

Основные понятия и показатели надежности

Лекция 2

Понятие о надежности

Надежность (reliability) -

свойство системы выполнять требуемые функции и сохранять значения параметров в заданных пределах при определённых условиях эксплуатации.

Теория надёжности - это наука, изучающая закономерности особого рода явлений - отказов технических систем.

Основные состояния надежности системы

Исправность – состояние системы, при котором она соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией (НТД).

Работоспособность – состояние системы, при котором она способна выполнять заданные функции, сохраняя значения основных параметров, установленных НТД.

Основные состояния надежности системы

Предельное состояние – состояние системы, при котором ее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно.

Применение (использование) системы по назначению прекращается в следующих случаях:

- при неустранимом нарушении безопасности;
- при неустранимом отклонении величин заданных параметров;
- при недопустимом увеличении эксплуатационных расходов.

Восстанавливаемые и невосстанавливаемые объекты (системы)

Восстановление – процесс обнаружения и устранения отказа

- ***Невосстанавливаемые*** - в случае возникновения отказа работоспособность не подлежит восстановлению
- ***Восстанавливаемые*** - работоспособность может быть восстановлена, в том числе и путем замены элемента или системы – в процессе работы допускаются остановки для ремонта или замены

Причины возникновения отказов

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Критерий отказа – отличительный признак или совокупность признаков, согласно которым устанавливается факт возникновения отказа.

Дефект (faults) – причина отказов – неисправность, которая приводит к отказу не сразу, а через некоторое время.

Виды дефектов:

1. Дефекты разработки (development faults) – характерны для программных средств и проявляются при определенных условиях (входных данных);
2. Физические дефекты (physical faults) – характерны для аппаратных средств и возникают вследствие естественных причин (старения элементов);
3. Дефекты взаимодействия (interaction faults) – являются следствием внешних воздействий (информационных атак, ошибок персонала, экстремальных воздействий физического характера и т.п.)

Классификация и характеристики отказов

По своей *природе* отказы могут быть:

- *случайные*, обусловленные непредусмотренными перегрузками, дефектами материала, ошибками персонала или сбоями системы управления и т. п.;
- *систематические*, обусловленные закономерными и неизбежными явлениями, вызывающими постепенное накопление повреждений: усталость, износ, старение, коррозия и т. п.

Классификация и характеристики отказов

По **типу** отказы подразделяются на:

- **отказы функционирования** (выполнение основных функций объектом прекращается);
- **отказы параметрические** (некоторые параметры объекта изменяются в недопустимых пределах).

Основные признаки классификации отказов

- характер возникновения;
- причина возникновения;
- характер устранения;
- последствия отказов;
- дальнейшее использование объекта;
- легкость обнаружения;
- время возникновения.

Характер возникновения:

- *внезапный отказ* – отказ, проявляющийся в резком (мгновенном) изменении характеристик объекта;
- *постепенный отказ* – отказ, происходящий в результате медленного, постепенного ухудшения качества объекта.

Причина возникновения:

- *конструкционный отказ* , вызванный недостатками и неудачной конструкцией объекта;
- *производственный отказ*, связанный с ошибками при изготовлении объекта по причине несовершенства или нарушения технологии;
- *эксплуатационный отказ*, вызванный нарушением правил эксплуатации.
- *аппаратурный* отказ - требуется проведение ремонта аппаратуры или замена отказавшего объекта на исправный.
- *программный* отказ - объект утрачивает работоспособность по причине несовершенства программы

Характер устранения:

- *устойчивый отказ*;
- *перемежающийся отказ или сбой* - (возникающий / исчезающий) – вызывается самоустраняющейся неисправностью

Последствия отказа:

- *легкий отказ* (легкоустраняемый);
- *средний отказ* (не вызывающий отказы смежных узлов – вторичные отказы);
- *тяжелый отказ* (вызывающий вторичные отказы или приводящий к угрозе жизни и здоровью человека).

Дальнейшее использование объекта:

- *полные отказы*, исключающие возможность работы объекта до их устранения;
- *частичные отказы*, при которых объект может частично использоваться.

Легкость обнаружения:

- *очевидные (явные) отказы*;
- *скрытые (неявные) отказы*.

Время возникновения:

- *приработочные отказы*, возникающие в начальный период эксплуатации;
- *отказы при нормальной эксплуатации*;
- *износосовые отказы*, вызванные необратимыми процессами износа деталей, старения материалов и пр.

Составляющие надежности

Надежность является *комплексным* свойством, включающим в себя в зависимости от назначения объекта или условий его эксплуатации *ряд простых свойств*:

- *безотказность*;
- *долговечность*;
- *ремонтпригодность*;
- *сохраняемость*;
- *живучесть*;
- *достоверность информации*;

В зависимости от объекта надежность может определяться всеми перечисленными свойствами или частью их.

Составляющие надежности

Безотказность — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторой наработки или в течение некоторого времени.

Наработка — продолжительность или объем работы объекта, измеряемая в любых неубывающих величинах

Долговечность — свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

Составляющие надежности

Ремонтопригодность – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, поддержанию и восстановлению работоспособности путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

Сохраняемость – свойство объекта непрерывно сохранять требуемые эксплуатационные показатели в течение (и после) срока хранения и транспортирования.

Составляющие надежности

Живучесть - свойство объекта сохранять работоспособность (полностью или частично) в условиях неблагоприятных воздействий, не предусмотренных нормальными условиями эксплуатации.

Составляющие гарантоспособности

Гарнтоспособность (**dependability**)

- надежность в широком смысле – способность КС предоставлять требуемые услуги, которым можно оправданно доверять –
- является комплексным свойством
- объединяет свойства классической надежности, функциональной и информационной безопасности

Гарнтоспособная КС (ГКС) – это система, обладающая полным или частичным набором первичных свойств, составляющих гарантоспособность.

Составляющие гарантоспособности

- *безотказность* (**reliability**) – свойство непрерывно предоставлять корректные (требуемые) услуги ;
- *готовность* (**availability**) – свойство доступности ресурсов КС для предоставления требуемых услуг ;
- *живучесть* (**survivability**) – свойство минимизировать снижение и сохранять в приемлемых пределах объём и качество предоставляемых услуг при отказах ;
- *функциональная безопасность* (**safety**) – свойство исключать или минимизировать вредные (катастрофические) последствия при отказах для пользователей, других систем или окружающей среды ;

Составляющие гарантоспособности

- *целостность* (**integrity**) – свойство исключать непредусмотренные изменения системы и предоставляемых услуг
- *конфиденциальность* (**confidentiality**) – свойство препятствовать неавторизованному доступу к информации об услугах ;
- *достоверность* (**high confidence**) – свойство правильно оценивать корректность предоставляемых услуг (информации) , т .е . определять степень доверия к услуге ;
- *Обслуживаемость(ремонтпригодность)* (**maintainability**) – свойство приспособленности к модификациям и ремонту.

Основные показатели надежности

Показатель надежности количественно характеризует, в какой степени данному объекту присущи определенные свойства, обуславливающие надежность.

Показатели надежности представляются в двух формах (определениях):

- 1) **Статистическая** (выборочные оценки при экспериментальных исследованиях на надежность);
 - 2) **Вероятностная** (при аналитических оценках).
- С ростом числа испытаний 1) стремится к 2).

Показатели надежности невосстанавливаемых объектов

Обозначения:

T – *случайное время – наработка на отказ* объекта
(интервал времени от начала работы до первого отказа
);

$F(t) = P \{T \leq t\}$ – функция распределения времени до
первого отказа;

$f(t)$ - плотность распределения времени до первого
отказа;

$n(t)$ – число отказавших объектов к моменту t ;

$N(t)$ – число работоспособных объектов к моменту t ;

$N(0) = N$ – число объектов, поставленных на испытания.

1) Вероятность безотказной работы

- вероятность того, что время безотказной работы изделия будет больше или равно некоторому значению t

а) *вероятностное определение*

$$P(t) = P(T \geq t) = 1 - F(t)$$

вероятность того, что при заданных условиях эксплуатации в течение интервала времени t не возникнет отказа, т.е. система будет работоспособна.

б) *статистическое определение*

$$P^*(t) = \frac{N(t)}{N(0)} = 1 - \frac{n(t)}{N(0)}$$

2) Вероятность отказа

вероятность того, что наработка на отказ окажется меньше некоторой заданной наработки t :

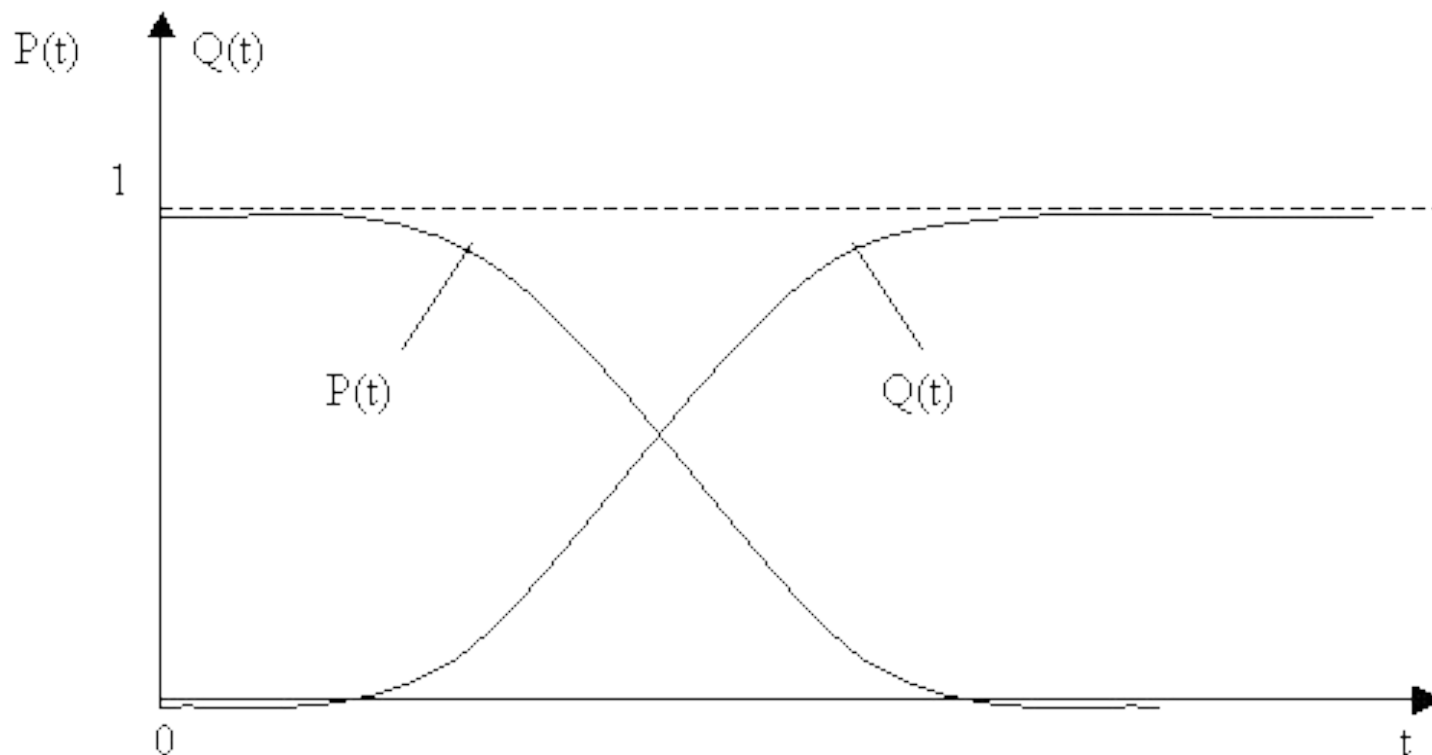
а) вероятностное определение

$$Q(t) = P\{T < t\} = 1 - P(t)$$

б) статистическое определение

$$Q^*(t) = 1 - P^*(t) = \frac{n(t)}{N(0)}$$

Графики вероятностей безотказной работы и отказа



3) Вероятность безотказной работы в интервале времени (t_1, t_2)

$$P(t_1, t_2) = P\{T > t_2 / T > t_1\} = \frac{P(t_2)}{P(t_1)}$$

4) Вероятность отказа объекта в интервале времени (t_1, t_2)

$$Q(t_1, t_2) = 1 - P(t_1, t_2) = \frac{P(t_1) - P(t_2)}{P(t_1)}$$

5) Плотность распределения отказов

Характеризует частоту отказов для конкретных значений наработок

а) вероятностное определение

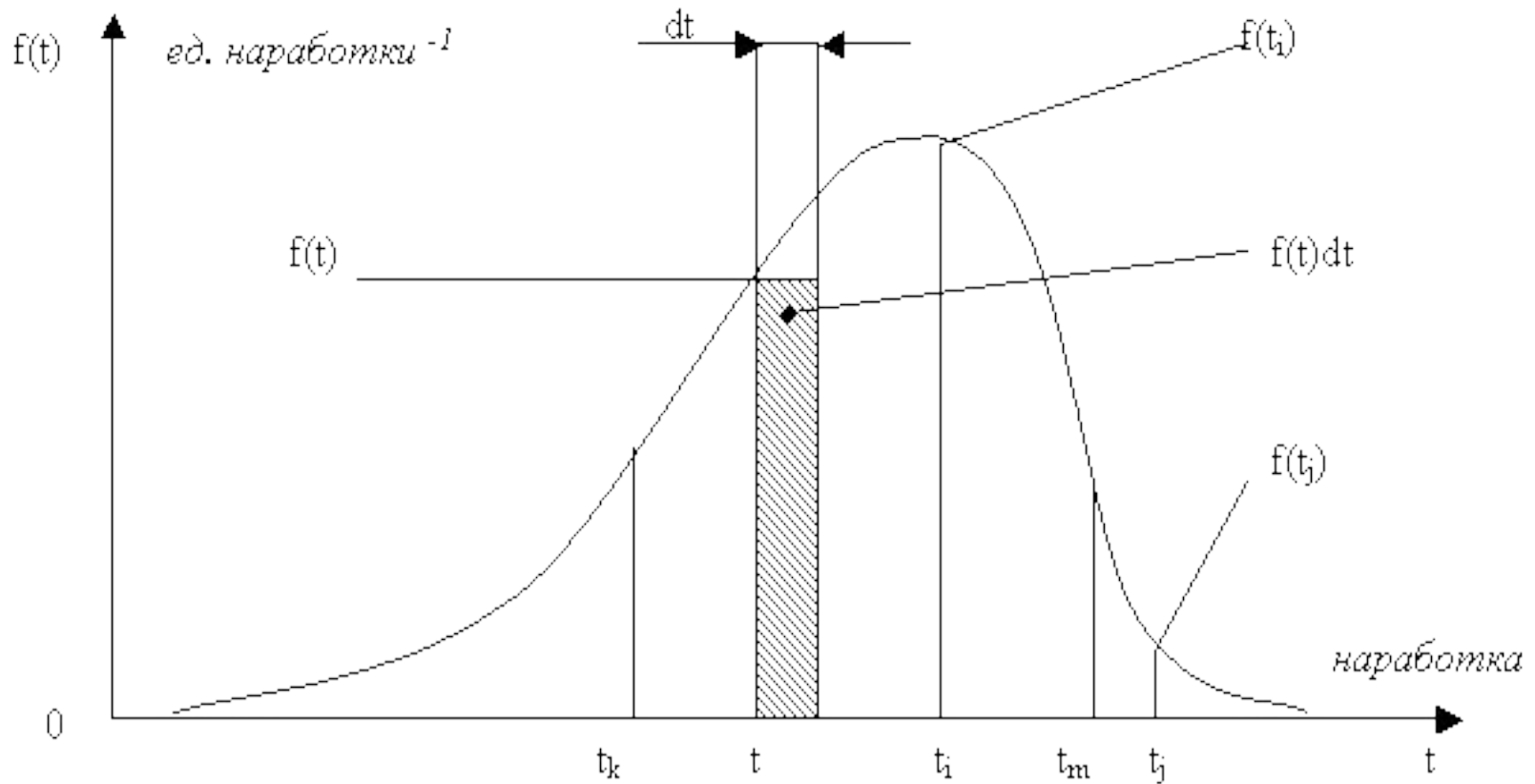
$$f(t) = \frac{d}{dt} F(t) = \frac{d}{dt} Q(t) = \frac{d}{dt} (1 - P(t)) = -\frac{d}{dt} P(t)$$

б) статистическое определение

$$f^*(t) = \frac{\Delta n(t, t + \Delta t)}{N(0) \Delta t}$$

где Δn – число объектов, отказавших на интервале
[$t, t + \Delta t$];

График плотности распределения отказов



б) Интенсивность отказов в момент времени t

показывает частоту отказов, отнесенную к фактически работоспособному числу объектов на момент наработки t .

а) вероятностное определение

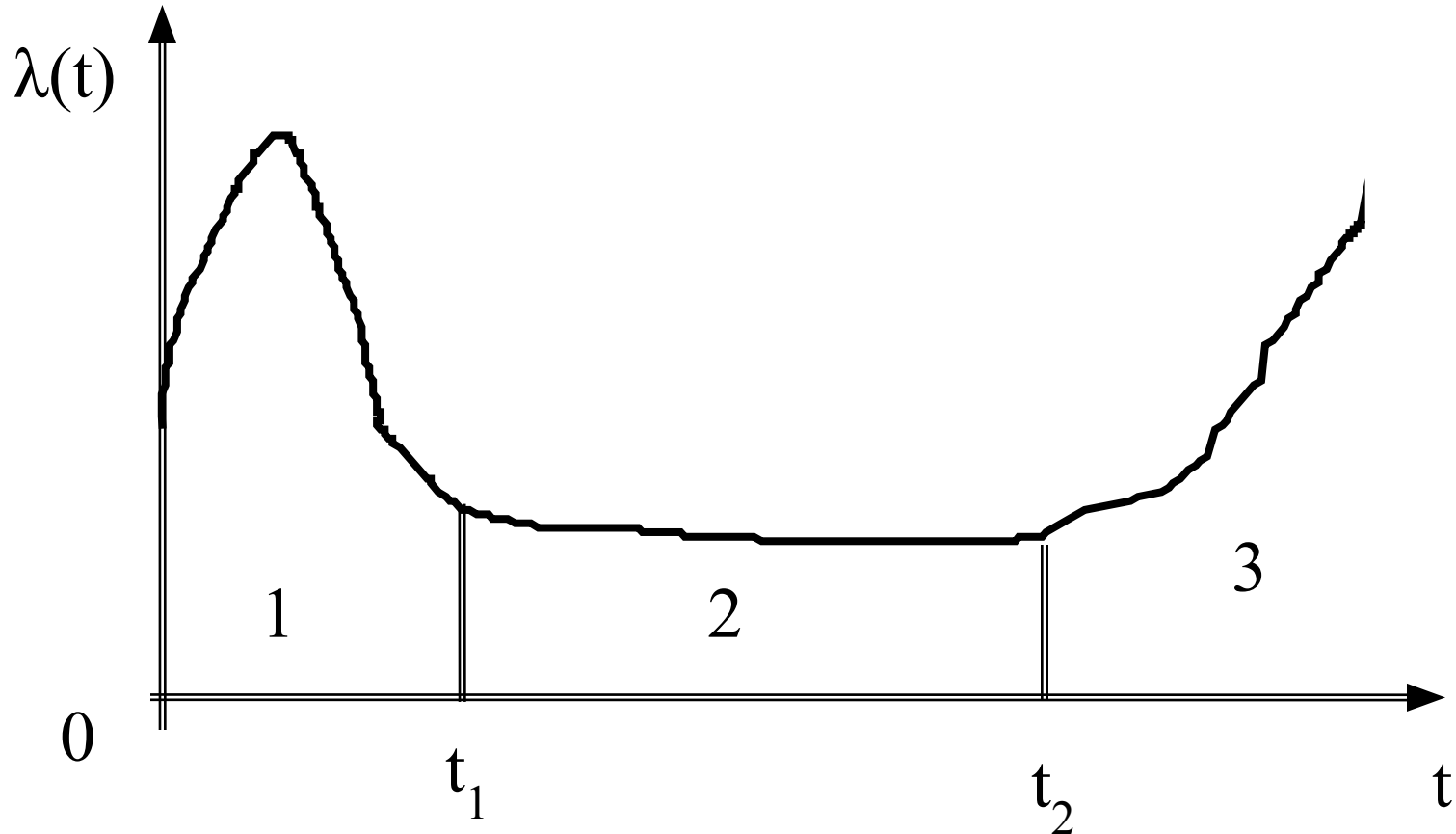
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}$$

б) статистическое определение

$$\lambda^*(t) = \frac{\Delta n(t, t + \Delta t)}{N(t) \Delta t}$$

где Δn – число объектов, отказавших на интервале $[t, t + \Delta t]$;

График интенсивности отказов



1 - период приработки объекта,

2 - период нормальной работы,

3 - период старения.

Числовые характеристики надёжности

Рассмотренные количественные характеристики надёжности являются функциями времени. Для определения этих характеристик на основе опытных данных с достаточной точностью требуется большой объём испытаний. Более просто найти числовые характеристики надёжности:

- 1) среднее время безотказной работы (средняя наработка на отказ);
- 2) дисперсия времени безотказной работы;
- 3) среднее квадратичное отклонение (СКО) наработки до отказа.

Среднее время безотказной работы

а) вероятностное определение

$$m_t = M[T] = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad m_t = \int_0^{\infty} P(t) dt$$

б) статистическое определение

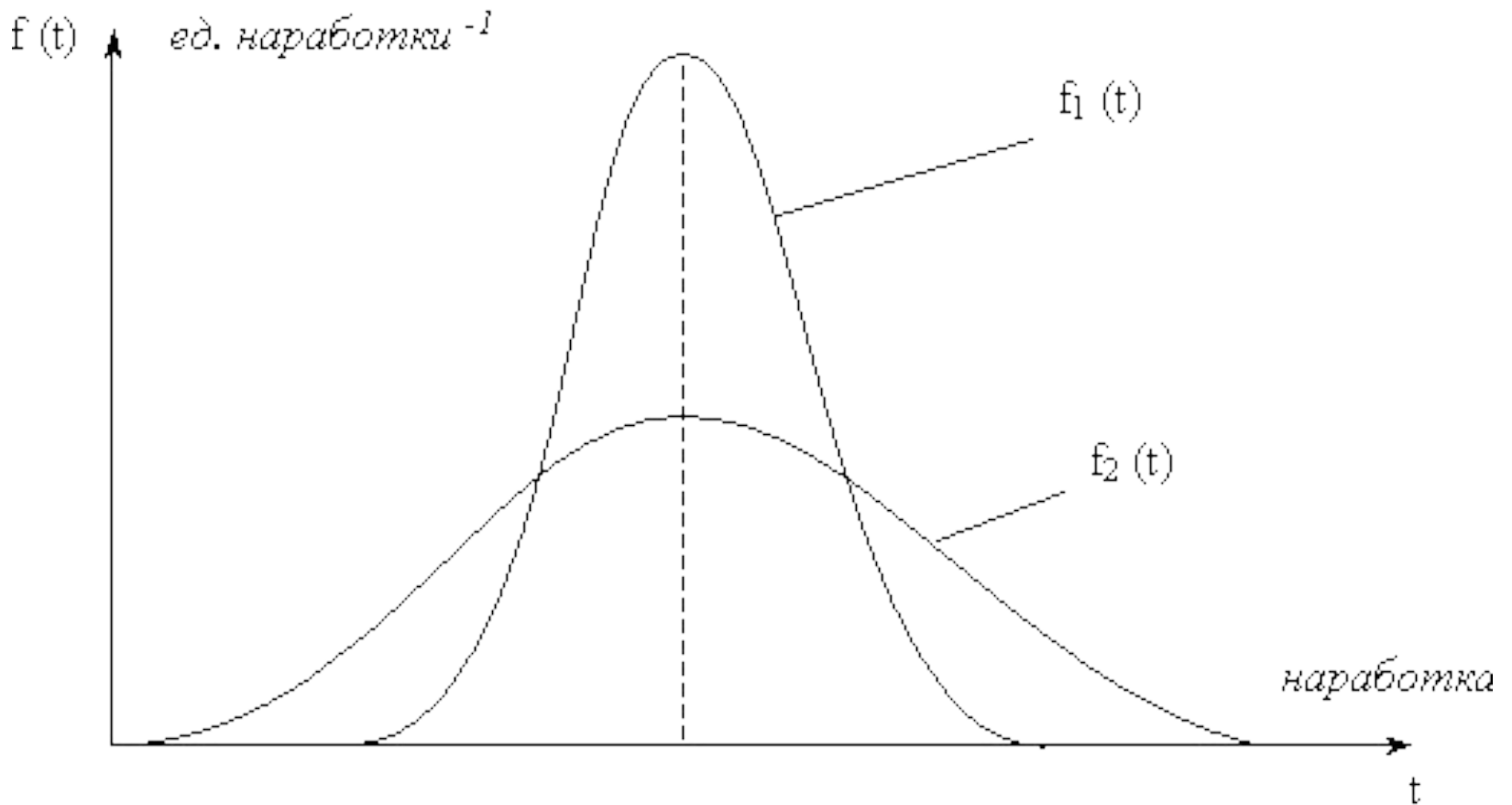
t_i - время безотказной

работы i -го изделия;

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

N - общее число изделий,

поставленных на испытания).



При равных средних наработках до отказа надежность объектов 1 и 2 существенно различается. Ввиду большего рассеивания наработки до отказа (кривая ПРО $f_2(t)$ ниже и шире), объект 2 менее надежен, чем объект 1.

Дисперсия безотказной работы

а) вероятностное определение

$$D_t = 2 \int_0^{\infty} t P(t) dt - m_t^2$$

б) статистическое определение

$$D_t^* = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (t_i - m_t^*)^2$$

Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma_t = \sqrt{D_t}$$