

УДК 629.113

***АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ АДЕКВАТНОСТИ ФУНКЦИЙ
НАДЁЖНОСТИ МАШИН***

Королев А.Е.

кандидат технических наук, доцент,

Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Тюмень, Россия

Аннотация

В статье оценивается степень совпадения экспериментальных и расчётных распределений вероятностных событий. Расчётные методы теории надёжности должны обеспечивать получение достоверных количественных характеристик технических объектов. Теория вероятностей позволяет установить устойчивые закономерности случайного проявления неисправностей машин. Адекватность математических моделей экспериментальным данным устанавливается критериями согласия. По результатам эксплуатационных наблюдений определены закономерности отказов сложных технических систем. Проведён анализ точности функциональных зависимостей. Обработка исходной информации показала, что наиболее объективную оценку изучаемого процесса даёт критерий Пирсона. Результаты исследования обосновали выбор оптимального метода расчёта характеристик надёжности.

Ключевые слова: технический объект, отказы, функции распределения, критерии адекватности, достоверность

***ANALYSIS OF ADEQUACY CRITERIA FOR RELIABILITY
FUNCTIONS OF MACHINES***

Korolev A.E.

candidate of technical sciences, associate professor,

Northern Trans-Ural State Agricultural University

Tyumen, Russia

Abstract

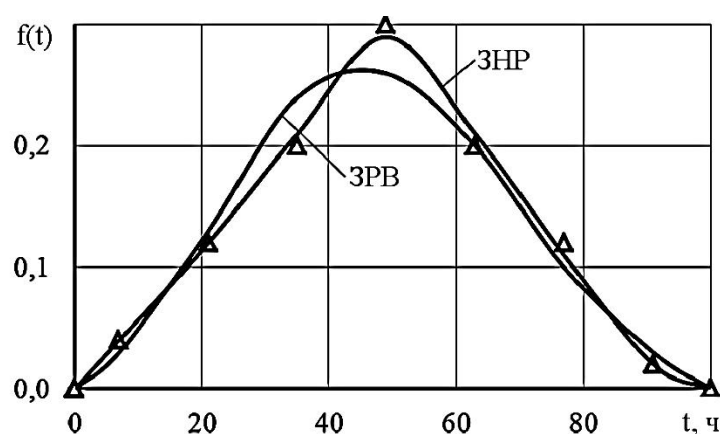
The article assesses the degree of coincidence of experimental and calculated distributions of probabilistic events. Calculation methods of reliability theory shall ensure obtaining of reliable quantitative characteristics of technical objects. Probability theory makes it possible to establish stable patterns of random manifestation of machine malfunctions. The adequacy of mathematical models to experimental data is established by consent criteria. Based on the results of exploitative observations, the regularities of failures of complex technical systems were determined. Performed analysis of accuracy of functional dependencies. The processing of the original information showed that the most objective assessment of the process under study is given by the Pearson criterion. The results of the study substantiated the choice of the optimal method for calculating reliability characteristics.

Keywords: technical object, failures, distribution functions, adequacy criteria, reliability

Результаты исследования надёжности технических систем позволяют оперативно совершенствовать их конструктивное исполнение и технологию изготовления [1]. В эксплуатирующих организациях это даёт возможность планировать выполнение производственных задач, устанавливать обоснованную потребность в технике и строить рациональную систему их технического

обслуживания [2]. Поэтому задачей теории надёжности является получение объективных количественных характеристик технических объектов. Случайный характер проявления неисправностей определяет степень достоверности оценочных параметров. При нахождении математических моделей используют различные методы аппроксимации и критерии их точности [3]. Графическое представление результатов исследований открывает закономерности развития процесса [4]. Теоретические формулы являются приближёнными выражениями экспериментальных данных [5]. Поэтому математические функции необходимо проверять на адекватность по соответствующим критериям, которые также имеют определённую достоверность.

Для рассмотрения использованы результаты собственных наблюдений по безотказности систем двигателей грузовых автомобилей «Газель» [6]. Коэффициент вариации случайных величин в данном случае составил 0,4, что соответствует переходной зоне между законами Вейбулла (ЗРВ) и нормальным (ЗНР). Дифференциальные функции их приведены на рис. 1.



Рис/ 1 - Плотность вероятности отказов

Визуально уже можно отметить лучшее совпадение точек исходной информации с нормальным законом распределения. Для оценки степени соответствия математических моделей опытным данным рассматриваем 4 критерия.

Коэффициент детерминации может быть рассчитан следующим образом:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_{\text{э}} - y_{\text{т}})^2}{\sum_{i=1}^n (y_{\text{э}} - \bar{y}_{\text{т}})^2} \quad (1)$$

где $y_{\text{э}}$, $y_{\text{т}}$ - экспериментальное и расчётное значение функции;

$\bar{y}_{\text{т}}$ - среднее значение расчётной функции;

n - количество точек информации.

Для определения критерия Фишера используется уравнение следующего вида:

$$F = \frac{R^2 \cdot (n - k - 1)}{(1 - R^2) \cdot k} \quad (2)$$

где k - число переменных в функции.

Критерий Колмогорова отображает максимальную разность между эмпирической $F_{\text{э}}(t)$ и теоретической $F_{\text{т}}(t)$ интегральными функциями:

$$\lambda = |F_{\text{э}}(t) - F_{\text{т}}(t)| \cdot \sqrt{n} \quad (3)$$

Критерий Пирсона вычисляется по формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_{\text{э}i} - m_{\text{т}i})^2}{m_{\text{т}i}} \quad (4)$$

где $m_{\text{э}i}$, $m_{\text{т}i}$ - опытная и теоретическая частота отказов.

На рис. 2 показаны расчётные значения критериев.

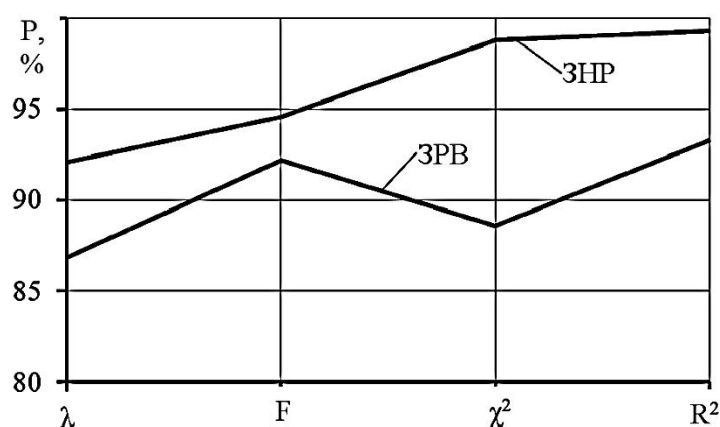


Рис. 2 - Вероятность совпадения экспериментальных и теоретических распределений

Критерии Фишера, Пирсона и детерминации вычисляются на основе квадратических отклонений опытных данных от расчётных значений, т.е. имеют одинаковую математическую основу. Критерий Колмогорова даёт точечную оценку совпадения, поэтому высока вероятность принять не тот закон распределения, его можно использовать для первоначальной отбраковки заведомо неадекватных модельных функций. Коэффициент детерминации показывает завышенную степень адекватности. По критерию Фишера получаются близкие значения, что затрудняет однозначный выбор функции. Наиболее чувствительным является критерий Пирсона. По всем критериям в данном случае для описания характера проявления отказов предпочтительным становится нормальный закон распределения. Следовательно, в зависимости от задач исследования надёжности технических систем необходим выбор оптимального метода расчёта их характеристик исходя из приемлемой погрешности результатов.

Библиографический список:

1. Королев А.Е. Взаимосвязь конструкторских и технических характеристик тракторных дизелей / А.Е. Королев // International journal of Professional Science. - 2023. - №1. - С. 52-56.
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. Петрянин, Д. Л. Анализ методов повышения точности аппроксимации и новая уточненная модель повышения точности аппроксимации / Д. Л. Петрянин // Надёжность и качество сложных систем. - 2016. - № 3. - С. 96-102.
4. Голубинский, А. Н. Методы аппроксимации экспериментальных данных и построения моделей / А. Н. Голубинский // Вестник Воронежского института МВД России. - 2007. - № 2. - С. 138-143.

5. Заикин, П. В. Аппроксимация эмпирических функций полиномами высших порядков / П. В. Заикин, М. А. Погореловский, В. С. Микшина // Вестник кибернетики. - 2015. - № 4. - С. 129-134.
6. Королев А.Е. Работоспособность систем двигателей / А.Е. Королев // Modern Science. - 2023. - № 6-2. - С. 37-40.

Оригинальность 87%