

Погрешность расчёта функции надёжности технических систем

Reliability function calculation error of technical systems

Королев А.Е.

канд. техн. наук, доцент кафедры технических системы в АПК Государственного аграрного университета Северного Зауралья
e-mail: alexkorolev72@mail.ru

Korolev A.E.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Systems in Agrarian and Industrial Complex, Northern Trans-Ural State Agricultural University
e-mail: alexkorolev72@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается точность оценки показателей надёжности технических устройств по результатам исследования. Испытание техники проводится с целью оценки показателей надёжности и соответствия их установленным требованиям. Обоснованная методика сбора и обработки информации позволяет получить достоверные сведения о закономерностях и причинах отказов изделий. План испытания предусматривает назначение числа объектов наблюдения и условий его проведения. Погрешности определения показателей надёжности возникают вследствие недостаточности объёма выборки и потери части информации. Выявлена зависимость погрешности и доверительной вероятности оценки эмпирических распределений от объёма исходной информации при различных методах расчёта. Установлено, что для получения достоверных результатов исследования надёжности необходимо не менее 30 объектов наблюдения. Объективная характеристика распределения случайных величин обеспечивается обоснованным выбором метода их расчёта.

Ключевые слова: количество объектов наблюдения, надёжность, методы расчёта, точность и достоверность.

Abstract

The article discusses the accuracy and veracity of estimating the reliability indicators of technical devices based on the results of the study.

Testing of the technics is carried out in order to assess the reliability indicators and their compliance with the established requirements. A substantiation method of collecting and processing information allows you to obtain reliable information about the consistent patterns and causes refusals the products. The test plan provides for the appointment of the number of observation objects and the conditions for its conduct. Inaccuracies in determining reliability indicators arise due to insufficient sample volume and loss of part of the information. Is revealed dependence of error and confidence probability of estimate of empirical distributions from the volume of initial information at various calculation methods. It was established that to obtain reliable results of the reliability study it is necessary at least 30 observation objects. Objective characteristic of the distribution of random variables provided by a substantiate choice of the method of their calculation.

Keywords: number of observation objects, reliability, calculation methods, accuracy and veracity.

Определение показателей надёжности машин выполняется с целью планирования производственной деятельности, а также для оценки соответствия установленных значений нормативным требованиям [1]. Обоснованная методика сбора и обработки информации позволяет получить достоверные сведения о режимах и условиях работы изделий, причинах отказов и их физической сущности [2]. Испытания на надёжность в условиях эксплуатации связаны с организационными трудностями и требуют продолжительных наблюдений, в то же время при ограниченном объёме выборки сложно обеспечить статистическую однородность партии изделий [3]. При определении показателей надёжности применяют параметрические методы оценки, при которых сначала оценивают параметры закона распределения, а затем определяют показатель надёжности как функцию от оцененных параметров. Исходными данными для планирования программы эксплуатационных наблюдений являются план испытаний, предельная относительная ошибка, доверительная вероятность, вид закона распределения случайной величины, объем совокупности. Случайность возникновения неисправностей приводит к тому, что оценка достоверности этого события имеет также вероятностный характер [4]. Погрешности при определении показателей надёжности объектов в результате эксплуатационных наблюдений возникают вследствие ограниченности объёма выборки (статистическая погрешность) и потери части информации об отказах (систематическая погрешность). Точность результатов характеризуется их близостью к действительным значениям в конкретных условиях испытания. При решении практических задач необходимо описание случайной величины в виде функции распределения. Основными числовыми характеристиками, выражающими существенные особенности статистических закономерностей, являются математическое ожидание, дисперсия и коэффициент вариации случайной величины. Существует ряд методов определения этих параметров: арифметический, статистический, сумм, графический, координатный и другие, которые, как правило, дают не совпадающие результаты расчётов. Показатели надёжности оцениваются методом выборки, её объём определяет точность и достоверность полученной информации. Целью данного исследования является анализ изменения погрешности экспериментов в зависимости от количества объектов наблюдения при различных методах вычисления характеристик их надёжности.

В качестве базы сравнения взяты результаты ранее проведённых испытаний тракторных дизелей [5]. Изменение погрешности оценки эмпирических данных приведено на рис. 1.

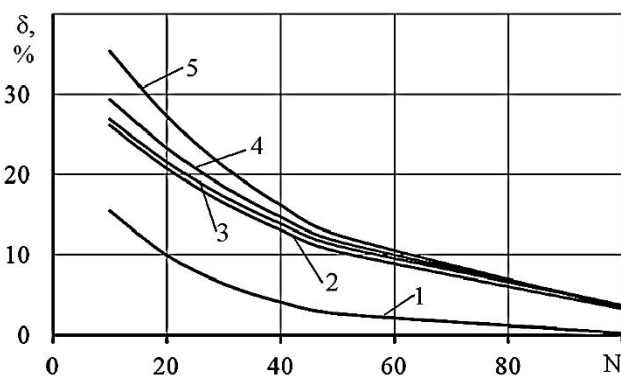


Рис. 1. Зависимость относительной ошибки аппроксимации от объёма выборки при методах расчёта: арифметический (1), статистический (2), сумм (3), графический (4) и координатный (5)

Закономерности свидетельствуют, что если $N \rightarrow \infty$, то ошибка $\delta \rightarrow 0$. Достаточная точность определения показателей надёжности 10% достигается первым методом уже при 20 объектах наблюдения, а остальными при $N > 50$. Принимая $\delta =$

0,1, получаем аналогично изменение достоверности исходной информации (рис. 2).

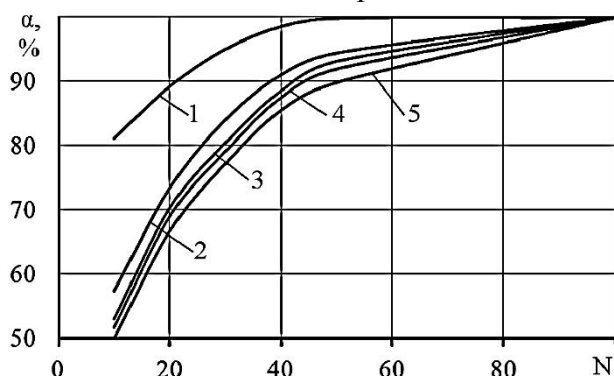


Рис. 2. Зависимость доверительной вероятности исследования от объема выборки при методах расчёта: арифметический (1), статистический (2), сумм (3), графический (4) и координатный (5)

Отсюда следует, что для обеспечения доверительной вероятности 90% и относительной ошибки 10% результатов исследования минимально должно быть 20...50 объектов наблюдения. Арифметический метод расчёта имеет высокую точность, но при большом объёме опытных данных достаточно трудоёмкий. Также нужно учитывать, что увеличение объектов наблюдения требует более длительных и затратных их испытаний. Следовательно, в зависимости от задач исследования надёжности технических систем необходим выбор оптимального метода расчёта их характеристик исходя из приемлемой погрешности и достоверности результатов.

Литература

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. *Северцев Н.А.* Надёжность сложных систем в эксплуатации и отработке / Н.А.Северцев. – Москва: Высшая школа, 1989. – 432 с.
4. *Савин С.К.* Достоверность контроля сложных радиоэлектронных систем летательных аппаратов / С.К. Савин, А.А. Никитин, В.И. Кравченко. – Москва: Машиностроение, 1984. – 168 с.
5. *Королев А.Е.* Характер отказов двигателей после ремонта / А.Е. Королев //Агропромышленные технологии Центральной России. – 2020. – №3. – С. 121–125.