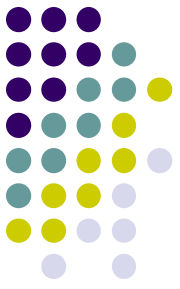


# Надежность автоматизированных систем

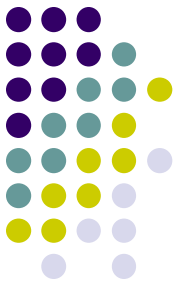


- **Раздел 1. Надежность аппаратного обеспечения автоматизированных систем**
- **Тема 2. Составляющие и показатели надежности аппаратного обеспечения автоматизированных систем**
- **Лекция 1. Составляющие и показатели надежности аппаратного обеспечения невосстанавливаемых АС**



# Учебные вопросы

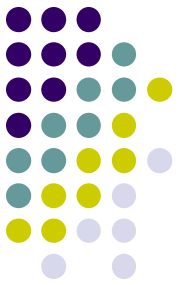
- 1. Общие понятия о критериях и показателях надежности аппаратного обеспечения АС
- 2. Единичные критерии надежности невосстанавливаемых систем



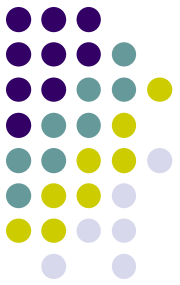
# 1. Общие понятия о критериях и показателях надежности аппаратного обеспечения АС

При анализе надежности АО АС часто недостаточно только *качественного* определения надежности, т.к. оно не позволяет

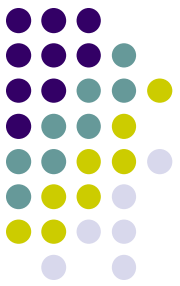
- формировать требования по надежности к проектируемой системе;
- сравнивать различные варианты построения системы;
- наметить пути повышения надежности;
- рассчитывать сроки службы и т.д.



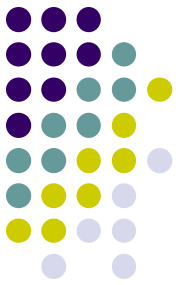
- В связи с этим при решении целого ряда практических вопросов, с которыми приходится встречаться при анализе и расчете надежности, используются показатели, характеризующие степень надежности системы с *количественной* стороны.
- Такие количественные характеристики надежности называются **критериями надежности**.



- Под **критерием надежности** понимается мера, посредством которой производится количественная оценка надежности.
- Например, вероятность безотказной работы  $P(t)$ , интенсивность отказов  $\lambda(t)$  и т. п.

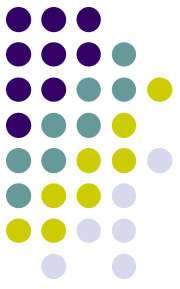


- **Показателем надежности** называется численное значение критерия. Например, вероятность безотказной работы АС в течение 1000 часов равна 0,95, т.е.  $P(1000)=0,95$ .
- Показатели надежности задаются в технических требованиях на систему, рассчитываются в процессе проектирования, оцениваются в процессе испытания и эксплуатации системы.



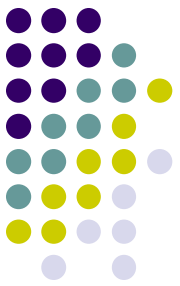
- Показатели могут быть единичными и комплексными.
- **Единичный** – показатель надежности, характеризующий одно из свойств, составляющих надежность объекта (безотказность).
- **Комплексный** - показатель надежности, характеризующий несколько свойств, составляющих надежность объекта.

## 2. Единичные критерии надежности невосстанавливаемых систем



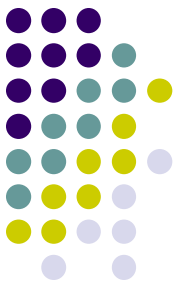
- АС называется ***невосстанавливаемой***, если ее отказ приводит к неустранимым последствиям и систему нельзя использовать по своему назначению.
- *Невосстанавливаемые системы работают до первого отказа.*





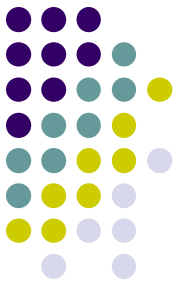
- Отказ системы является случайным событием, а время  $t$  до его возникновения— **случайной величиной**.
- Основной характеристикой надежности системы является **функция распределения продолжительности ее безотказной работы**  $F(t)=P(\tau \leq t)$ , определенная при  $t \geq 0$  (т.е. вероятность того, что СВ  $\tau$  примет значение, меньшее или равное  $t$ ).

## На ее основе могут быть получены следующие показатели надежности невосстанавливаемой системы:



- $P(t)$  – вероятность ее безотказной работы в течение времени  $t$ ;
- $Q(t)=1-P(t)$  - вероятность отказа в течение времени  $t$ ;
- $f(t)$  – плотность распределения времени безотказной работы;
- $\lambda(t)$  – интенсивность отказа в момент времени  $t$ ;
- $T_1$  – среднее время безотказной работы (средняя наработка до отказа).

# 2.1. Вероятность безотказной работы

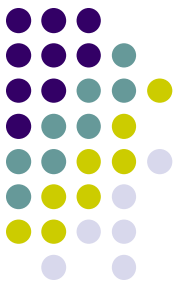


- **Вероятностью безотказной работы** называется вероятность того, что система не откажет в течение времени  $t$  или что время  $T$  работы до отказа больше времени функционирования системы  $t$ :

$$P(t) = P(T > t).$$

- Вероятность безотказной работы является убывающей функцией времени, имеющей следующие свойства:

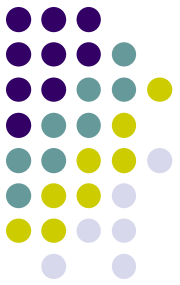
$$0 \leq P(t) \leq 1, P(0) = 1, P(+\infty) = 0.$$



По *статистическим данным* об отказах, полученным из опыта или эксплуатации,  $P(t)$  определяется следующей статистической оценкой:

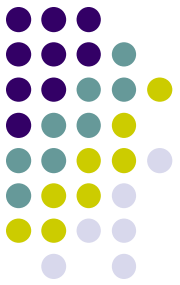
$$P^*(t) = \frac{N(t)}{N_0} = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} ,$$

- где  $N_0$  - общее число образцов системы, находящихся на испытании,  $N(t)$  - число исправно работающих образцов в момент времени  $t$ ,  $n(t)$  - число отказавших образцов в течение времени  $t$ .

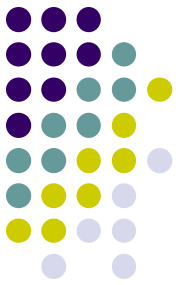


- Достоинства критерия:
  - характеризует надежность во времени;
  - сравнительно просто вычисляется;
  - достаточно полно характеризует надежность невозстанавливаемых систем.

## 2.2. Плотность распределения времени безотказной работы (частота отказов)

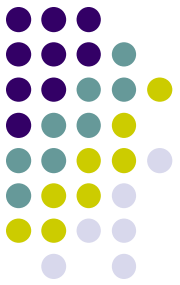


- *Плотность распределения времени безотказной работы  $f(t)$*  – это плотность распределения случайной величины  $t$ .
- Статистически  $f(t)$  определяется отношением числа отказавших образцов системы в единицу времени к числу испытываемых образцов при условии, что отказавшие образцы не восполняются исправными:



$$f^*(t) = \frac{n(t, t + \Delta t)}{N_0 \Delta t}$$

- где  $n(t, t + \Delta t)$  - число отказавших образцов за промежуток времени  $[t, t + \Delta t]$   
 $N_0$  - число образцов, первоначально поставленных на испытания.

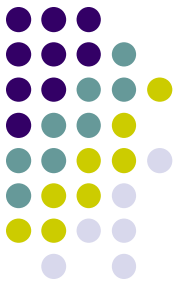


## 2.3. Интенсивность отказов

- *Интенсивностью отказов* называется отношение плотности распределения к вероятности безотказной работы АС:

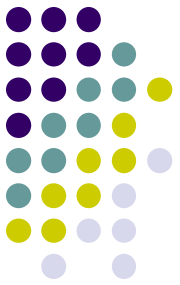
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} \quad .$$





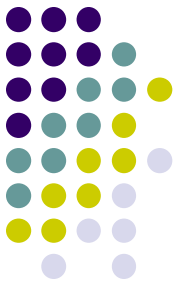
- Статистически *интенсивность отказов* есть отношение числа отказавших образцов в единицу времени к среднему числу образцов, исправно работающих на интервале  $[t, t + \Delta t]$  :

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

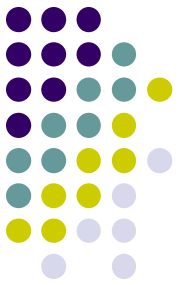


- где  $N_{cp}(t) = \frac{N(t) + N(t + \Delta t)}{2}$

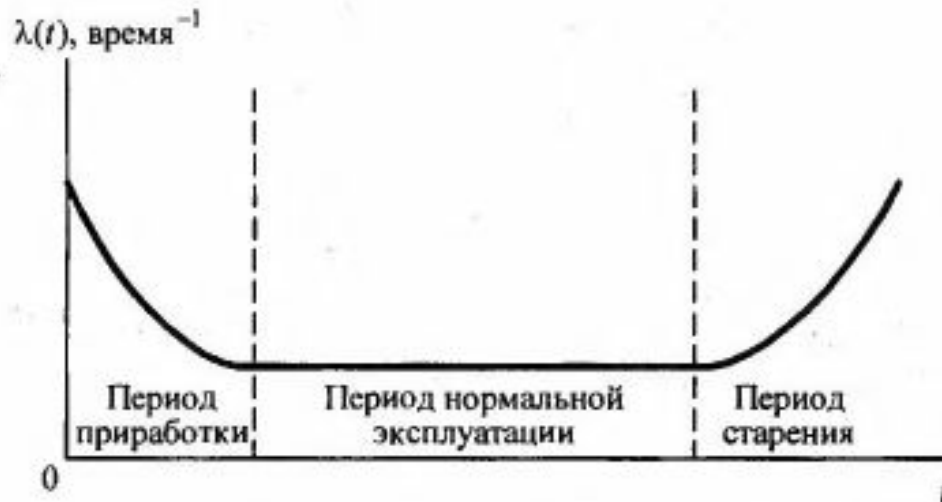
- среднее число исправно работающих образцов на интервале  $[t, t + \Delta t]$  .

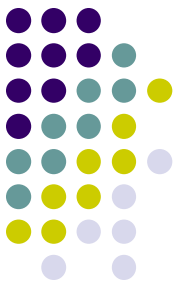


- *Интенсивность отказов* является основным показателем надежности сложных систем, что объясняется следующим:
  - надежность многих систем можно оценить одним числом, т.к. интенсивность отказа – величина постоянная;
  - по известной интенсивности просто оценить остальные показатели надежности;
  - нетрудно получить экспериментально.



- Опыт эксплуатации сложных систем показывает, что изменение интенсивности отказов большого количества объектов описывается U-образной кривой:





- **Период приработки** имеет повышенную интенсивность отказов, вызванную *приработочными* отказами. Иногда с окончанием этого периода связывают гарантийное обслуживание, когда устранение отказов производится изготовителем.
- В **период нормальной эксплуатации** интенсивность отказов практически остается постоянной, при этом отказы носят случайный характер и появляются внезапно, прежде всего из-за несоблюдения условий эксплуатации.
- Возрастание интенсивности отказов относится к **периоду старения** и вызвано увеличением числа отказов из-за износа, старения и других причин, связанных с длительной эксплуатацией.

## 2.4. Среднее время безотказной работы



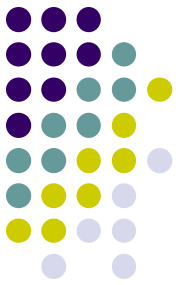
- Средним временем безотказной работы  $T_1$  называется математическое ожидание времени безотказной работы системы (среднее значение СВ  $\tau$ ):

$$T_1 = M(\tau).$$

- По статистическим данным об отказах  $T_1$  определяется следующим образом:

$$T_1^* = \frac{1}{N_0} \sum_{t=1}^{N_0} t_i,$$

- где  $N_0$  - число испытываемых образцов,  $t_i$  - время безотказной работы  $i$ -го образца.



- Основное достоинство этого показателя – высокая наглядность.
- Недостаток состоит в том, что он характеризует надежность системы длительного времени работы.