



УДК 629.1.07

**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН,
ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ**

Юсупов Асгербек Алиевич

старший преподаватель

НАО «Каспийский университет технологий и инжиниринга» им. Ш. Есенова, г. Актау,
Республика Казахстан

Аннотация. В статье рассмотрены пути повышения надежности и безотказности автомобиля на основе использования законов теории распределения вероятностей. Применение анализа случайных величин, характеризующих параметры процессов технической эксплуатации автомобиля, дает возможности выявления в практике технической эксплуатации автомобиля наработки на отказ автомобиля при выходе из строя различных деталей и периодичности внезапных отказов деталей из-за аварии, ДТП и т.п.

Ключевые слова: надежность автомобиля, законы распределения вероятностей, случайная величина, отказ, наработка, вероятностный процесс, вероятность отказа

В теории надежности приходится иметь дело с двумя классами случайных величин — дискретными и непрерывными. Центральным понятием теории надежности является понятие «отказ», заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Хотя сам факт отказа объекта — явление детерминированное, но неполнота сведений об объекте и протекающих в нем и окружающей среде процессов приводят к вероятному характеру отказов, т. е. отказ объекта может быть вызван разными причинами и иметь различные особенности. Так как время появления отказа — величина случайная, вероятность этого события может быть вычислена с помощью разнообразных подходов. Наиболее обоснованным из них является применение в теории надежности методов теории вероятностей, математической статистики и теории случайных процессов [1].

В практике технической эксплуатации автомобиля (ТЭА) в большинстве случаев приходится иметь дело с вероятностными процессами, когда функция отражает аргумент с некоторой вероятностью. Например, диаметр цилиндров двигателя вследствие износа увеличивается не одинаково по мере наработки, тем более для разных двигателей той же модели (рис. 1).

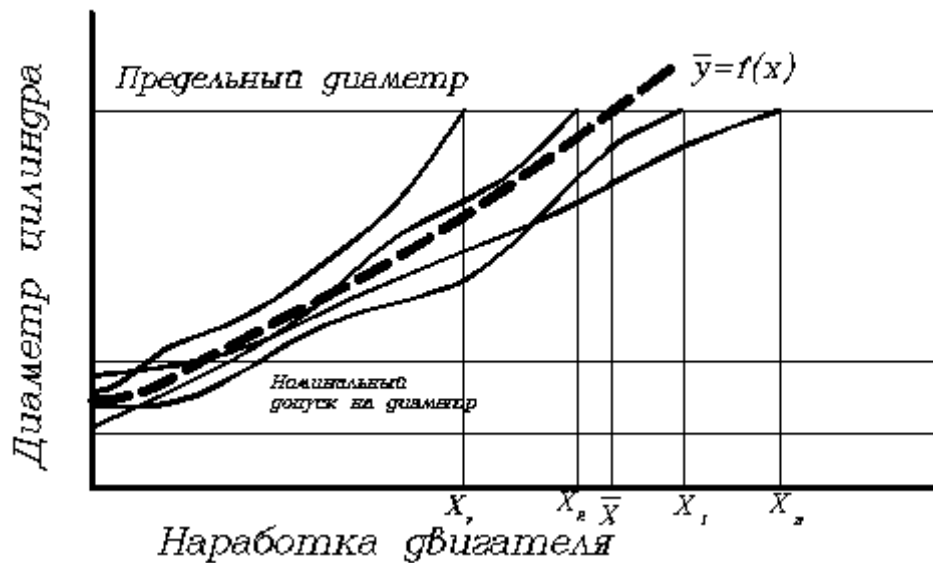


Рисунок 1 – Вероятностный процесс увеличения диаметра цилиндра двигателя вследствие износа

Во многих случаях достаточно знать не функцию (регрессию) $\bar{y} = f(x)$, а числовые характеристики совокупности случайных величин x_1, x_2, x_3 и т.д. Основными числовыми характеристиками случайных величин являются математическое ожидание $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \sum x_i \cdot p_i$, и среднее квадратическое отклонение $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$, где n - число анализируемых случайных величин, а p_i - вероятность наблюдения случайной величины. Если анализируется не вся генеральная совокупность случайных величин, а только некоторая выборка из этой совокупности, то в качестве меры рассеяния случайной величины используют оценку среднего квадратического отклонения:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

Более наглядной характеристикой рассеянности (разброса) случайных величин является коэффициент вариации $\nu = \frac{\sigma}{\bar{x}}$.

Наиболее полно случайная величина описывается законом распределения вероятностей. Распределение вероятностей может быть представлено таблицей, графиком или формулой. Существенное значение для распределения вероятностей имеет характер случайной величины, которая может быть дискретной (количество пассажиров в автобусе может быть только целым) или непрерывной (наработка между очередными проколами колеса).

На рис. 2а показано распределение вероятностей $P(x_i)$ дискретной случайной величины x_i (например, расхода запасных частей со склада в течение дня).

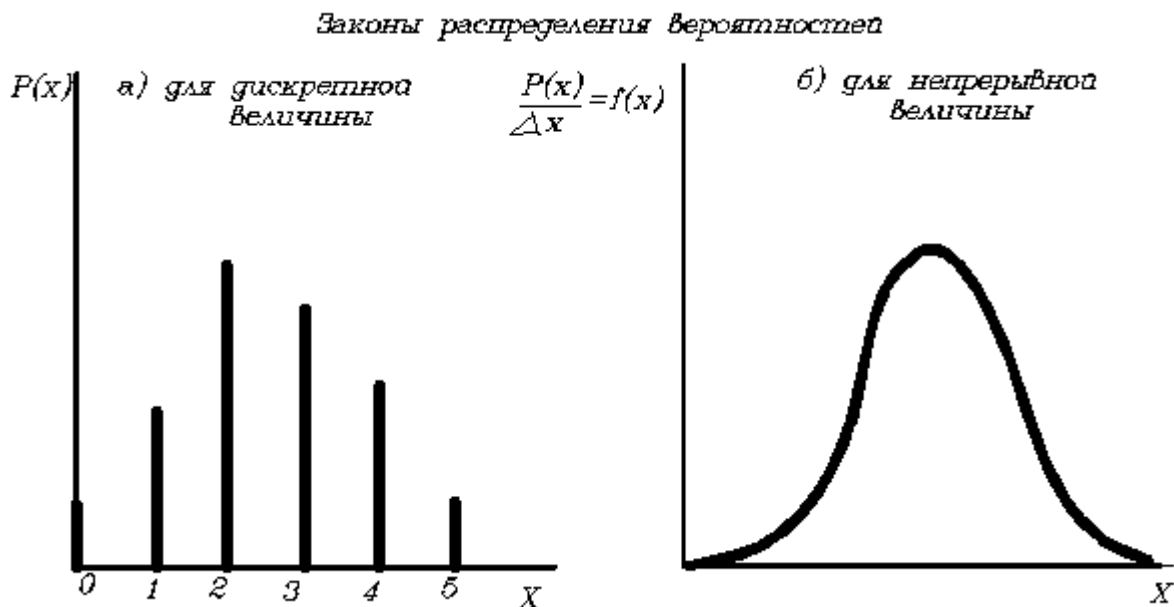


Рисунок 2 а.

Рисунок 2 б.

Если попытаться аналогично изобразить распределение вероятностей непрерывной случайной величины (например, наработки до отказа детали), то возникнет противоречие: конкретное значение x_i - это точка на непрерывной шкале и вероятность отказа именно в это мгновение очень мала (рис. 2б). О реальных величинах вероятности отказа, очевидно, можно говорить только, если рассматривать некоторый интервал наработки Δx . Чем уже интервал, тем меньше вероятность, но отношение $\frac{P(x_i)}{\Delta x_i} = f(x)$ будет конечной величиной, характеризующей определенное значение x . Это отношение называют плотностью вероятности. Плотность вероятности, представленная в виде графика, также позволяет судить о том насколько часто или редко может наблюдаться то или иное значение случайной величины x .

На практике часто важно знать вероятность того что случайная величина равна или меньше некоторого значения, т.е. $P(x \leq x_0)$. Для закона распределения дискретной случайной величины $P(x \leq x_0) = \sum P(x_i)$ (Рис. 3 а), для непрерывной случайной величины $P(x \leq x_0) = \sum P(x_i) = \sum f(x) \cdot \Delta x$. Если $\Delta x \rightarrow 0$, то $P(x \leq x_0) = F(x) = \int f(x) \cdot dx$. В таком виде закон распределения вероятностей называют интегральным законом (Рис.3 б), а плотность распределения вероятностей часто называют дифференциальным законом распределения вероятностей. Закон распределения вероятностей дискретной случайной величины по рис.13в могут называть кумулятивной кривой [2].

Формы кривых распределения могут быть разнообразны, что зависит от особенностей рассматриваемой случайной величины и процесса, в котором рождается эта величина. Главным фактором здесь является степень наличия последствия.

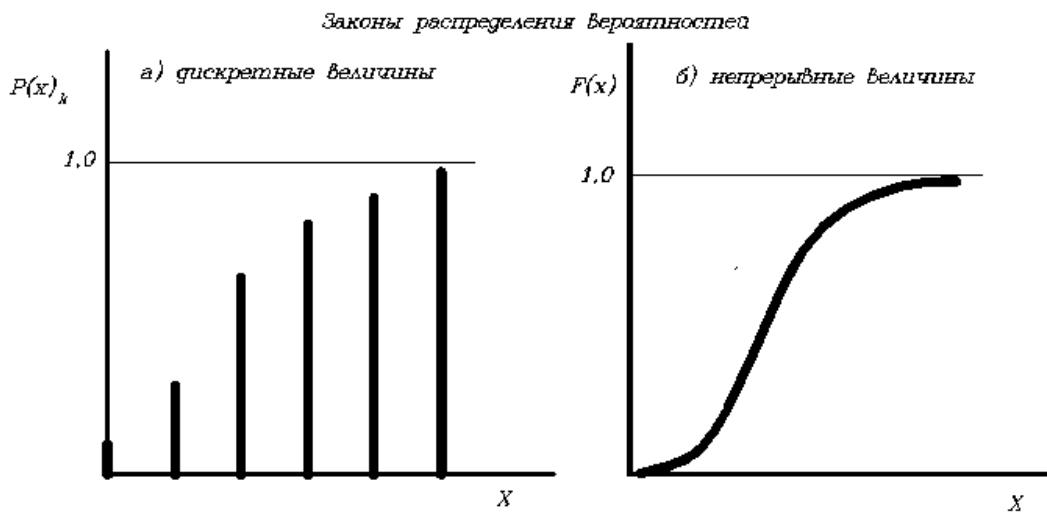


Рисунок 3 а.

Рисунок 3 б.

Процесс не имеет последствия, если состояние в будущем не зависит от того, как система пришла в настоящее состояние. Например, наработка до прокола колеса и ресурс коленчатого вала являются случайными величинами, но их распределения вероятностей различны. Если мы сегодня установили на двигатель новый коленчатый вал, то завтра он еще новый и даже через месяц работы автомобиля коленчатый вал можно считать новым. Если сегодня установлена новая камера в колесо, то никаких особых гарантий отсутствия прокола завтра, потому, что камера новая, нет.

В этих примерах наработка камеры до прокола является случайной величиной, рождаемой процессом без последствия, а ресурс коленчатого вала рождается процессом с хорошо выраженным последствием.

В математике известны многие законы распределения вероятностей случайных величин, из них в практике ТЭА достаточно широко используются пять законов. Экспоненциальный закон описывает непрерывные случайные величины, рождаемые процессом без последствия. Закон выражается формулами:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}, \quad f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \quad (2)$$

где параметром распределения является $\lambda = \frac{1}{\bar{x}}$, здесь $\bar{x}$ - математическое ожидание

случайной величины.

Для случайных величин, распределенных по экспоненциальному закону, коэффициент вариации равен единице, т.е. $\sigma = \bar{x}$. Формы кривых показаны на рисунке 4.

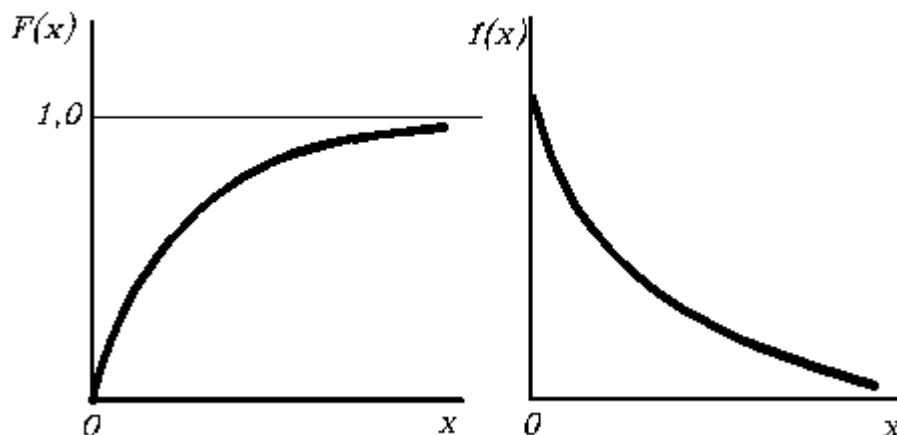


Рисунок 4 - Формы кривых распределения для случайных величин, распределенных по экспоненциальному закону

Следует отметить, что в окружающей действительности очень многие явления можно отнести к процессам без последствия, поэтому интуитивное представление часто соответствует экспоненциальному закону (например, человек «привыкает» к опасности, потому что вначале прирост вероятности события большой, а со временем прирост уменьшается).

Случаи применения экспоненциального закона в практике ТЭА:

- наработка на отказ автомобиля при выходе из строя различных деталей;
- наработка на отказ (моменты возникновения потребности в замене) конкретной детали для группы одновременно работающих автомобилей;
- периодичность внезапных отказов деталей из-за аварии, ДТП и т.п. (например, прокол колеса);
- время простоя автомобиля в ремонте при дефиците запасных частей.

Нормальным законом описываются непрерывные случайные величины, рождаемые процессом с хорошо выраженным последствием. По предельной теореме Ляпунова, если случайная величина является суммой многих случайных величин, то она хорошо описывается нормальным законом. Отсюда можно считать, что если на процесс влияет много различных факторов, то рождаемая этим процессом случайная величина будет распределена по нормальному закону, который выражается формулой:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

где: $\bar{x}$ - математическое ожидание случайной величины;

σ - среднее квадратическое отклонение.

Интегральная функция $F(x) = \int f(x)dx$ не имеет аналитического выражения, поэтому

для ее построения пользуются табличными значениями функции $F(z)$, где $z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$ - квантиль (условный аргумент, позволяющий определять значения вероятностей для любых совокупностей нормально распределенных случайных величин). Следует отметить, что в разных литературных источниках квантиль может обозначаться различными буквами. Формы кривых распределения показаны на рисунке 5

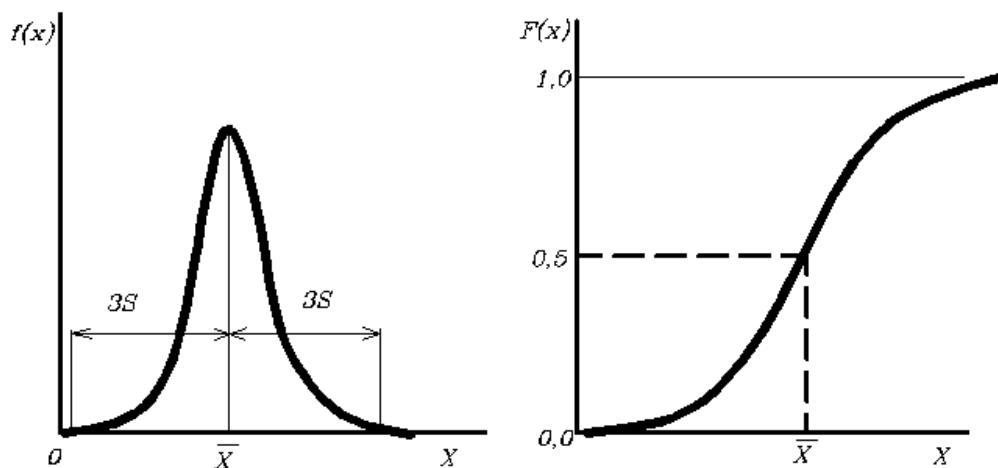


Рисунок 5 – Формы кривых распределения для нормально распределенных случайных величин

Характерной особенностью нормального закона является то, что кривая плотности вероятности симметрична относительно математического ожидания, а кривая интегральной вероятности зеркально симметрична относительно вероятности 0,5. Поскольку с вероятностью 0,997 нормально распределенная случайная величина укладывается в интервал $\bar{x} \pm 3\sigma$, а в реальных условиях отрицательных величин, как правило, не бывает, то математическое ожидание не может быть меньше 3σ , значит, нормально распределенные случайные величины имеют коэффициент вариации $\nu \leq 0,333$. По этому условию выбирают вид закона распределения анализируемых случайных величин [3].

Случаи применения нормального закона распределения вероятностей в практике ТЭА:

- ресурс нормально изнашиваемых деталей;



- время простоя автомобиля в ТО;
- трудоемкость ТР;
- пробег автомобилей по календарным периодам;
- расход эксплуатационных материалов;
- и т.п.

Вывод. Таким образом, выполненные на основе использования законов

теории распределения вероятностей - исследование и анализ случайных величин, характеризующих параметры процессов технической эксплуатации автомобиля дают возможности выявления в практике технической эксплуатации автомобиля различных вариантов наработок на отказ автомобиля. Это является важнейшим научно-техническим фактором обеспечения надежной и безаварийной эксплуатации автотранспортных средств.

Список литературы:

1. Шарыпов А.В., Осипов Г.В. Основы теории надежности транспортных систем: Учебное пособие. — Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. -128 с.
2. Лукинский В. С., Зайцев Е. И. Прогнозирование показателей надежности агрегатов трансмиссии. - В сб. Надежность и долговечность машин и сооружений. - Киев: Наукова думка, 1984. Вып. 5, - С. 27-32.
3. Баженов, Ю.В. Прогнозирование остаточного ресурса конструктивных элементов в условиях эксплуатации / Ю.В. Баженов, М.Ю. Баженов // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 4. - С. 16-21.