

ХАРАКТЕРИСТИКИ
НАДЕЖНОСТИ ПРИ ВНЕЗАПНЫХ
И ПОСТЕПЕННЫХ ОТКАЗАХ

НЕВОССТАНАВЛИВАЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ.
ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ ЗАКОН НАДЕЖНОСТИ.
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ
ЭЛЕМЕНТОВ

**Основная количественная характеристика
безотказности – ВЕРОЯТНОСТЬ
БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ на заданном
временном интервале, т.е. вероятность
того, что наработка до первого отказа
превышает заданную величину t .**

Вероятность безотказной работы определяется как вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ устройства не возникнет.

$$P(t) = P\{\xi \geq t\}, t > 0$$

t – время,

ξ

интервал времени до отказа.

ВЕРОЯТНОСТЬ ОТКАЗА – ВЕРОЯТНОСТЬ того, что отказ произойдет после включения через время, не превышающее заданной величины t , т.е.

$$\xi < t$$

$$Q(t) = P\{\xi < t\}, \quad t \geq 0$$

Вероятность отказа и вероятность безотказной работы есть события несовместимые, противоположные и образующие полную группу событий

$$P(t) + Q(t) = 1$$

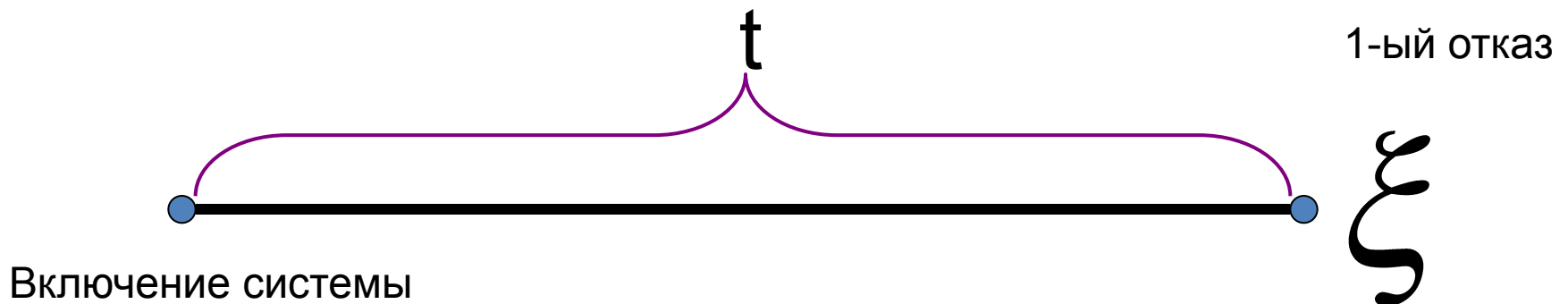
ПЛОТНОСТЬ ВЕРОЯТНОСТИ или дифференциальный закон распределения времени работы объекта до отказа

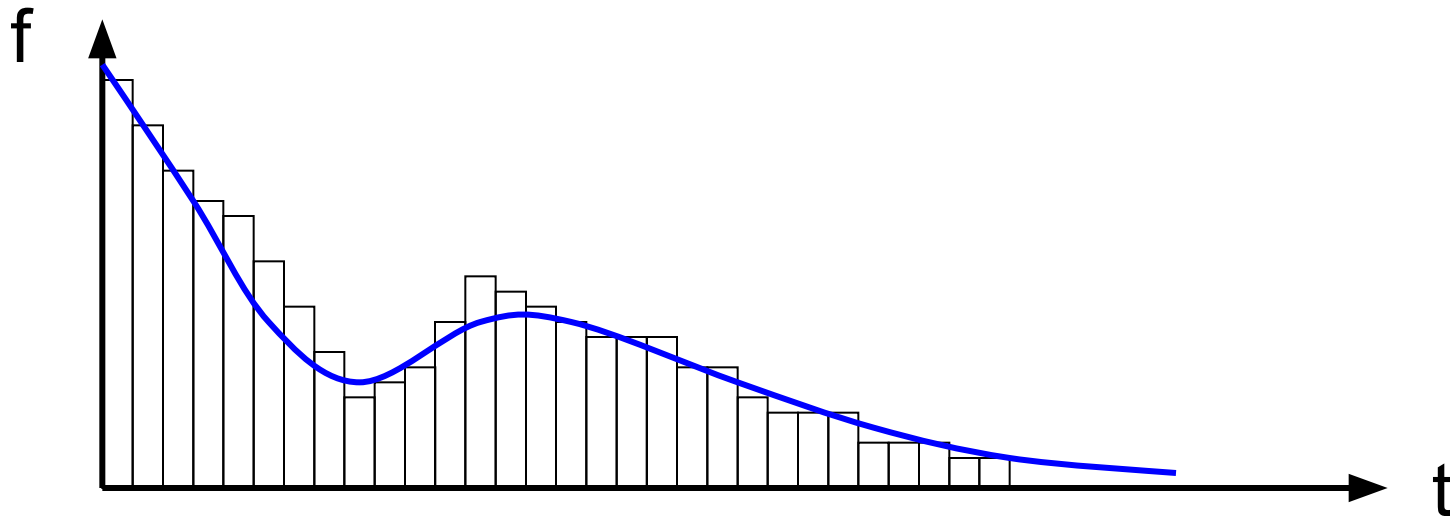
Плотность распределения времени безотказной работы

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = Q'(t) = (1 - P(t))' = -P'(t)$$

Вероятности – значения некоторой действительной функции, определенной на классе идеализированных событий, которые представляют собой результаты испытания (опыта или наблюдения).

Частота случайного события в каждой последовательности независимых повторных испытаний приближается к соответствующей вероятности.





Плотность $f(t)$ приближенно получается из опыта, для чего ставится следующий эксперимент: наблюдается работа большого числа N однородных элементов, каждый из которых работает до момента отказа. Время, в течении которого работал элемент регистрируется. Строится гистограмма и аппроксимируется кривой.

Ордината гистограммы на каждом элементарном участке времени Δt
- среднее число отказов за единицу времени.

Интенсивность отказа – условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не наступил.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - Q(t)} = \frac{f(t)}{P(t)}$$

Статистическая оценка интенсивности отказов имеет вид

$$\lambda^*(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \cdot \Delta t}$$

При рассмотрении процессов, протекающих в системе с дискретными состоянием и непрерывным временем, часто бывает удобно представить себе процесс так, будто переходы системы из состояния в состояние происходят под действием каких-то потоков событий (например, поток сбоев или неисправностей).

Потоком событий называется последовательность однородных событий, следующих одно за другим в какие-то случайные моменты времени.

При рассмотрении вопросов надежности удобно принимать поток событий как простейший поток отказов

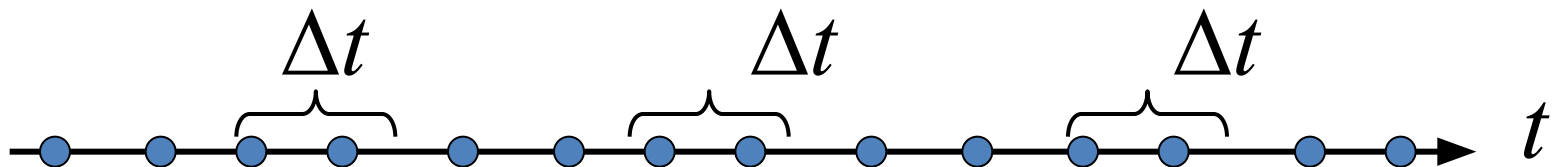
с интенсивностью λ

Простейший поток обладает следующими свойствами:

1. Стационарностью.

Поток событий называется стационарным, если вероятность попадания того или иного числа событий на участок времени длиной Δt зависит только от длины участка и не зависит от того, где именно на оси $0t$ расположен этот участок, т.е. вероятностные характеристики такого потока не должны меняться в зависимости от времени.

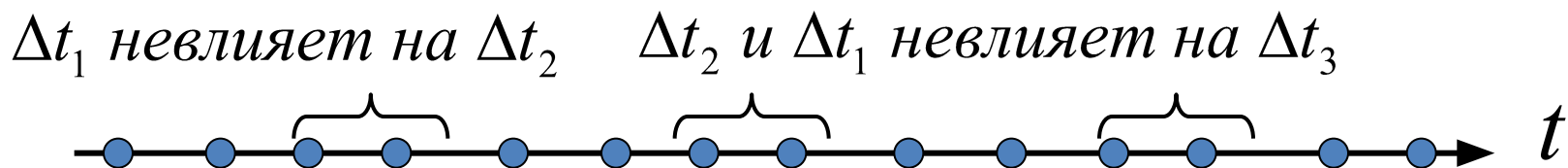
Интенсивность потока событий – среднее число событий в единицу времени – для стационарного потока должна оставаться постоянной.



Простейший поток обладает следующими свойствами:

2. Без последствий.

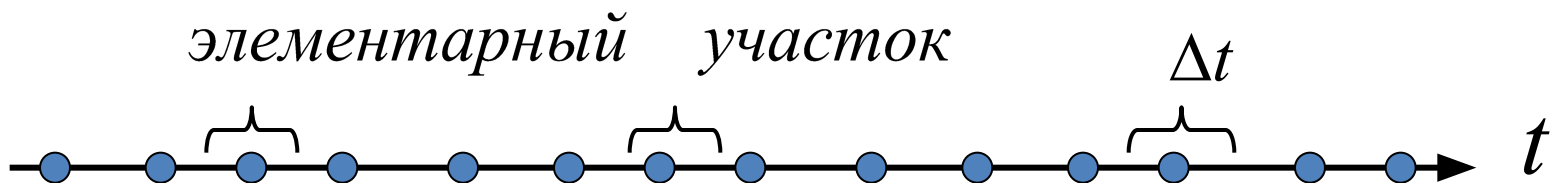
Поток событий называется без последствий, если для любых непересекающихся участков времени число событий, попадающих на один из них, не зависит от того, сколько событий попало на другой (или другие, если рассматривается более двух участков), т.е. события образующие поток, повалываются в последовательные моменты времени независимо друг от друга.



Простейший поток обладает следующими свойствами:

3. Ординарность.

Поток событий называется ординарным, если вероятность попадания на элементарный участок двух или более событий пренебрежительно мало по сравнению с вероятностью попадания одного события, т. е. события в потоке приходят поодиночке, а не парами или тройками.

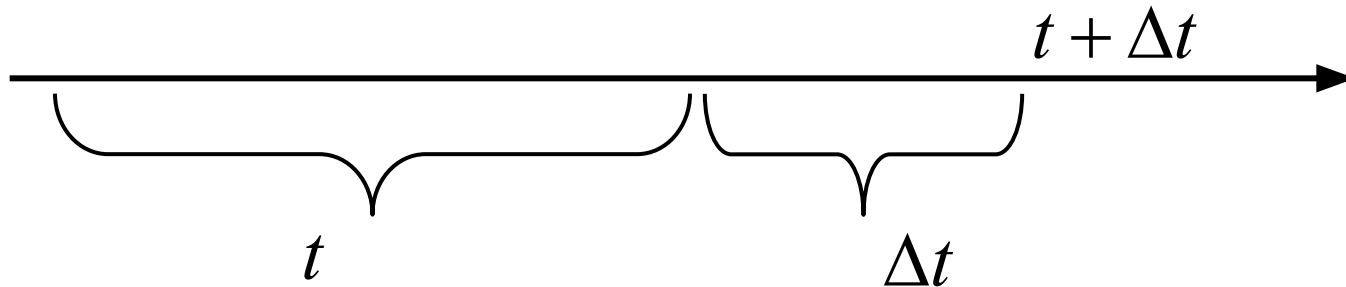


Поток событий, обладающий всеми тремя свойствами: стационарностью, без последствий, ординарностью – называется простейшим (или стационарным пуассоновским) потоком.

Название «простейший» связано с тем, что математическое описание событий, связанных с простейшими потоками является наиболее простым.

При суперпозиции (взаимном наложении) достаточно большого числа потоков, обладающих последствием (лишь бы они были стационарны и ординарны), образуется суммарный поток, который можно считать простейшим, он тем точнее, чем больше число потоков складывается.

Пуассоновский поток событий (как стационарный, так и нестационарный) тесно связан с известным распределением Пуассона.



На оси $0t$ наблюдается поток событий, который заканчивается в момент $t + \Delta t$

Случайные события, образующие простейший поток, распределены по закону Пуассона

$$P_n(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^n}{n!} e^{-\lambda \cdot t} \quad (n = 0, 1, \dots)$$

$P(t)$ – вероятность возникновения в течение времени t ровно n событий (отказов)

При проведении испытаний на практике часто применяют упрощенный метод расчета интенсивности отказов (как среднее число отказавших объектов в час).

$$\lambda^* = \frac{n}{N \sum_{i=1} t_i}$$

N – количество установленных на испытания объектов.

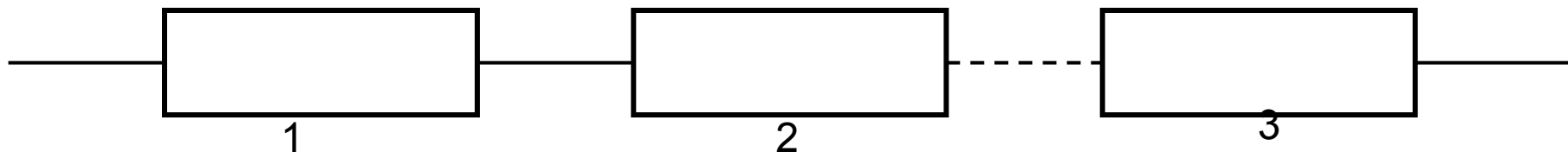
n – число отказавших объектов за время испытаний.

t – наработка до отказа или до конца испытаний i -го объекта

В теории надежности последовательной называется такая система, отказ хотя бы одного элемента которой приводит к отказу всей системы.

Отказы отдельных элементов считаются независимыми, т.е. отказ одного приводит к отказу других элементов.

$$P(t) = p_1(t) \cdot p_2(t) \cdot \dots \cdot p_N(t)$$



Используя теорему умножения вероятностей, согласно которой вероятность произведения, т.е. совместного проявления независимых событий, равна произведению вероятностей этих событий.

Следовательно, вероятность безотказной работы системы равна произведению вероятностей безотказной работы отдельных элементов.

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t)$$

Средняя наработка до отказа устройства приводится в документации на устройства.

$$T_0 = \int_0^{\infty} e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot t}$$

Статистическая оценка для средней наработки до отказа определяется по формуле.

$$T_0 = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} t_i$$

N – число работоспособных одноптипных невосстанавливаемых объектов при $t=0$ (т.е. в начале испытания).

t – наработка до отказа i -го объекта.

Интенсивность отказов комплектующих элементов, являющаяся их исходной характеристикой надежности, зависит от режима эксплуатации и степени тяжести внешних воздействий (температура, влажность, вибрации...)

$$\lambda = \lambda_0 K_1 K_2 \dots K_n$$

λ_0 -Интенсивность отказа элемента при нормальных условиях работы
-Окружающей среды 15+/-10 цельсия

$$K_1 K_2 \dots K_n$$

-Поправочные коэффициенты, учитывающие режимы работы
- и условия эксплуатации.