нормального закона. Выявлены закономерности изменения относительной ошибки интерпретации исходной информации. На основе оценки погрешности расчёта обоснован диапазон применения теоретических распределений случайных величин.

Ключевые слова: теоретические законы, параметры распределений, ошибка аппроксимации, диапазон применения.

Определение показателей надёжности машин выполняется с целью оценки эффективности работы технических объектов в процессе эксплуатации [1]. Обоснованная методика обработки информации позволяет получить достоверные сведения о характере проявления отказов режимах и в последующем выявить причины их возникновения [2]. Исследование надёжности связано с организационно-экономическими трудностями и требует продолжительных эксплуатационных наблюдений, но при этом нужно обеспечить статистическую однородность партии изделий [3]. При обработке опытной информации сначала оценивают параметры закона распределения, а затем рассчитывают показатели надёжности как функцию от оцененных параметров. Случайное возникновение неисправностей предопределяет также вероятностный характер оценки достоверности этого события [4]. Точность результатов характеризуется их близостью к действительным значениям в конкретных условиях испытания. Основными числовыми характеристиками, выражающими существенные особенности статистических данных, являются матема-

тическое ожидание, дисперсия и коэффициент вариации случайной величины. Теоретический закон распределения выражает общий характер изменения показателя надёжности применительно к любой совокупности машин определённой марки. Для достижения точности оценок надёжности технических систем необходим обоснованный выбор теоретической функции распределения случайных величин. На практике используются ряд субъективных методов решения этой задачи: опыт эксплуатации аналогичных изделий, визуальный анализ исходной информации, диапазон рассеивания экспериментальных данных. В подавляющем большинстве случаев применяются следующие законы распределения: нормальный (ЗНР), Вейбулла (ЗРВ), Релея (ЗРР) и экспоненциальный (ЗЭР).

Одним из критериев предварительного выбора закона распределения является коэффициент вариации случайных величин. Однако этот параметр не гарантирует безусловное применение той или иной функции аппроксимации, поэтому необходимо дополнительное изучение границ использования теоретических законов с точки

зрения обеспечения гарантированной точности результата. Для анализа взята ранее полученная информация по эксплуатационным отказам двигателей с коэффициентом вариации V от 0,2 до 1,0 [5]. В каче-

стве примера на рис. 1 показана дифференциальная функция из переходной зоны применения законов распределения ($V = 0,7$).

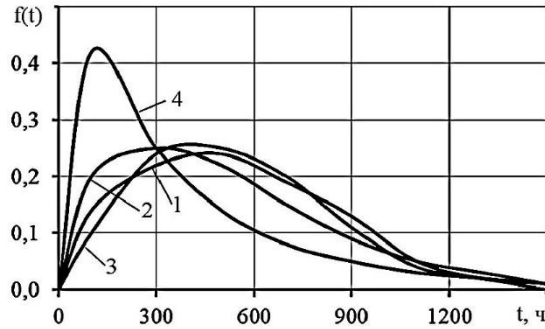


Рис. 1. Вероятная плотность отказов при ЗНР (1), ЗРВ (2), ЗРР (3) и ЗЭР (4)

С изменением теоретического закона центр группирования отказов смещается относительно нормального распределения в сторону меньшей наработки. Характери-

стиками нормального закона также являются коэффициенты асимметрии и эксцесса (рис. 2).

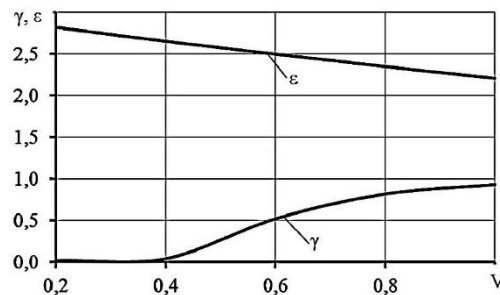


Рис. 2. Влияние коэффициента вариации на коэффициенты асимметрии (γ) и эксцесса (ε) нормального закона распределения

При $V > 0,6$ правосторонняя асимметрия и плоскостность распределения становятся значительными. Расчёты показали, что с повышением коэффициента вариации на 0,1 средний показатель надёжности

снижается на 10...12%. Обработка исходной информации позволила выявить закономерности изменения относительной ошибки аппроксимации (рис. 3).

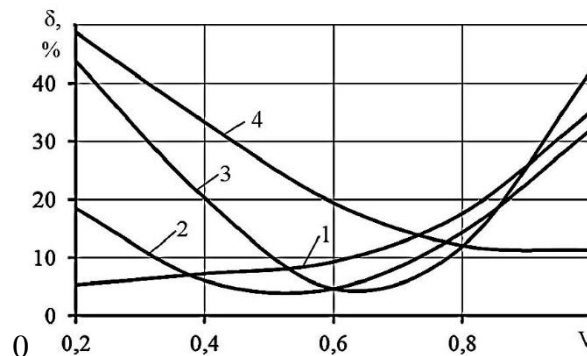


Рис. 3. Влияние коэффициента вариации на относительную ошибку аппроксимации при законах распределения: ЗНР (1), ЗРВ (2), ЗРР (3) и ЗЭР (4)

Для обеспечения ошибки исследования не более 10% целесообразно использование законов распределения при следующих значениях коэффициента вариации: $V < 0,4$ – нормальный, $0,4 << V << 0,6$ –

Вейбулла, $0,6 < V << 0,8$ – Релея, $V > 0,8$ – экспоненциальный. Используя данные результаты можно уже на предварительном этапе назначать методику определения показателей надёжности технических систем.

Библиографический список

1. Городецкий В.И. Элементы теории испытаний и контроля технических систем / В.И. Городецкий, А.К. Дмитриев, В.М. Марков. – Л.: Энергия, 1978. – 192 с.
2. Дорохов А.Н. Обеспечение надёжности 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 объёма испытаний на надёжность / В.С. Михайлов, Н.К. Юрков // Надёжность и качество сложных систем. – 2019. – №4. – С. 149-156.
4. Зеленцов Б.П. Модель надёжности объекта при недостоверном контроле // Надёжность и качество сложных систем. – 2020. – №3. – С. 46-54.
5. Королев А.Е. Характер отказов двигателей после ремонта // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2020. – №3. – С. 121-125.

RANGE OF APPLICATION OF THEORETICAL LAWS DISTRIBUTIONS

A.E. Korolev, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*
Northern Trans-Ural State Agricultural University
 (Russia, Tyumen)

Abstract. *The article discusses the borders of application of theoretical laws of distribution of failures of technical systems. Machine failures are random and in most the independent events, which have a significant scattering range. A substantiation technique of processing information provides a reliable assessment of the technical excellence of the machines. The theoretical law of distribution expresses the regularity of changing the reliability indicators of the entire set of machines. The coefficient of variation is one of the mathematical criteria for preselecting the function approximation of experienced data. A change in the distribution density of random values from the degree of their scatter was established. Influence of coefficient of variation on value of asymmetry and excess of normal law is shown. Regularities of change of relative error of interpretation of initial information are revealed. Based on the estimation of the calculation error, the diapason of application of theoretical distributions of random variables is justified.*

Keywords: *theoretical laws, distribution parameters, approximation error, application band.*