

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЁЖНОСТИ МАШИН



INTERRELATION OF NUMERICAL CHARACTERISTICS OF MACHINES RELIABILITY

Королев Александр Егорович

кандидат технических наук,
доцент кафедры технических системы в АПК,
Государственный аграрный университет
Северного Зауралья
alexkorolev72@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются числовые параметры, определяющие положение, рассеивание и взаимозависимость случайных величин. Выделены 4 теоретических закона надёжности технических систем, которые использовались для реализации цели данного исследования. На примере результатов эксплуатационных наблюдений за зерноуборочными комбайнами показано соотношение между математическим ожиданием, модой и медианой статистического ряда отказов. Проведена оценка асимметрии и эксцесса функциональных зависимостей. Выявлено влияние коэффициента вариации на изменение характеристик вероятностных распределений. Уставлена корреляционная взаимосвязь между оценочными показателями формы и положения вероятностных распределений отказов машин.

Ключевые слова: математическая статистика, теоретические законы, вероятностные характеристики, медиана, мода, асимметрия, эксцесс, изменение, взаимосвязь.

Korolev Alexander Egorovich

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

Annotation. The article discusses numerical parameters, which define position, scattering and interdependence of random variables. Allocated to 4 theoretical laws of reliability of technical systems, which were used to realize the purpose of this study. Using the example of the results of exploitative observations of combine harvesters shown the ratio between mathematical expectation, fashion and median of the statistical series of refusals. Conducted assessment asymmetry and kurtosis of functional dependencies. The effect of the coefficient of variation on the change in the characteristics of probability distributions was revealed. Correlation interrelation between estimated indicators of shape and position of probabilistic distributions of machine failures is established.

Keywords: mathematical statistics, theoretical laws, probabilistic characteristics, median, mode, asymmetry, excess, change, interrelationship.

Математическая статистика включает в себя методы сбора, обработки и анализа опытных данных для получения научных и практических выводов об изучаемом процессе или явлении [1]. Это направление исследования позволяет вычислить числовые характеристики и параметры случайных величин, а также оценить взаимосвязь между ними [2]. Определение показателей надёжности технических систем выполняется на основе исходной информации, полученной в результате реализации различных планов эксплуатационных наблюдений [3]. Отказы машин в подавляющем большинстве случаев подчиняются следующим законам распределения: нормальный, Вейбулла, Релея и экспоненциальный. Числовые характеристики случайной величины делятся на следующие группы: определяющие положение случайной величины (среднее значение \bar{x} , мода M_0 и медиана M_e), определяющие рассеивание случайной величины (размах R , дисперсия D , среднее квадратичное отклонение σ и коэффициент вариации V), определяющие форму кривой (асимметрия δ , эксцесс ϵ). Для сокращения объёма вычислений зачастую используют оценки этих параметров (\hat{x} , $\hat{\sigma}$, \hat{V}) по сгруппированной выборке [4]. В ниже представленном анализе использованы результаты собственных исследований по безотказности зерноуборочных комбайнов, коэффициент вариации наработки в выборках изменяется от 0,2 до 0,9 (рис. 1...4). Расчётами выявлено, что отличие между параметрами непрерывных и дискретных распределений при любых законах распределения составляет 3...4,5 %, это находится в пределах допустимой ошибки. Медиана разделяет совокупность на две равные по численности группы, а мода соответствует максимальной частоте отказов.

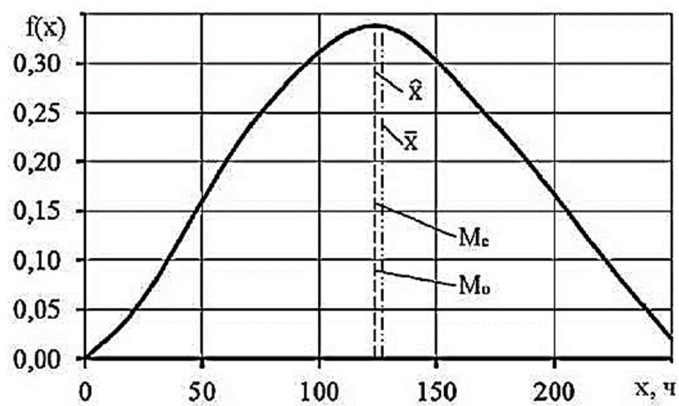


Рисунок 1 – Параметры нормального распределения

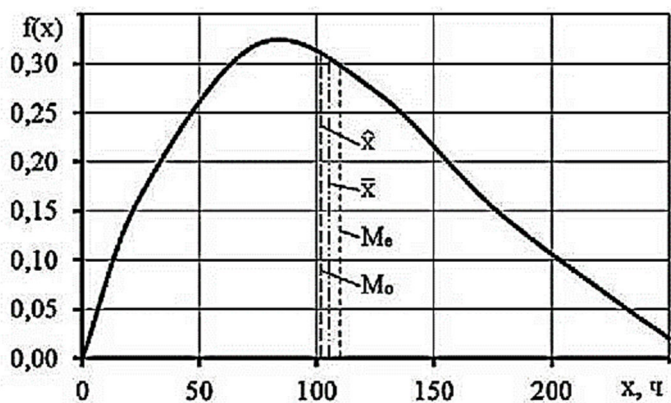


Рисунок 3 – Параметры распределения Вейбулла

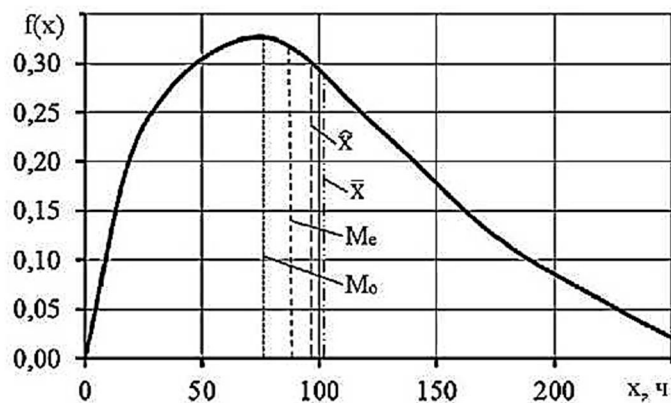


Рисунок 3 – Параметры распределения Релея

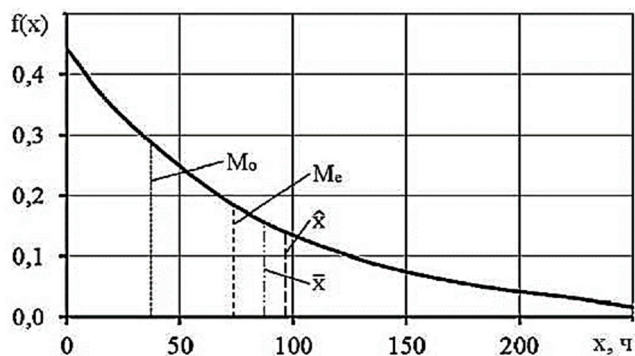


Рисунок 4 – Параметры экспоненциального распределения

При нормальном распределении математическое ожидание и медиана совпадают. С увеличением коэффициента вариации расхождение между ними растёт и составляет около 50 % при экспоненциальном распределении (рис. 5). Ещё больше изменяется соотношение между математическим ожиданием и модой.

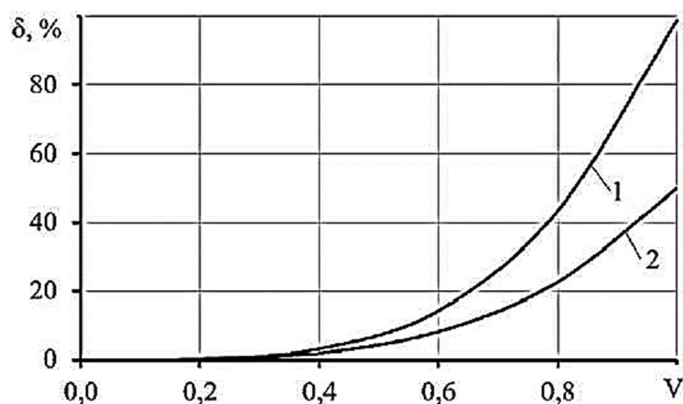


Рисунок 5 – Влияние коэффициента вариации на отклонение моды (1) и медианы (2) от математического ожидания случайных величин

Коэффициент асимметрии и эксцесс являются числовыми характеристиками формы кривой распределения. Они определяются отношением третьего и четвёртого центральных моментов к среднему квадратическому отклонению в соответствующей степени [4]. В зависимости от величины рассеивания опытных данных изменение этих параметров приведено на рисунке 6.

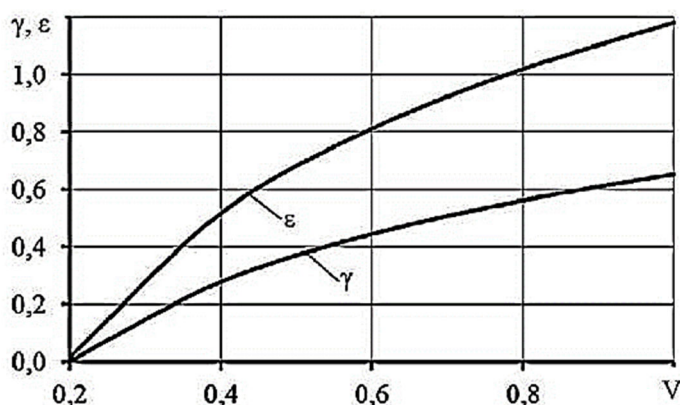


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента асимметрии и эксцесса от коэффициента вариации

Симметричность кривой оценивается степенью равной удалённости случайных величин от центра группирования. Эксцесс показывает отклонение принятой функции от нормального распределения, для которого $s = 3$. Все законы распределения имеют положительную левостороннюю асимметрию относительно нормального закона, и она возрастает пропорционально коэффициенту вариации. Аналогично изменяется эксцесс, все значения < 3 , поэтому на графике эти отклонения приведены по модулю. Следовательно, у зависимостей малая заострённость и они растянуты по оси абсцисс. В целом коэффициент вариации является не только относительной мерой рассеивания, но и критерием оценки вероятных значений параметров распределений. Между изучаемыми параметрами высокая степень взаимосвязи (коэффициенты парной корреляции составляют 0,96...0,99), т.е. отклонения формы кривой распределения вызывают пропорциональные изменения расположения центров группирования случайных величин (рис. 7).

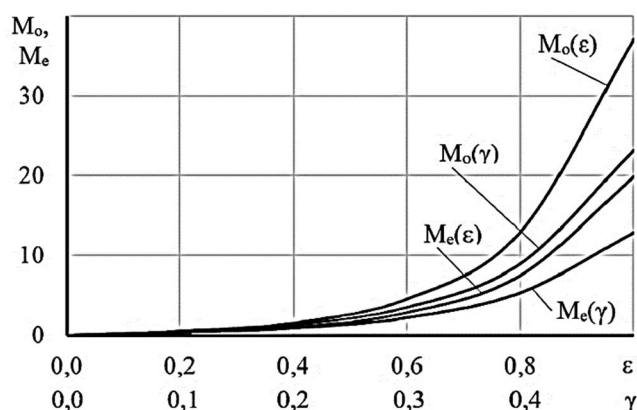


Рисунок 7 – Взаимосвязь моды и медианы с коэффициентом асимметрии и эксцессом функции распределения

При симметричном законе распределении с коэффициентом вариации не более 0,2 все характеристические показатели равны нулю.

Литература

1. Митков А.Л. Статистические методы в сельхозмашиностроении / А.Л. Митков, С.В. Кардашевский. – М. : Машиностроение, 1978. – 360 с.
2. Дорохов А.Н. Обеспечение надежности сложных технических систем / А.Н. Дорохов, В.А. Керножицкий, А.Н. Миронов. – СПб. : Лань, 2017. – 352 с.
3. Королев А.Е. Анализ методов испытаний техники на надёжность / А.Е. Королев // Наука. Техника. Технологии. – 2020. – № 4. – С. 243–246.
4. Швалева А.В. Методы математической статистики в технических исследованиях / А.В. Швалева // Молодой ученый. – 2012. – № 3(38). – С. 427–430.

References

1. Mitkov A.L. Statistical methods in agricultural engineering / A.L. Mitkov, S.V. Kardashevsky. – M. : Mashinostroenie, 1978. – 360 p.
2. Dorokhov A.N. Ensuring the reliability of complex technical systems / A.N. Dorokhov, V.A. Kernozhitsky, A.N. Mironov. – SPb. : Lan, 2017. – 352 p.
3. Korolev A.E. Analysis of methods for testing equipment for reliability / A.E. Korolev // Nauka. Technique. Technologies. – 2020. – № 4. – P. 243–246.
4. Shvaleva A.V. Methods of mathematical statistics in technical research / A.V. Shvaleva // Young scientist. – 2012. – № 3(38). – P. 427–430.