

1. Вероятностное описание элементов информационных систем

Показателями надежности называются количественные характеристики одного или нескольких свойств, составляющих надежность системы.

Отказы и сбои элементов и систем являются случайными событиями, поэтому теория вероятностей и математическая статистика – это основной аппарат, используемый при исследовании надежности, следовательно показатели надежности являются вероятностными показателями.

1. Вероятностное описание элементов информационных систем

К числу наиболее широко применяемым количественным характеристикам надежности относятся :

- вероятность безотказной работы (ВБР) в течение определенного времени – $P(t)$;
- средняя наработка до первого отказа – $T_{ср.}$;
- вероятность отказа – $Q(t)$;
- наработка на отказ – $t_{ср.}$;
- частота отказов – $a(t)$;
- интенсивность отказов – $\lambda(t)$;
- интенсивность восстановления – μ ;
- параметр потока отказов – $w(t)$;
- функция готовности – $KГ(t)$;
- коэффициент готовности – $KГ$;
- коэффициент оперативной готовности – $КОГ$

Выбор количественных характеристик надежности зависит от вида объекта, – восстанавливаемого или невосстанавливаемого.

2. Понятие восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем, области применения

Восстанавливаемыми называют такие объекты (ТС, их подсистемы, элементы), которые в процессе выполнения своих функций допускают ремонт. Если произойдет отказ такого объекта, то он вызовет прекращение функционирования объекта только на период устранения отказа. К таким изделиям относятся: компьютер, телевизор, блок питания, автомобиль и т.д.

Обслуживаемая система – система для которой предусматривается проведение регулярного технического обслуживания. Необслуживаемая система – система для которой не предусматривается проведение регулярного технического обслуживания.

2. Понятие восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем, области применения

Невосстанавливаемые объекты в процессе выполнения своих функций не допускают ремонта. Если происходит отказ такого объекта, то выполняемая операция будет сорвана и её необходимо начинать вновь, если возможно устранение отказа. К таким объектам относятся как объекты однократного действия (ракеты, управляемые снаряды, искусственные спутники Земли, системы подводной связи и т.п.), так и объекты многократного действия (некоторые системы навигационного комплекса судового оборудования, системы ПВО, системы управления воздушным движением, ответственными производственными процессами и т.д.)

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Рассмотрим показатели надёжности невосстанавливаемых элементов.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ выражает вероятность того, что невосстанавливаемый объект не откажет к моменту времени наработки t (наработка может быть выражена как календарное время, как время работы, как число циклов работы или в виде другой меры проделанной объектом работы). Показатель обладает следующими свойствами:

1. $P(0) = 1$ (предполагается, что до начала работы объект является безусловно работоспособным);
2. $\lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = 0$ (предполагается, что объект не может сохранять свою работоспособность неограниченно долго);
3. $dP(t)/dt \leq 0$ [предполагается, что объект не может после отказа спонтанно восстанавливаться (для объектов, восстанавливаемых обслуживающим персоналом, этот показатель не используется)].

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Вероятность безотказной работы по статистическим данным об отказах оценивается выражением:

$$P(t) = (N_0 - n(t))/N_0$$

где N_0 – число объектов в начале испытания;

$n(t)$ – число отказавших объектов за время t ;

$P(t)$ – статистическая оценка вероятности безотказной работы.

На практике более удобной характеристикой является вероятность отказа $Q(t)$. Дополнение вероятности безотказной работы до единицы называется вероятностью отказа :

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

Вероятность отказа $Q(t)$ – вероятность того, что случайное время до отказа меньше заданного времени t . Отказ и безотказная работа являются событиями несовместимыми и противоположными, поэтому , а статистическая оценка вероятности отказа равна

$$Q(t) = n(t)/N_0$$

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Функция $Q(t)$ совпадает с функцией распределения времени $F(t)$:

$$Q(t) = F(t) = \int_0^t f_t(x) dx$$

где $f_t(x)$ – функция плотности распределения времени до отказа;

x – переменная интегрирования.

Тогда показатель надёжности:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - \int_0^t f_t(x) dx = \int_t^{\infty} f_t(x) dx$$

В качестве показателя надёжности неудобно использовать функциональную зависимость, например, $P(t)$. Поэтому в технических условиях (ТУ) обычно задают отдельные ординаты (одну или две) функции $P(t)$ при значениях t , выбираемых из нормированного ряда $t = 100; 500; 1000; 2000; 5000; 10000$ ч.

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Частота отказов $a(t)$ представляет собой плотность распределения времени безотказной работы или производную от вероятности безотказной работы.

Для определения величины $a(t)$ используется следующая статистическая оценка:

$$\hat{a}(t) = n(\Delta t) / N_0 \cdot \Delta t$$

где $n(\Delta t)$ – число отказавших объектов в интервале времени от $(t - \Delta t/2)$ до $(t + \Delta t/2)$, N_0 – число объектов в начале испытания.

Между частотой отказов, вероятностью безотказной работы и вероятностью появления отказа имеются следующие зависимости:

$$Q(t) = \int_0^t a(t) \cdot dt$$
$$P(t) = 1 - \int_0^t a(t) \cdot dt$$

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ выражает интенсивность процессов возникновения отказов. Вероятностная оценка этой характеристики находится из выражения

$$\lambda(t) = a(t) / P(t)$$

Для определения величины $\lambda(t)$ используется следующая статистическая оценка

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{\text{ср.}} \cdot \Delta t}$$

где $N_{\text{ср.}} = (N_i + N_{i+1}) / 2$ – среднее число исправно работающих объектов в интервале времени Δt .

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Интенсивность отказов и вероятность безотказной работы связаны между собой зависимостью:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) \cdot dt}$$

Если $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$, то тогда $P(t) = e^{-\lambda t}$ и $a(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$

Это соотношение характеризует экспоненциальное распределение безотказной работы. Для высоконадежных систем, если $P(t) \geq 0,99$, то $a(t) \approx \lambda(t)$.

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Опыт эксплуатации ИС показывает, что интенсивность отказов $\lambda(t)$ в течение времени t изменяется как показано на рис. 1.

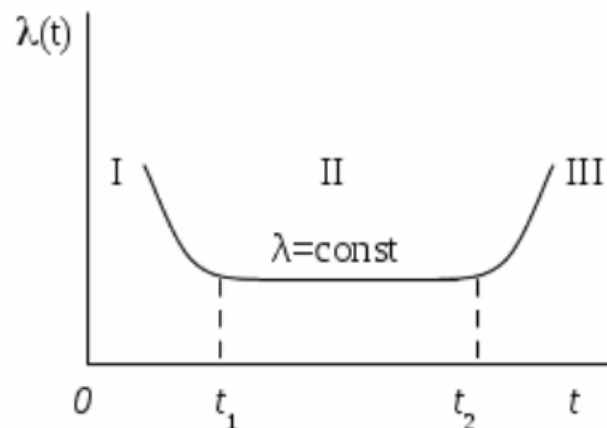


Рис. 1. Изменение интенсивности отказов $\lambda(t)$ во времени

Как видно, функцию можно разделить на три участка. На первом участке $0 - t_1$ интенсивность отказов высока и уменьшается с течением времени. На этом участке выявляются грубые дефекты производства и сам участок I носит название *участка приработки*. Для блоков ИС длительность этого участка составляет десятки, иногда сотни часов.

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Второй (II) участок t_1-t_2 , участок нормальной эксплуатации, характерен тем, что интенсивность отказов имеет постоянное значение, длительность участка составляет тысяча и десятки тысяч часов.

На третьем участке (III) $t_2-\infty$ из-за усиления процессов старения элементов интенсивность отказов начинает возрастать. Время t_2 может служить временем, при достижении которого аппаратура должна сниматься с эксплуатации

$$T_{cp} = M \cdot t = \int_0^{\infty} t \cdot f(x) dx = -t \cdot P(t) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} P(x) dx$$

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Первый член в этой формуле стремится нулю, когда $t=0$, а также когда $t \rightarrow \infty$, так как получающаяся неопределенность при встречающихся на практике функциях $P(t)$ стремится к нулю.

Следовательно,

$$T_{cp} = M[T] = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) \cdot dt = - \int_0^{\infty} t \cdot dP(t) = -tP(t) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} P(t) dt$$

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Средняя наработка до отказа (среднее время безотказной работы) представляет собой математическое ожидание наработки объекта до первого отказа. Тогда для экспоненциального закона распределения времени безотказной работы имеем:

$$T_{cp.} = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} \cdot dt = \frac{1}{\lambda}$$

Для определения средней наработки до отказа используется следующая статистическая оценка:

$$\hat{T}_{cp.} = \sum_{i=1}^{No} t_i / No$$

где t_i – время безотказной работы i -го объекта;
 No – число испытываемых объектов.

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Таким образом, рассмотренные характеристики позволяют достаточно полно оценить надёжность невосстанавливаемых объектов. Они также позволяют оценить надёжность восстанавливаемых изделий до первого отказа. Наличие нескольких критериев вовсе не означает, что нужно оценивать надёжность объекта по всем критериям.

Интенсивность отказов – наиболее удобная характеристика надёжности простейших элементов, так как она позволяет более просто вычислить количественные характеристики надёжности сложной системы.

3. Количественные показатели надёжности невосстанавливаемых устройств

Наиболее целесообразным параметром надёжности является вероятность безотказной работы, это объясняется следующими особенностями вероятности безотказной работы:

- 1. она входит в качестве сомножителя в другие, более общие характеристики системы, например, в эффективность и стоимость;**
- 2. характеризует изменение надёжности во времени;**
- 3. может быть получена расчетным путем в процессе проектирования системы и оценена в процессе её испытания.**