

# **Надежность технических систем и техногенный риск**

## **Лекция № 4**



# Лекция № 4. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Цель : Рассмотреть основные методы повышения надежности технических систем

Учебные вопросы:

1. Методы повышения надежности сложных систем.
2. Резервирование как средство повышения надежности.
3. Уменьшение интенсивности отказов элементов.
4. Сокращение времени непрерывной работы.
5. Методы обеспечения требуемых показателей надежности техники на этапе эксплуатации.

# 1. Методы повышения надежности сложных систем.

Все методы повышения надежности принципиально могут быть сведены к следующему основному:

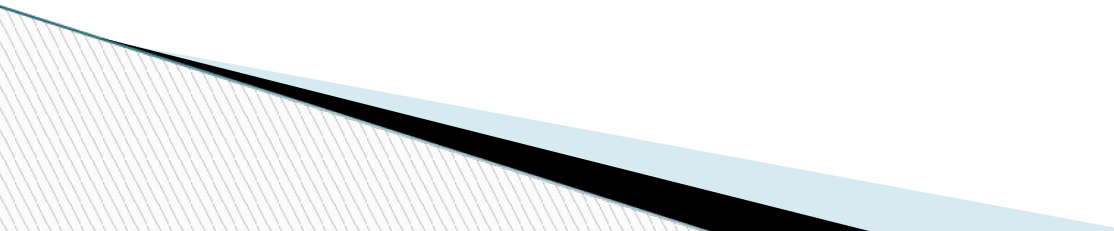
- резервирование;
- уменьшение интенсивности отказов системы;
- сокращение времени непрерывной работы;
- уменьшение среднего времени восстановления работоспособного состояния.

Уменьшить интенсивность отказов системы можно следующими способами:

1. упрощение системы;
2. выбор наиболее надежных элементов;
3. облегчение электрических, механических, тепловых, и других режимов работы элементов;
4. стандартизация и унификация элементов и узлов;
5. совершенствование технологи производства;
6. автоматизация производства;
7. проведение профилактических мероприятий при эксплуатации аппаратуры

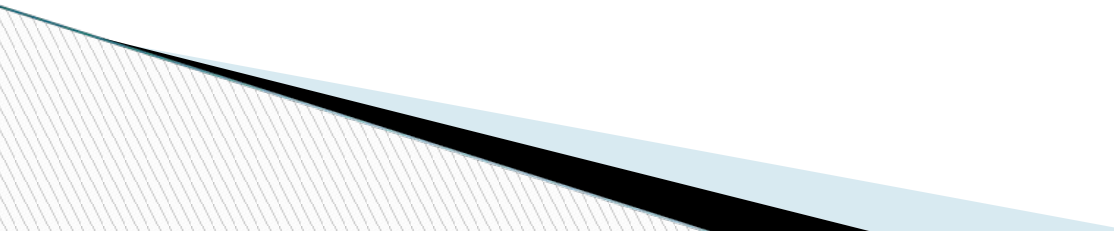
# 1. Методы повышения надежности сложных систем.

Методы повышения надежности на этапе проектирования:

- резервирование;
  - упрощение системы;
  - выбор наиболее надежного элемента;
  - создание схем с ограниченными последствиями отказов элементов;
  - облегчение электрических, механических, тепловых и других режимов работы элементов;
  - стандартизация и унификация элементов и узлов;
  - встроенный контроль;
  - автоматизация проверок.
- 

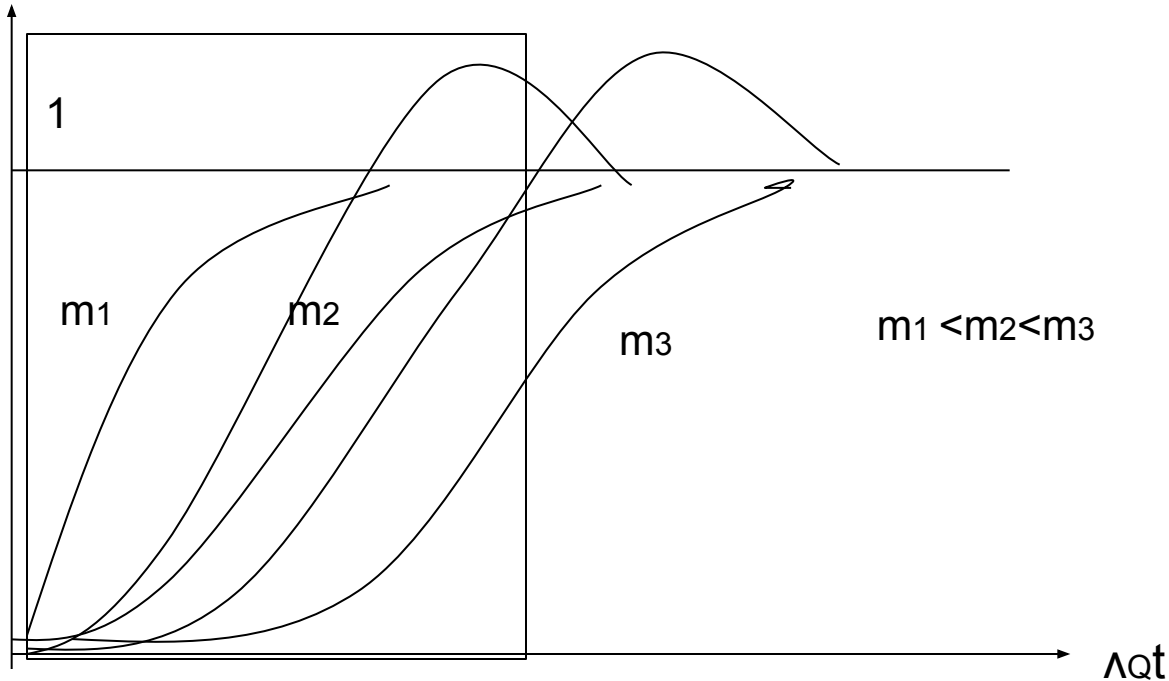
# 1. Методы повышения надежности сложных систем.

Повысить надежность аппаратуры в процессе ее эксплуатации чрезвычайно трудно. Это объясняется тем, что надежность системы в основном закладывается при ее проектировании и изготовлении, а при эксплуатации надежность только расходуется. Скорость ее расхода зависит от методов эксплуатации, квалификации обслуживающего персонала, условий эксплуатации.



## 2. Резервирование как средство повышения

### надежности



$$G_Q = \frac{Q}{Q_0}$$

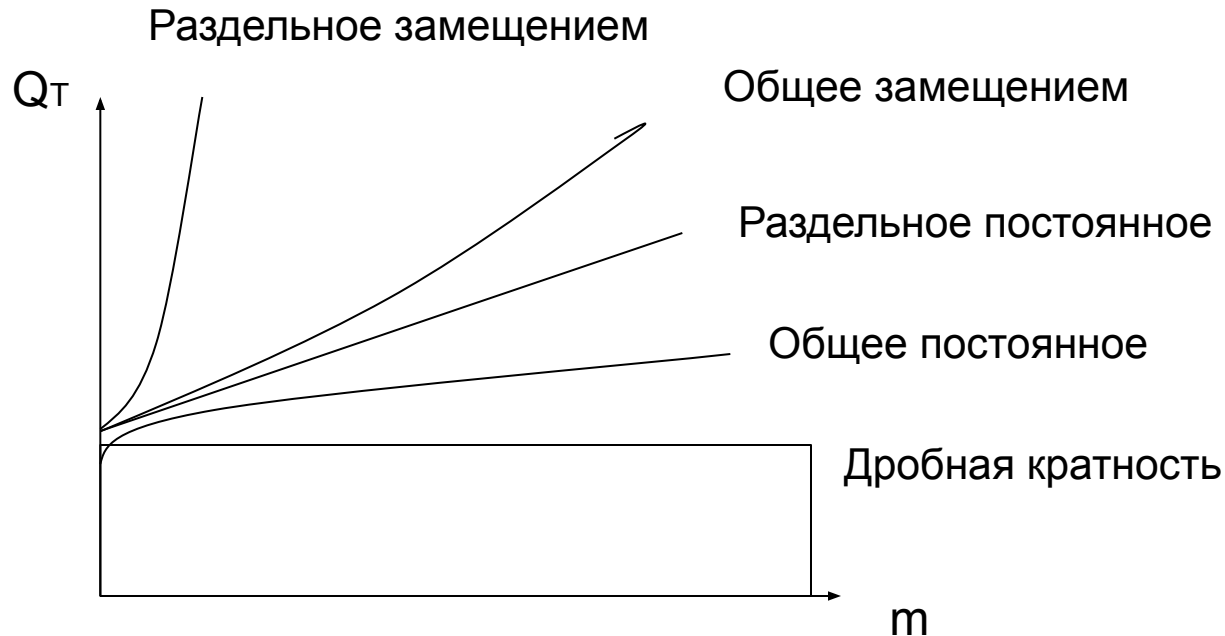
Где  $Q$  – вероятность отказа резервированной системы;

$Q_0$  – вероятность отказа нерезервированной системы

$m$  – кратность резервирования

Рисунок 4.1. Выигрыш надежности по вероятности отказа

## 2. Резервирование как средство повышения надежности



$$Q_T = \frac{T_{Cp}}{T_{Cp0}}$$

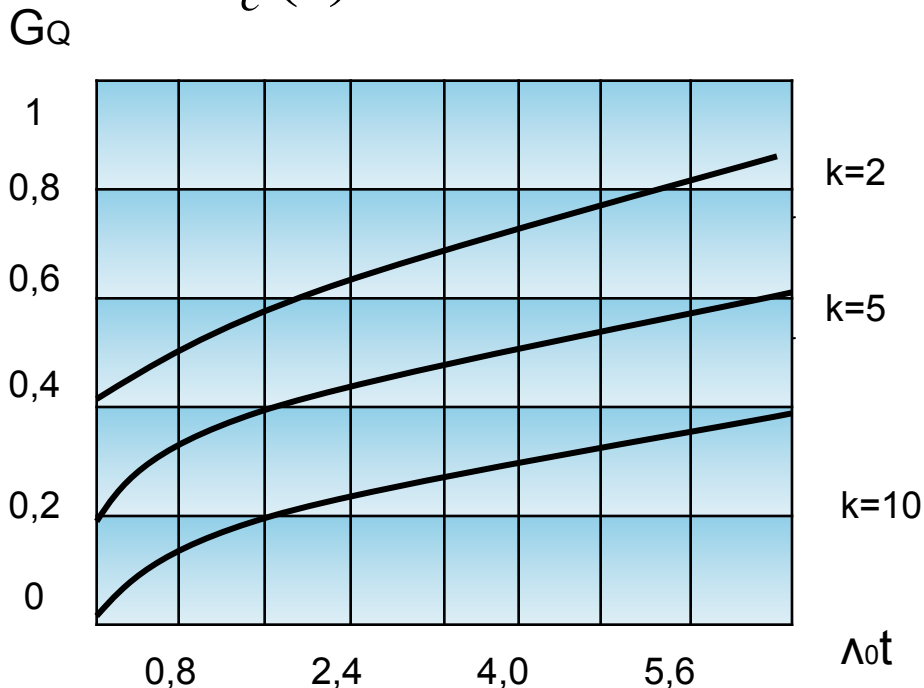
Рисунок 4.2. Выигрыш надежности по средней наработке до отказа

# 3. Уменьшение интенсивности отказов элементов.

## 3.1. Выбор наиболее надежных элементов

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t}$$

Выигрыш надежности определяется:



$$G_Q = \frac{1 - e^{-\frac{\lambda_0 t}{k}}}{1 - e^{-\lambda_0 t}}$$

$$G_T = k$$

$$G_\lambda = \frac{1}{k}$$

Где  $k$  – количество раз, в которое уменьшена интенсивность отказа

Рисунок 4.4. Зависимость выигрыша надежности от значения интенсивности отказов



## 3.1. Отбраковка («выжигание») малонадежных элементов

Уменьшить интенсивность отказов можно путем отбраковки, или «выжигания» элементов, имеющих конструктивные и производственные дефекты. С этой целью осуществляется тренировка элементов системы в тяжелых условиях работы. Идея метода состоит в исключении начального участка  $\lambda$  - характеристики (рис. 7.5)

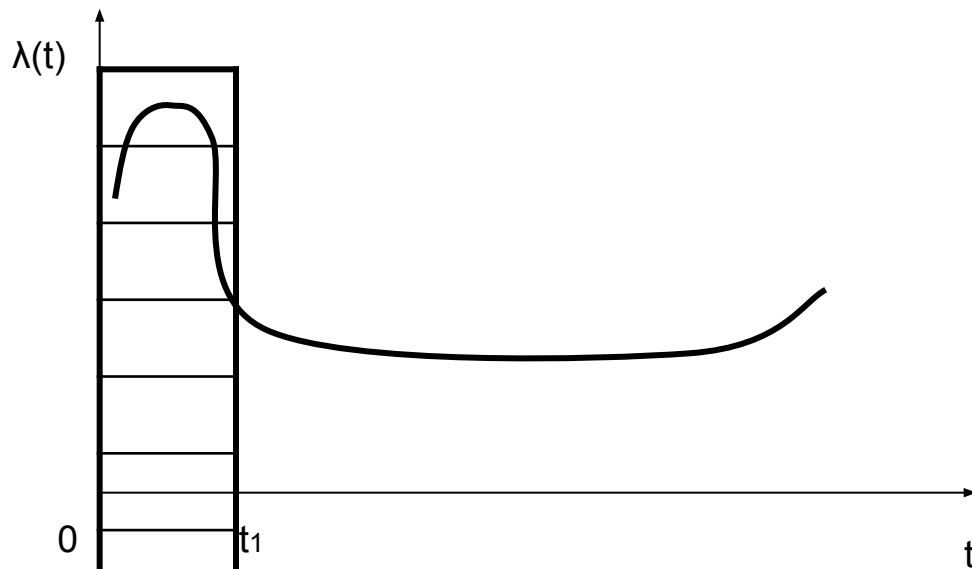


Рисунок 7.5. Повышение надежности путем исключения периода приработки («выжигания» малонадежных элементов)

## 4. Сокращение времени непрерывной работы.

Рассмотрим 2 системы при непрерывной и дискретной работе:

$$P_1(t) = e^{-\lambda \cdot t}; P_2(t) = e^{-\lambda \cdot \frac{t}{k}},$$

где  $k$  – коэффициент, показывающий во сколько раз время работы второй системы меньше, чем первой.

Особенно большой эффект дает сокращение времени непрерывной работы резервированной системы (рис. 4.6).

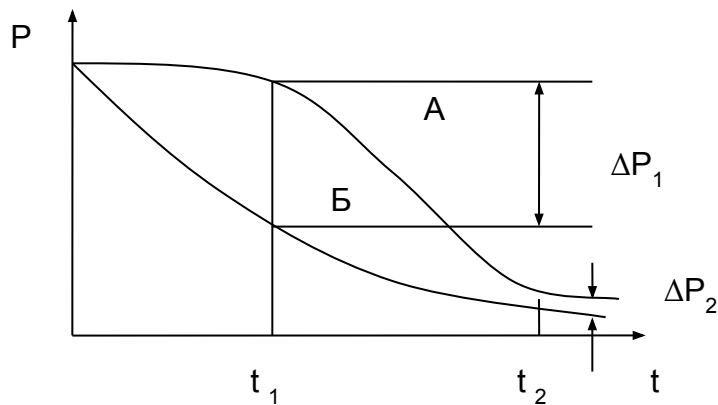


Рисунок 4.6.

$A$  – резервированная система,  $B$  – нерезервированная система

## 5. Методы обеспечения требуемых показателей надежности техники на этапе эксплуатации.

### 5.1. Влияние периодичности и объема профилактических мероприятий

**Техническое обслуживание (ТО)** - комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предупреждение отказов.

- К основным задачам ТО относятся:
- предупреждение ускоренного износа, коррозии и старения,
- поддержания основных характеристик оборудования на заданном уровне.
- Основу ТО составляют **профилактические работы** и **регламентные проверки**. Профилактические работы проводятся периодически с целью выявления ненадежных, неисправных элементов, а также для устранения причин, способствующих возникновению отказов.
- При проведении профилактических работ (ТО) кривая  $P(t)$  приобретает «пилообразный» вид (рис. 4.7).

# 5.1. Влияние периодичности и объема профилактических мероприятий

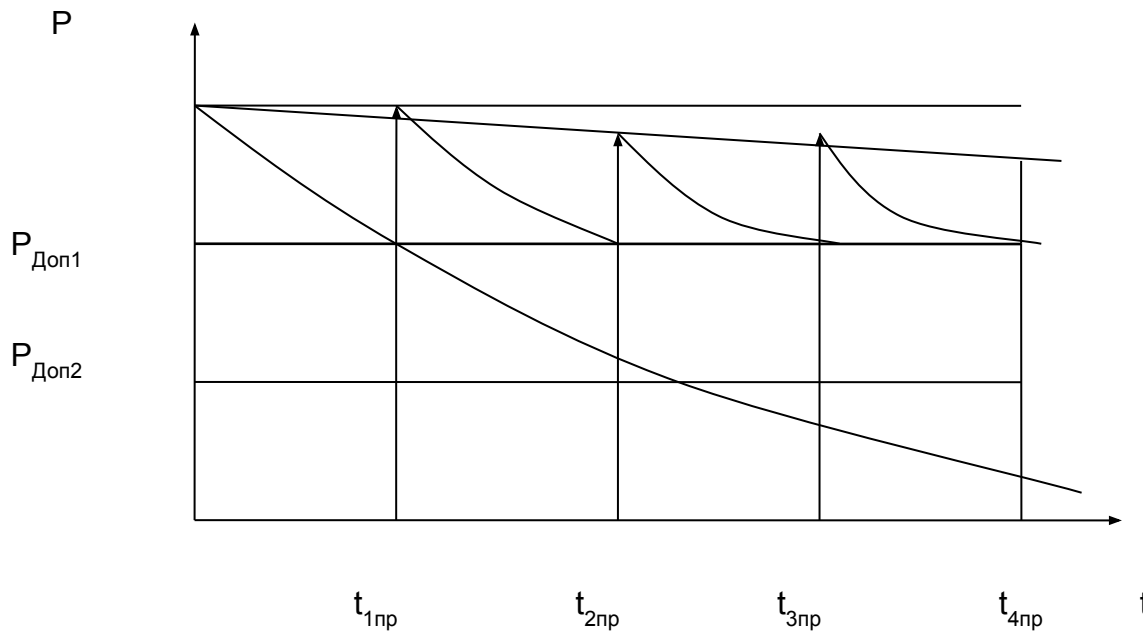


Рисунок 4.7.

## 5.1. Влияние периодичности и объема профилактических мероприятий

Для периода нормальной эксплуатации ( $\lambda = \text{const}$ ,  $P_{\text{Доп}}$ ) время профилактики выбирается, чтобы

$$Q(t) \leq Q_{\text{Доп}} = 1 - e^{-\lambda \cdot t}$$

Тогда периодичность профилактических мероприятий (ТО) будет определяться:

$$t_{np} \leq -\frac{\ln(1 - Q_{\text{Доп}})}{\lambda}$$

## 5.2. Обеспечение рационального состава ЗИП

Задача обеспечения рационального состава ЗИП может быть сформулирована следующим образом:

- Для обеспечения возможности быстрого восстановления ТУ путем замены комплектующих элементов необходимо

$$Z \geq n \quad \text{за время } t,$$

где  $Z$  – необходимое количество запасных элементов,  $n$  – ожидаемое число отказов,  $t$  – расчетное время пополнения запаса ЗИП (обычно принимается календарный год).

Точное значение  $n$  нам неизвестно. Поэтому  $Z \geq n \geq n_{cp}$ ,

Где  $n_{cp}$  - среднее количество ожидаемых отказов какого-то элемента за указанное время  $t$ .

$$n_{cp} \approx N \cdot (\lambda_p t_p + \lambda_{np} t_{np})$$

где  $N$  - число элементов данного типа в системе,  $\lambda_p$  и  $\lambda_{np}$  - соответственно интенсивности отказа в рабочем режиме и в режиме простоя

## 5.2. Обеспечение рационального состава ЗИП

Вероятность того, что среднее число отказов  $n_{cp}$  не превысит числа запасных элементов  $Z$  (т.е. доверительную вероятность), можно записать в виде суммы вероятностей  $P_M$

$$\gamma = \sum_{M=0}^Z P_M = \sum_{M=0}^Z \frac{n_{CP}^M}{M!} e^{-n_{CP}} \quad (4.10)$$

где  $M$  – перебор количества отказов от 0 до  $Z$ ,  $P_M$  - вероятность того, что произойдет ровно  $M$  отказов за время  $t$ .

Из выражения (4.10) видна зависимость (функция)  $Z = f(\gamma, n_{cp})$

Эта функция затабулирована, и ее значения приводятся в таблицах справочников. Вычислив  $n_{cp}$  и задаваясь  $\gamma$ , по табл.4.1 находят  $Z$ .