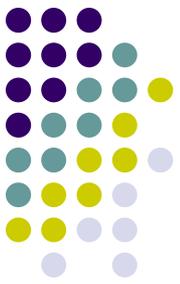
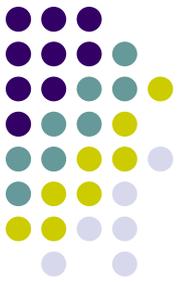


# Надежность автоматизированных систем



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

# Учебные вопросы



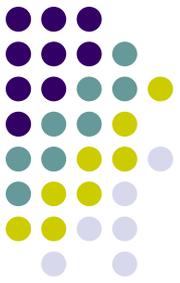
- 1. Единичные показатели надежности восстанавливаемых АС
- 2. Комплексные показатели надежности восстанавливаемых АС



# 1. Единичные показатели надежности восстанавливаемых АС

- **Восстанавливаемой** называется АС, которая может продолжать выполнение своих функций после устранения отказа, вызвавшего прекращение ее функционирования.
- Для восстанавливаемых АС важным показателем надежности является **ремонтпригодность**.

# К показателям ремонтпригодности относятся:



- Вероятность восстановления – вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния АС не превысит заданного значения

$$P_B(t) = P \{T_B \leq t\}$$



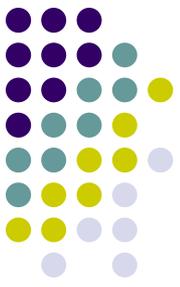
- Вероятность невыполнения ремонта в заданное время – вероятность того, что отказ АС не будет устранен в течение заданного времени  $t$ :

$$Q_B(t) = P\{T_B > t\} = 1 - P_B(t)$$



- Плотность вероятности времени восстановления:

$$f_B(t) = \frac{dP_B(t)}{dt}$$



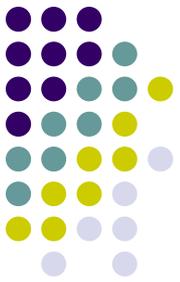
- Среднее время восстановления – математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния АС после отказа, определяется отношением среднего суммарного времени восстановления к среднему числу восстановлений при длительной работе АС:

$$T_{\text{в}} = \sum_{i=1}^n \frac{\tau_i}{n},$$

- где  $n$  - число отказов,  $\tau_i$  — время восстановления АС после  $i$ -го отказа.

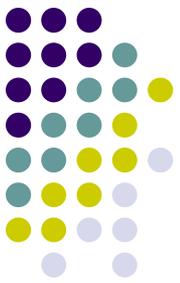


- Гамма-процентное время восстановления– время, в течение которого восстановление работоспособности АС будет осуществлено с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.



- Интенсивность восстановления – условная плотность вероятности восстановления работоспособного состояния АС, определенная для данного момента времени при условии, что до этого момента восстановление не было завершено:

$$\mu(t) = \frac{df_B(t)}{Q_B(t)}$$



- Средняя трудоемкость восстановления – математическое ожидание трудоемкости восстановления АС после отказа.
- Средняя наработка на отказ – отношение суммарной наработки восстанавливаемой АС к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки:

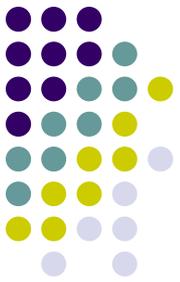
$$T_{\text{н.о}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\omega(t)}$$



- По статистическим данным вычисляется по формуле:

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

- где  $t_i$  - время между отказами  $i$ -й АС, полученное при условии, что испытания ведутся с восстановлением отказавших АС или их заменой,  $N_0$  - число АС, первоначально поставленных на испытания.



- Параметром потока отказов  $\omega(t)$  называется производная (скорость изменения) среднего числа отказов системы в момент времени  $t$ .



- Статистически параметр потока отказов определяется как отношение числа отказавших АС в единицу времени к числу АС, поставленных на испытание при условии, что отказавшие АС заменяются исправными или отремонтированными:

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

- ,  $n(t, t + \Delta t)$
- где  $n(t, t + \Delta t)$  - число отказавших АС за промежуток времени  $\Delta t$ .



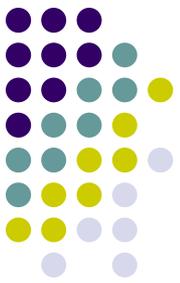
- Если после каждого отказа АС восстанавливается до первоначального состояния, то средняя наработка на отказ равна средней наработке до отказа.
- В общем случае средняя наработка на отказ зависит от времени эксплуатации АС и степени ее восстановления и, как правило, уменьшается с течением времени.



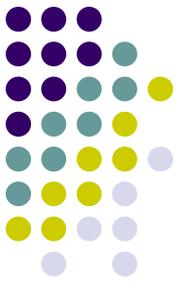
## 2. Комплексные показатели надежности восстанавливаемых АС

К комплексным показателям оценки надежности восстанавливаемых АС относятся:

- коэффициент готовности;
- коэффициент простоя;
- коэффициент технического использования;
- функция готовности;
- функция простоя.

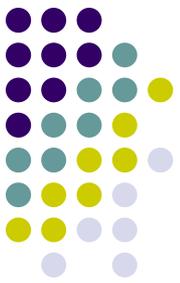


- Коэффициент готовности  $K_g$  - вероятность того, что система окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени.
- Коэффициент готовности одновременно характеризует *безотказность* и *ремонтпригодность*.



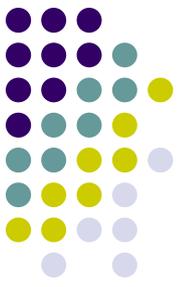
- Коэффициент готовности вычисляется по формуле:

$$K_{\Gamma} = \frac{T_{\text{н.о}}}{T_{\text{н.о}} + T_{\text{в}}}$$

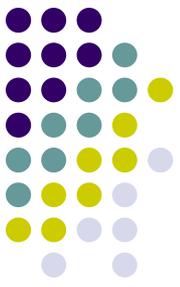


- Коэффициент простоя  $K_{п}$  - вероятность того, что система будет неисправной при длительной эксплуатации.

$$K_{п} = \frac{T_{в}}{T_{н.о} + T_{в}}$$



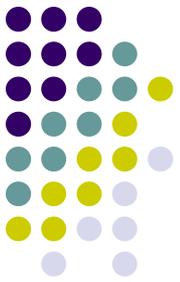
- Коэффициент технического использования  $K_{и}$  – отношение математического ожидания суммарного времени пребывания АС в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания АС в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период.
- Другими словами  $K_{и}$  характеризует долю времени нахождения АС в работоспособном состоянии относительно рассматриваемой продолжительности эксплуатации.



- По статистическим данным  $K_{И}$  рассчитывается следующим образом:

$$K_{И} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_{\text{в}i} + \sum_{i=1}^n t_{\text{п}i} + \sum_{i=1}^m t_{\text{к}i} + \sum_{i=1}^k t} ,$$

- где  $t_i$  -  $i$ -й интервал времени исправной работы АС,  $t_{\text{в}i}$  -  $i$ -й интервал времени восстановления,  $n$ - число отказов АС,  $t_{\text{п}i}$  -  $i$ -й интервал времени профилактики,  $t_{\text{к}i}$  -  $i$ -й интервал времени контроля,  $m$  – число профилактик,  $k$  – число контрольных периодов.



- Функцией готовности  $K_{\Gamma}(t)$  называется вероятность того, что восстанавливаемая система исправна в момент времени  $t$ .
- Функцию готовности называют нестационарным коэффициентом готовности, а  $K_{\Gamma}$  – стационарным коэффициентом готовности.

$$K_{\Gamma} = \lim_{t \rightarrow \infty} K_{\Gamma}(t)$$



- Функцией простоя  $K_p(t)$  называется вероятность того, что в момент времени  $t$  система находится в отказовом состоянии (в ремонте).
- Функцию простоя называют нестационарным коэффициентом простоя, а  $K_p$  – стационарным коэффициентом простоя.

$$K_{\Pi} = \lim_{t \rightarrow \infty} K_{\Pi}(t)$$

$$K_{\Gamma}(t) + K_{\Pi}(t) = 1$$