

ГРАНИЦЫ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ МАШИН

А.Е. Королёв, канд. техн. наук, доцент
Государственный аграрный университет Северного Зауралья
(Россия, г. Тюмень)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-11-4-64-67

Аннотация. В статье рассматривается диапазон использования теоретических законов распределения случайных характеристик. Исследование надёжности техники является основой организации её эффективного использования. Случайное проявление неисправностей определяет вероятностный характер оценки достоверности этих событий. Для аппроксимации экспериментальной информации применяются теоретические законы распределения. Особо выделена логарифмически-нормальная зависимость. Для анализа возможности их применения были взяты выборки отказов зерноуборочных комбайнов. Представлены вероятностные функции рассеивания случайных величин. Показано влияние коэффициента вариации на точность совпадения эмпирических и теоретических результатов исследования. На основе оценки погрешности расчёта обоснованы пределы применения рассматриваемых закономерностей.

Ключевые слова: сложные технические устройства, надёжность, законы распределения, коэффициент вариации, точность расчёта.

Изучение надёжности техники в реальных условиях эксплуатации даёт основу для объективного планирования производственной деятельности. В свою очередь, обоснованная методика сбора и обработки информации позволяет сделать достоверные выводы об изучаемом процессе. Существующие теоретические и практические методики дают возможность определить устойчивые математические закономерности проявления отказов машин. Случайность и зачастую внезапность возникновения неисправностей технических систем предопределяет также вероятностную оценку достоверности этих событий. На основе теории вероятностей устанавливаются математические закономерности проявления отказов машин, которые аппроксимируются соответствующими функциями. Для этого применяются законы распределения случайных величин, каждый из которых имеет свою область употребления, но обеспечивающих абсолютное совпадение с экспериментальными данными в настоящее время нет [1]. При анализе работоспособности машин, как правило, используются нормальный (ЗНР), Вейбулла (ЗРВ), Релея (ЗРР) и экспоненциальный (ЗРЭ) законы распределения,

диапазон предварительного приложения их осуществляется по коэффициенту вариации случайных величин. Возможности логнормального распределения (ЛНР) в исследовании надёжности установлены не полно, известно лишь описание времени безотказной работы некоторых объектов. В данном случае предполагается, что если случайная величина распределена по ЛНР закону, то логарифм её по любому основанию будет распределён по нормальному закону. Эта функция предназначена для описания совокупного действия многих равнозначных факторов, когда перемены выходного показателя примерно пропорциональны изменению самих факторов. Кривые распределения имеют асимметрию и эксцесс, математическое ожидание, мода и медиана не совпадают.

Для анализа взяты выборки информации по отказам систем и механизмов зерноуборочных комбайнов с различной степенью их рассеивания [2]. Далее было проведено последовательное, попарное сравнение законов распределения. Выявлено, что при коэффициенте вариации $V = 0,25$ отклонение логарифмически-нормального распределения от опытных точек больше, чем нормального (рис. 1).

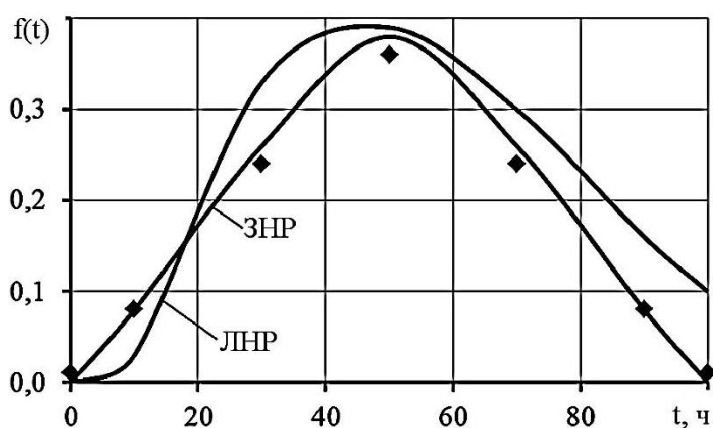


Рис. 1. Дифференциальные функции ЗНР и ЛНР

При этом относительная ошибка определения среднего показателя для ЗНР – 2,6%, ЛНР – 7,2%. При сравнении с зако-

ном Вейбулла ($V = 0,5$) ошибки соответственно равны 3,7% и 6,1% (рис. 2).

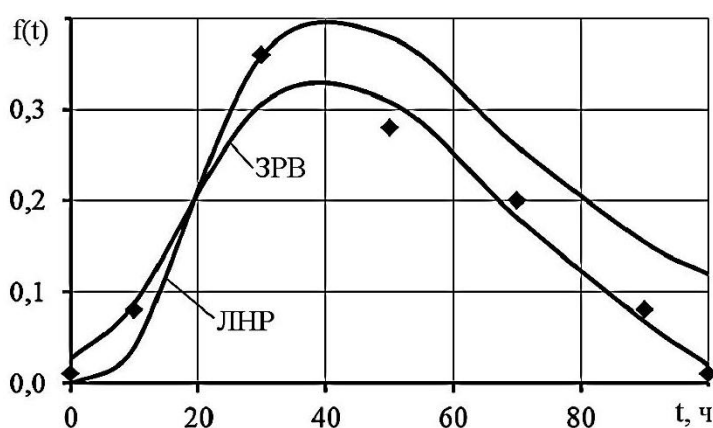


Рис. 2. Вероятность плотности отказов при ЗРВ и ЛНР

Переход в зону действия закона Релея ($V = 0,75$) показывает, что аппроксимация распределением ЛНР также менее точна,

погрешности составляют 3,9% и 6,8% (рис. 3).

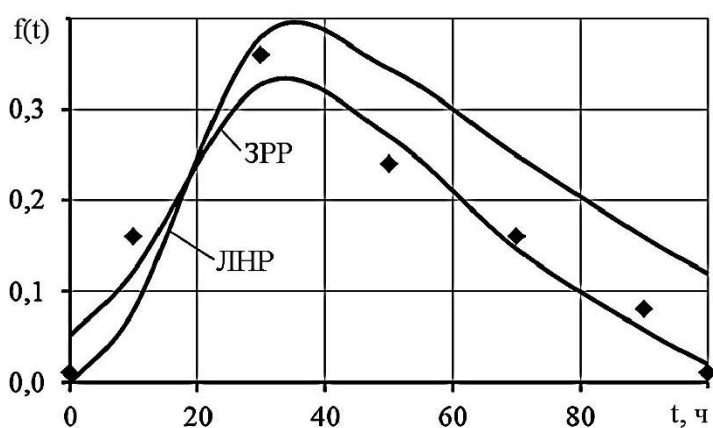


Рис. 3. Распределение отказов при ЗРР и ЛНР

Как видно из рисунка 5 при экспоненциальном характере отказов ($V = 0,75$) логнормальная функция не приемлема,

ошибки расчёта в данном случае 2,2% и 9.7%.

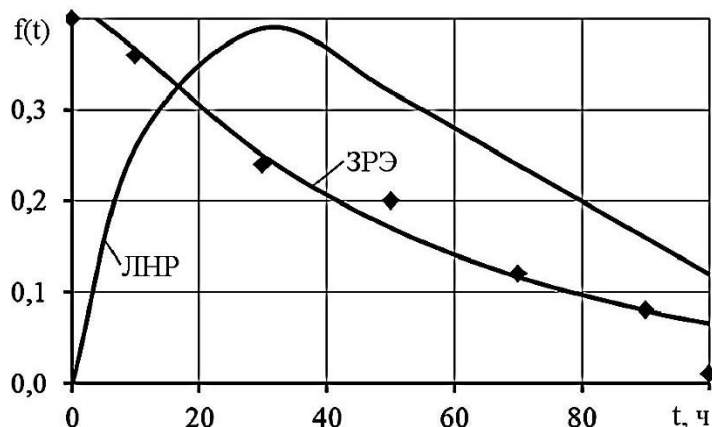


Рис. 4. Функции распределения отказов при ЗРЭ и ЛНР

На основе критерия Пирсона была выполнена оценка вероятности совпадения опытных и теоретических данных (рис. 5).

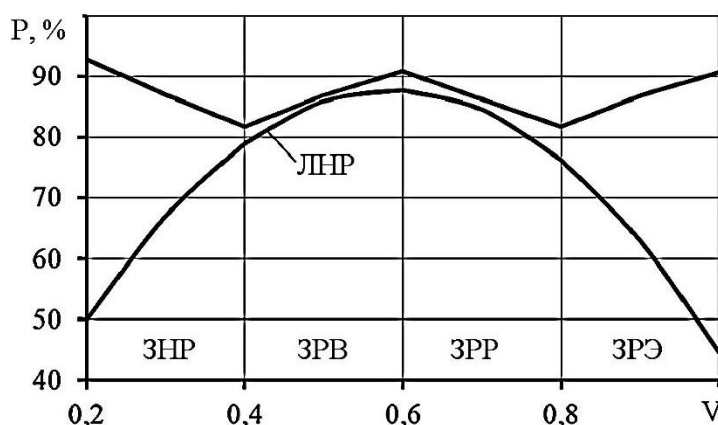


Рис. 5. Точность аппроксимации эмпирических распределений

Установлено, что наивысшая точность логарифмически-нормального распределения достигается при коэффициенте вариации 0,5...0,7. Следовательно, при назначении целевой функции описания безотказ-

ности объектов в этом диапазоне целесообразно рассматривать по критериям согласия одновременно три закона: Вейбулла, Релея и логнормального.

Библиографический список

1. Литвиненко Р.С. Практическое применение непрерывных законов распределения в теории надежности технических систем / Р.С. Литвиненко, П.П. Павлов, Р.Г. Идиятуллин // Надежность. – 2016. – Т. 16. – № 4. – С. 17-23.
2. Королев А.Е. Закономерности отказов сложных сельскохозяйственных машин / А.Е. Королев // Дневник науки. – 2023. – № 1. – С. 22-28.

**BOUNDARIES OF THE LAWS OF DISTRIBUTIONS OF INDICATORS
THE RELIABILITY MACHINES**

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

***Abstract.** The article examines the diapason of use of theoretical laws of random characteristic distribution. The study of the reliability of technology is the basis for organizing its effective use. Random manifestation of faults determines the probabilistic nature of the reliability assessment of these events. Theoretical distribution laws are applied to approximate experimental information. Logarithmic-normal dependence is especially highlighted. To analyze the possibility of their application, special samples of refusals of combine harvesters were taken. Probability functions of random variable scattering are presented. Probability functions of random variable scattering are presented. The influence of the coefficient of variation on the accuracy of coincidence of empirical and theoretical results of the study is shown. Based on the estimation of the calculation error, the borders of application of the considered patterns are justified.*

***Keywords:** complex technical devices, reliability, distribution laws, coefficient of variation, calculation accuracy.*