

## Контактная информация

## 联系方式

Александр Александрович ЕФРЕМОВ

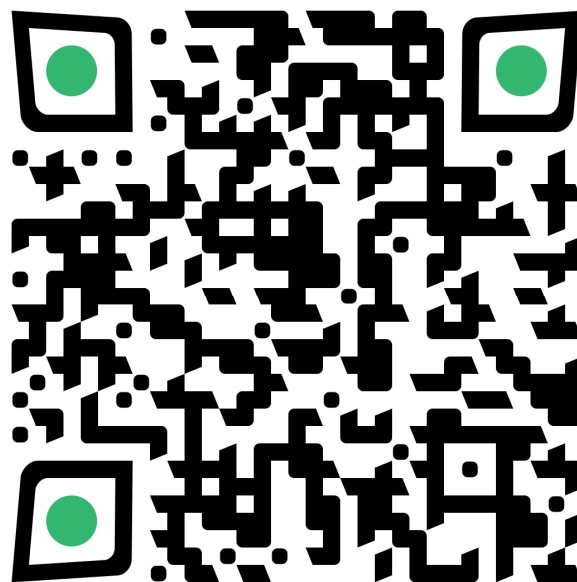
**Старший преподаватель,**  
Отделение автоматизации и робототехники

高级讲师  
自动化与机器人技术部门

Кабинет 112-А, корпус 10

10号楼112-A办公室

email: [alexeyfremov@tpu.ru](mailto:alexeyfremov@tpu.ru)



Reliability Theory

Теория надёжности

可靠性理论

## Reliability theory studies

- equipment failures,
- ways to prevent failures,
- ways to increase uptime.

## Теория надёжности изучает

- откáзы оборудóвания,
- спóсобы предотвращения отказов,
- спóсобы увеличéния врéмени безоткáзной рабóты.

Failures can lead to

- interruptions of technological process,
- material losses,
- environmental damage,
- loss of human lives.

Отка́зы мо́гут приводи́ть к

- перерывам в технологическом процессе,
- материальным потерям,
- вреду для окружающей среды,
- потерям человеческих жёнзней.

Reliability Theory considers failures as random events and time to failure as a random variable, therefore in order to calculate reliability we need formulas from Probability Theory.

Теория надёжности рассматривает отказы как случайные события, а время до отказа – как случайную величину, поэтому для того, чтобы рассчитать надёжность, нам необходимы формулы из Теории вероятностей.

If  $X$  is a random variable then  $F(x)$  is the probability that  $X$  is less than or equal to  $x$ .

$$F(x) = Pr\{X \leq x\}$$

$F(x)$  is called cumulative probability function (cdf).

Если  $X$  это случайная переменная, то  $F(x)$  - это вероятность того, что  $X$  меньше или равна  $x$ .

$F(x)$  называется функцией распределения.

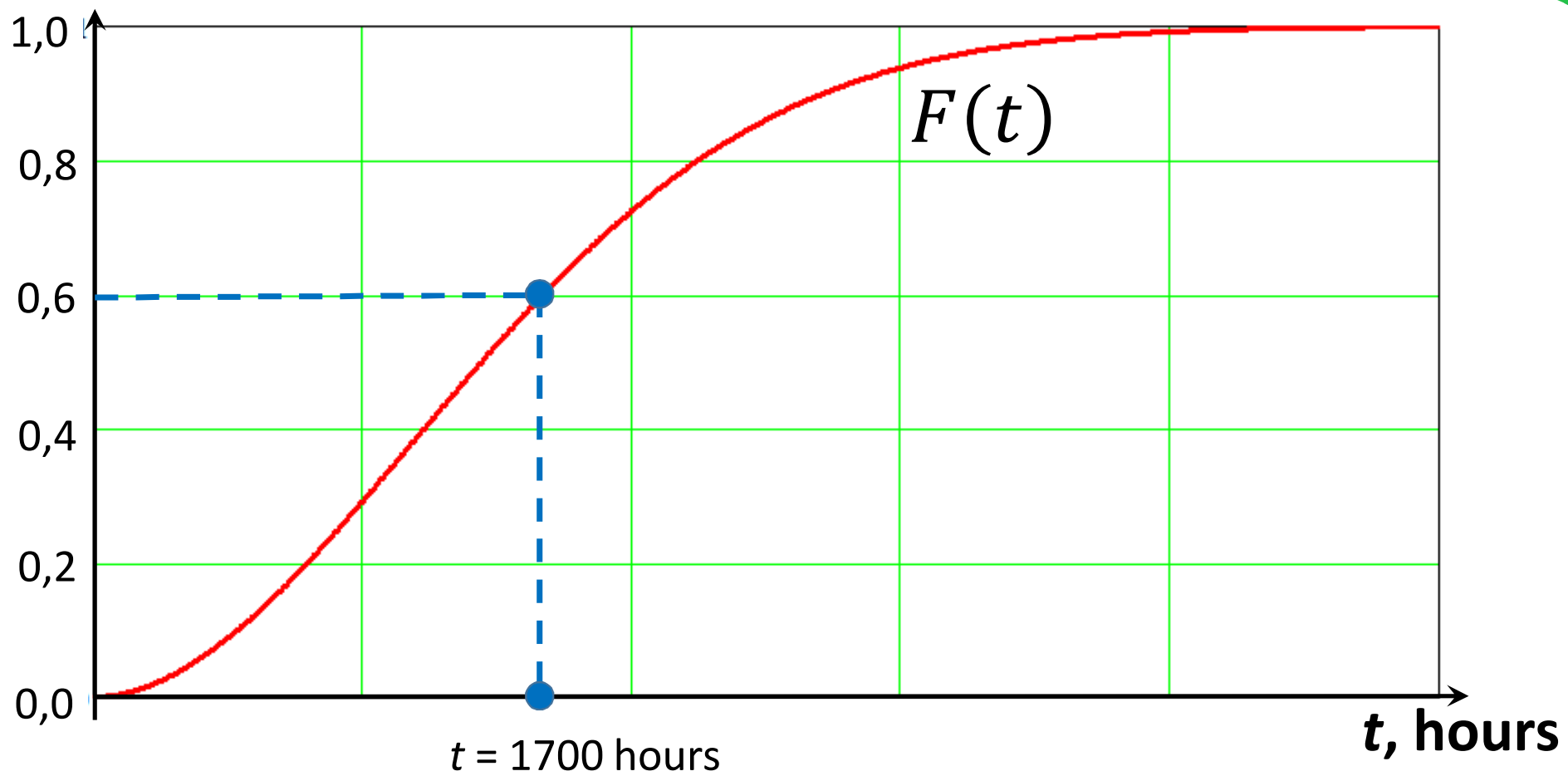
If  $T$  is a random time to failure, then  $F(t)$  is the probability that failure will occur in the time interval  $(0; t]$ .

$$F(t) = Pr\{T \leq t\}$$

In reliability theory  $F(t)$  is called failure probability function.

Если  $T$  это случайное время до отказа, то  $F(t)$  - это вероятность того, что отказ произойдёт в интервале времени  $(0; t]$ .

В теории надёжности  $F(t)$  называется функцией вероятности отказа.



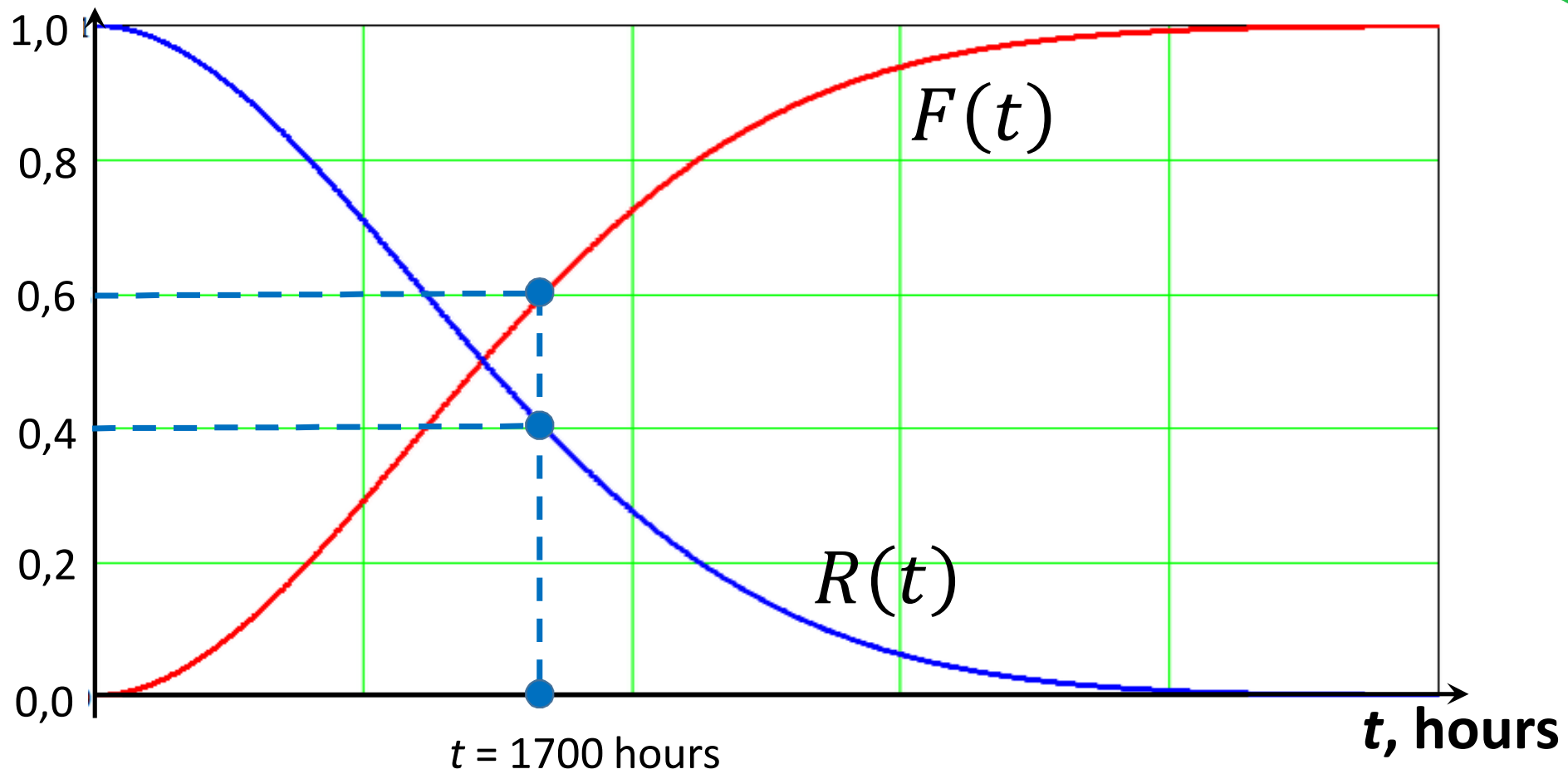
If  $F(t) = \Pr\{T \leq t\}$  is the probability that failure will occur in the time interval  $(0; t]$ , then

$$R(t) = \Pr\{T > t\}$$

is the probability that failure will not occur in the time interval  $(0; t]$ . It will occur after time  $t$ .

$R(t)$  is called reliability function.

It is obvious that  $F(t) + R(t) = 1$ .



If  $X$  is a random variable with cdf  $F(x)$ , then

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

is called probability density function (pdf).

Если  $X$  это случайная переменная с функцией распределения  $F(x)$ , тогда

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

называется функцией плотности распределения.

If  $T$  is a random time to failure with the failure probability function  $F(t)$ , then  $f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$  is called failure probability density function or failure rate function.

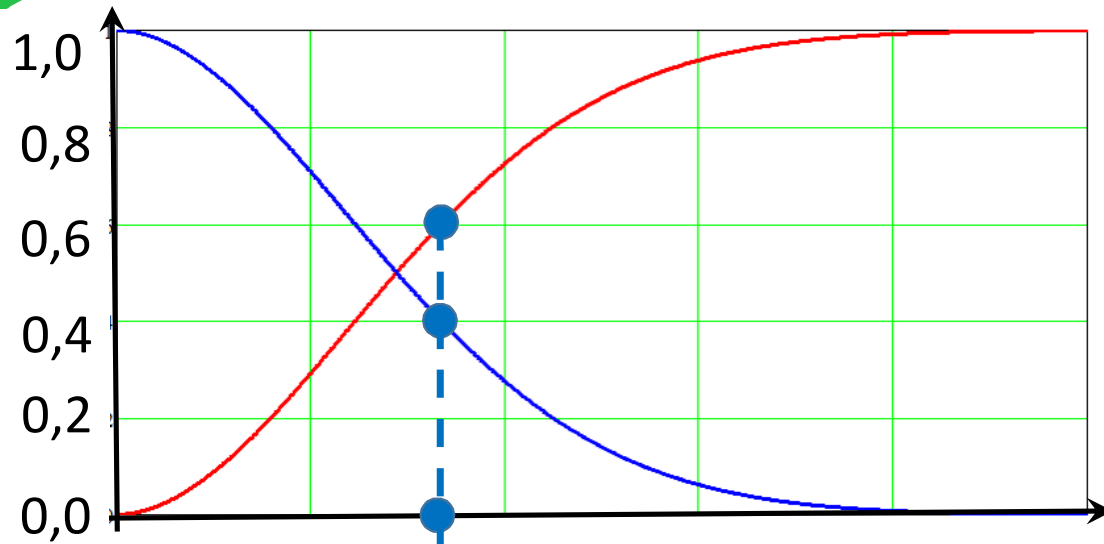
Если  $T$  это случайное время до отказа с функцией вероятности отказа  $F(t)$ , то  $f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$  называется функцией плотности вероятности отказов или функцией частоты отказов.

Main properties of any pdf are:

- $\forall t f(t) \geq 0$  (for any  $t$ ,  $f(t)$  is greater than or equal to 0);
- $\int_{-\infty}^{\infty} f(t)dt = 1$  (the integral from negative infinity to infinity of  $f(t)$  is equal to 1)

Главные свойства любой функции плотности распределения:

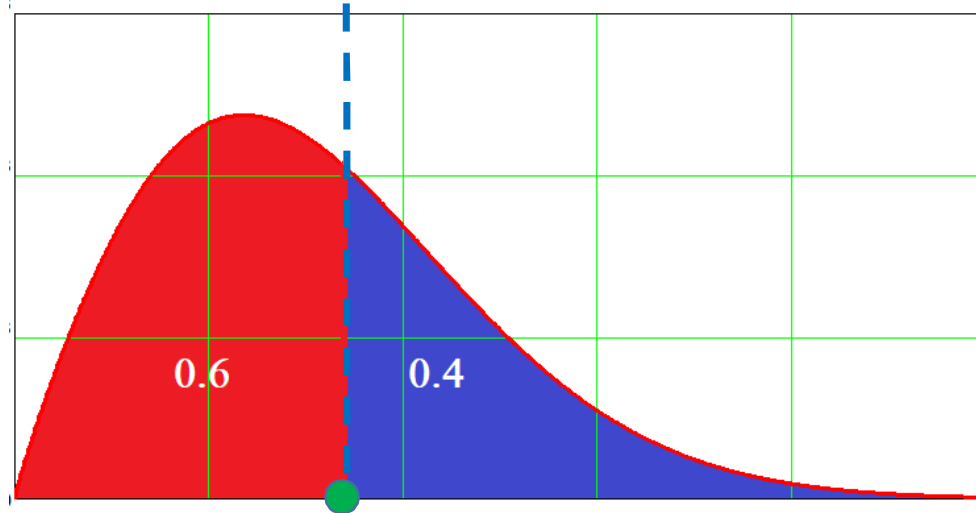
- $\forall t f(t) \geq 0$  (для любого  $t$ ,  $f(t)$  больше или равна 0);
- $\int_{-\infty}^{\infty} f(t)dt = 1$  (интеграл от минус-бесконечности до бесконечности от  $f(t)$  равен 1)



$$F(t) + R(t) = 1$$

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(\tau) d\tau$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(\tau) d\tau$$



One of the most common measure of a random variable  $X$  is its mean or expected value which can be calculated by:

$$E[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) dx$$

Одним из самых распространённых показателей случайной переменной  $X$  является её ожидаемое значение, которое можно рассчитать по формуле:

$$E[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) dx$$

For random time to failure the expected value is called mean time to failure (MTTF). Since time to failure can not be negative, the formula for the MTTF is:

$$E[X] = \int_0^{\infty} x \cdot f(x) dx$$

Для случайного времени до отказа ожидаемое значение называется средним временем до отказа. Поскольку время до отказа не может быть отрицательным, формула для среднего времени до отказа:

$$E[X] = \int_0^{\infty} x \cdot f(x) dx$$

| English            | Русский                                      | 普通话    |
|--------------------|----------------------------------------------|--------|
| reliability        | надёжность                                   | 可靠性    |
| reliability theory | теория надёжности                            | 可靠性理论  |
| failure            | отказ                                        | 故障     |
| uptime             | время безотказной работы                     | 正常运行时间 |
| probability        | вероятность                                  | 概率     |
| random             | случайный                                    | 随机     |
| random event       | случайное событие                            | 随机事件   |
| random variable    | случайная переменная<br>(случайная величина) | 随机变量   |
| time to failure    | время до отказа                              | 故障时间   |
| to occur           | происходить (появляться)                     | 发生     |

| English                              | Русский                                | 普通话     |
|--------------------------------------|----------------------------------------|---------|
| cumulative probability function, cdf | функция распределения                  | 累积概率函数  |
| failure probability function         | функция вероятности отказов            | 失效概率函数  |
| reliability function                 | функция вероятности безотказной работы | 可靠性函数   |
| probability density function, pdf    | функция плотности распределения        | 概率密度函数  |
| failure rate function                | функция частоты отказов                | 故障频率函数  |
| measure                              | показатель, мера                       | 测度      |
| mean time to failure                 | среднее время до отказа                | 平均失效前时间 |

| English        | Русский            | 普通话 |
|----------------|--------------------|-----|
| the mean       | ожидаемое значение | 期望值 |
| mean value     |                    |     |
| expected value |                    |     |
|                |                    |     |
|                |                    |     |
|                |                    |     |
|                |                    |     |