Надёжность

Надёжность- свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели

- В течение определённого периода времени
- Или определённой наработки

при соблюдении правил эксплуатации, обслуживания, транспортирования.

Оценка надёжности производится по следующим характеристикам изделия:

- Работоспособность
- Долговечность
- Безотказность
- ремонтопригодность

- **Исправность**- состояние с полным соответствием ТУ
- **Работоспособность**- состояние изделия, при котором оно способно выполнить заданные функции с параметрами, установленными технической документацией
- Долговечность – свойство изделия длительно сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для профилактического обслуживания.

  Предельное состояние- невозможность дальнейшей эксплуатации
- **Безотказность**- свойство изделия сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов.

- **Ремонтопригодность** – приспособленность изделия к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей посредством проведения профилактических работ и ремонта
- **Сохраняемость**- свойство изделия поддерживать свои эксплуатационные показатели в течение и после срока хранения и транспортировки, установленных технической документацией

ОТКАЗ

- Отказ- случайное событие, заключающееся в нарушении работоспособности изделия
- Отказ- один из видов неисправности изделия.
- Неисправность- несоответствие изделия одному или нескольким требованиям ТУ

Классификация отказов

- По характеру возникновения: внезапные и постепенные
- По взаимосвязи: зависимые и независимые
- По характеру проявления: явные (обнаруживаемые визуально) неявные (требуются приборы)
- По характеру устранения: устойчивые (легко обнаружить, т.к. есть постоянно)

  самоустраняющиеся

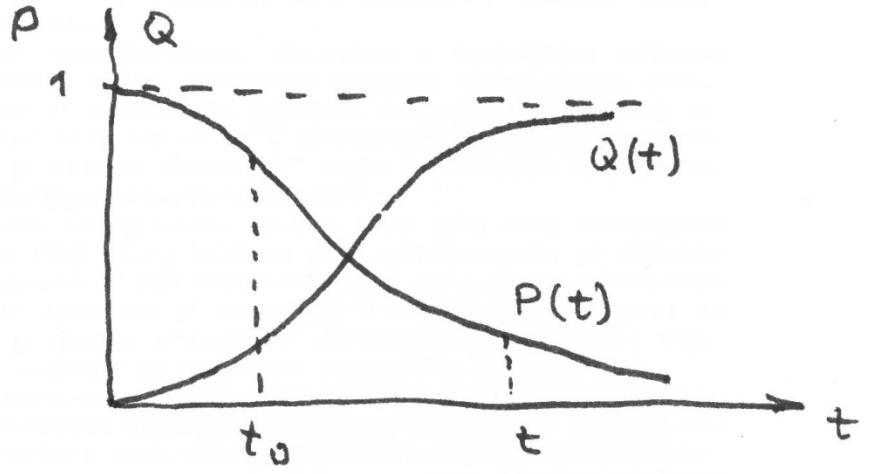
Показатели надёжности

Единичные показатели надёжности

1. Вероятность безотказной работы:

$$P(t) = P(\theta \geq t), \quad Q(t) = 1 - P(t)$$

$$0 \leq P(t) \leq 1; \quad P(0) = 1; \quad P(\infty) = 0$$



Статистическое значение

$$P^*(t) = \frac{N(t)}{N_0} = 1 - \frac{n(t)}{N_0}$$

Условная вероятность безотказной работы

$$P(t_0, t) = \frac{P(t)}{P(t_0)}$$

Статистическое значение

$$P^*(t_0, t) = \frac{N(t)}{N(t_0)}$$

2. Вероятность отказа

$$Q(t) = P(\theta \leq t)$$

Статистическое определение

$$Q^*(t) = \frac{n(t)}{N_0}$$

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

Плотность распределения вероятности отказов:

$$\varphi(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt}, \quad \frac{1}{час}$$

Статистическое значение:

$$\varphi^*(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t}$$

N_0 - кол-во исправных изделий в момент t,

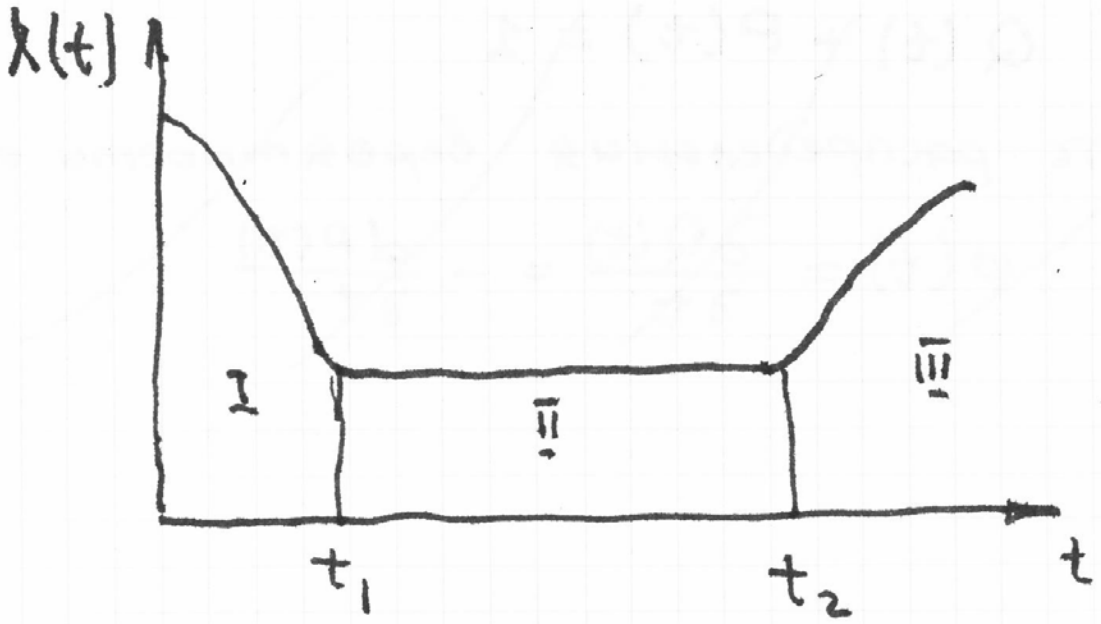
$n(\Delta t)$ - кол-во изделий, отказавших к моменту $t+\Delta t$

Интенсивность отказов:

$$\lambda(t) = \frac{dQ(t)}{dt}\frac{1}{(1-Q(t))} = \frac{\varphi(t)}{P(t)}, \quad \frac{1}{час}$$

Статистическое значение:

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

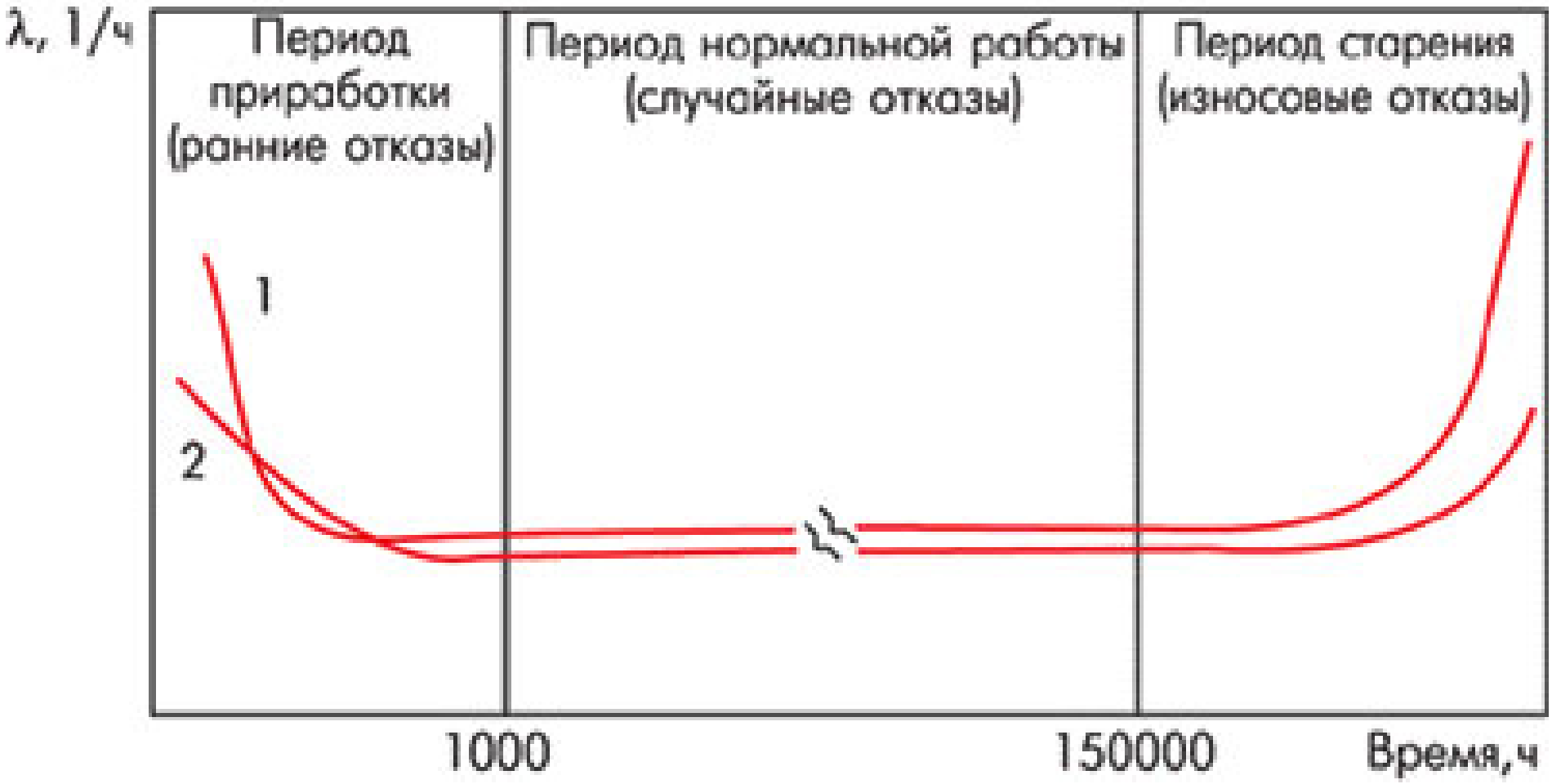


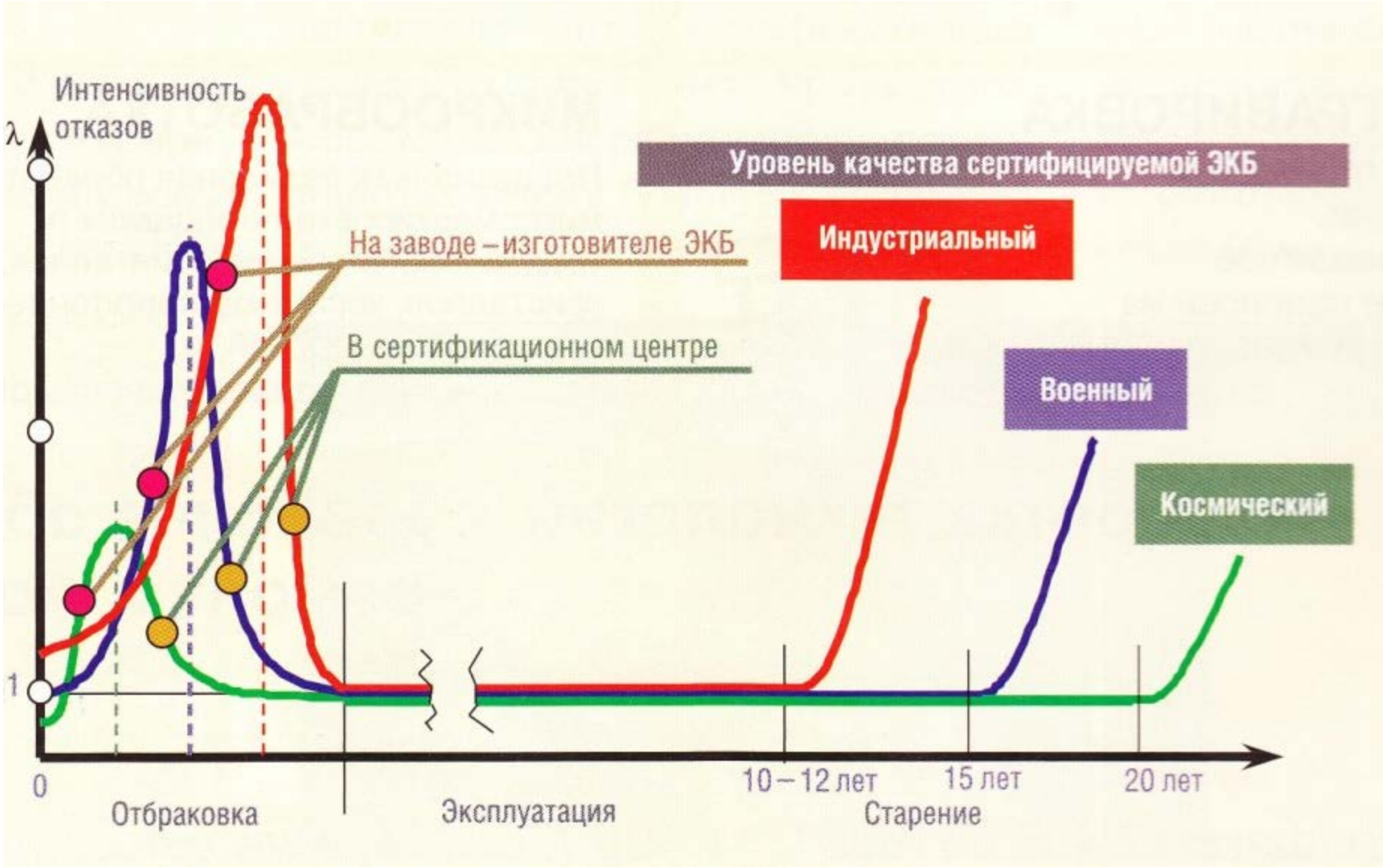
Средняя наработка до отказа

$$T = \int_0^\infty t\,\varphi(t)\,dt$$

Статистическое значение

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


λ, 1/ч
Период приработки (ранние отказы)
Период нормальной работы (случайные отказы)
Период старения (износовые отказы)
1
2
1000
150000
Время, ч


Интенсивность отказов
λ
Уровень качества сертифицируемой ЭКБ
Индустриальный
Военный
Космический
На заводе – изготовителе ЭКБ
В сертификационном центре
1
0
Отбраковка
Эксплуатация
10 – 12 лет
15 лет
20 лет
Старение

Оценочный расчёт надёжности

Прикидочный расчет надежности

1. По усредненным значениям $\bar{\lambda}_i$;

$\bar{\lambda}_i = \text{const}$; $t_i = \text{const}$

$$P_c(t) = e^{-n\bar{\lambda}_i t}$$

$$\bar{\lambda}_i = \frac{1}{nt} \ln \frac{1}{P_c(t)} .$$

2. Коэффициентный метод

$$\lambda_c = \lambda_{oc} K_\lambda = K_\lambda \sum_{i=1}^{n} \bar{\lambda}_i$$

лаборатория $K_\lambda = 1$

наземная $K_\lambda = 16$

Структурные схемы надёжности

Последовательная модель

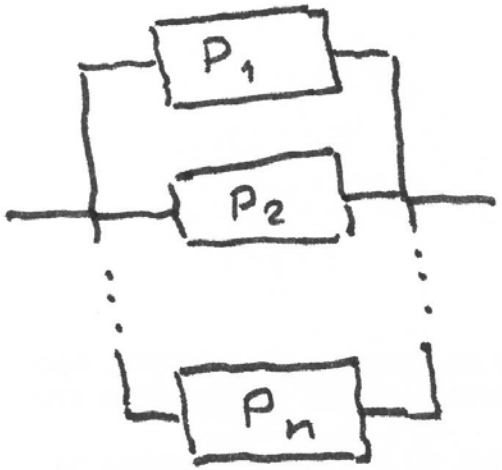
$$P_c(t) = \prod_{i=1}^{n} P_i(t)$$

$$Q_c(t) = 1 - P_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} P_i(t)$$

$$T_0 = \int_0^{\infty} P_c(t)\,dt$$

$$P_i(t) = \exp(-\lambda_i(t)\,t) = \exp(-\lambda_i t)$$

Параллельная модель надежности

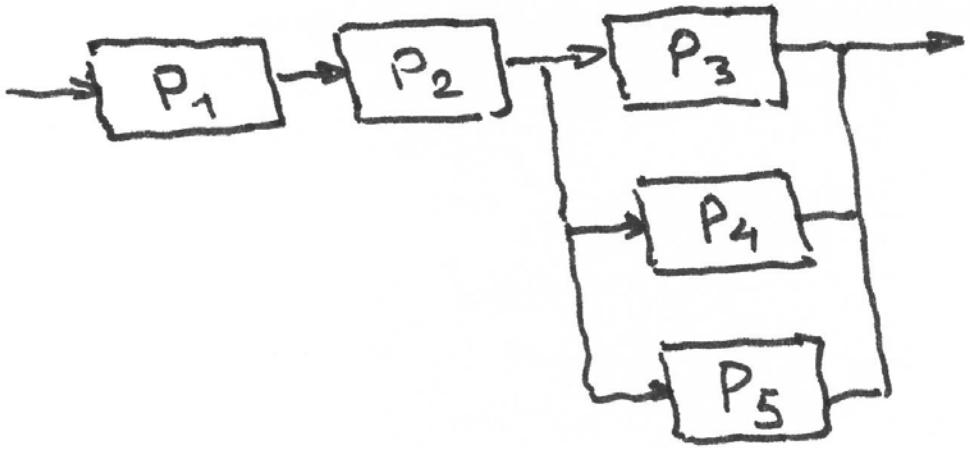


$$Q_i = 1 - P_i$$

$$Q_c(t) = \prod_{i=1}^{n} Q_i(t)$$

$$P_c(t) = 1 - Q_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} Q_i(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} [1 - P_i(t)]$$

Смешанная модель надёжности



$$P_c(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_n(t)$$

$$Q_n(t) = Q_3(t)\, Q_4(t)\, Q_5(t) =$$

$$= [1 - P_3(t)][1 - P_4(t)][1 - P_5(t)]$$

$$P_c(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \left\{1 - [1 - P_3(t)][1 - P_4(t)][1 - P_5(t)]\right\}$$

Резервирование

Классификация: способ включения резерва, вида соединения и условия работы резервных элементов.

По способу включения: постоянное резервирование и резервирование замещением

По виду соединения резервных элементов: общее, раздельное и смешанное

По условиям работы резервных элементов: нагруженный (горячий) резерв, облегченный (теплый) резерв, ненагруженный (холодный) резерв

Кратность резервирования

$$r = \frac{Z}{n} = \frac{N-n}{n} = m-1$$

Повышення надёжность ЭБ

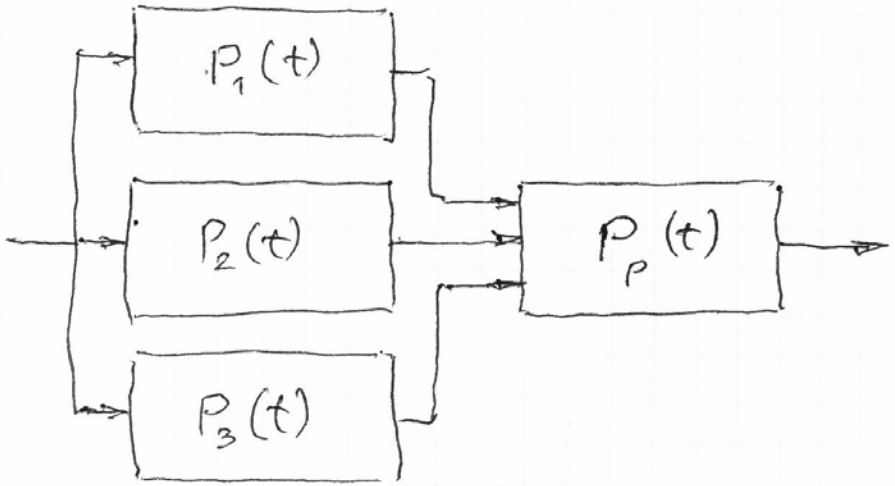
ГОСТ РВ 20.39.302-98

Приемка „5" ОВП ГОСТ РВ 20.39.304-98

Приемка „9" ОС - повышенная надежность

Приемка „7" ОСМ - повышенная надежность изделий, выпускаемых малыми партиями

Мажоритарное резервирование



Элемент 1	Элемент 2	Элемент 3	Элемент Р
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

$$q_1(t)\,P_2(t)\,P_3(t) + P_1(t)\,q_2(t)\,P_3(t) + P_1(t)\,P_2(t)\,q_3(t) + P_1(t)\,P_2(t)\,P_3(t) = P_M(t)$$

$$q_i(t) = 1 - P(t); \qquad P_i(t) = P(t)$$

$$P_M(t) = [1-P(t)]\,P^2(t) + [1-P(t)]\,P^2(t) + (1-P(t))\,P^2(t) + P^3(t) =$$

$$= P^2(t)\,(3 - 2P(t)); \qquad P_M(t) = P^2(t)(3-2P(t))\,P_p(t)$$

Окончательный расчёт надёжности

$$\lambda_э = \lambda_о \sum_{i=1}^{n} K_i$$

Общие коэффициента модели

$K_р$ - электрическая нагрузка и температура среды (корпуса) радиокомпонента

$K_{пр}$ - коэффициент приёмки

$K_э$ - коэффициент эксплуатации

$K_{ин}$ - коэффициент влияния ионизирующих излучений

Интегральные микросхемы

$K_{ст}$ – сложность ИС и температура окруж. средн.

K_V – напряжение питания для КМОП микросхем

$K_{корп}$ – тип корпуса ИС.

Полупроводниковые приборы

$K_ф$ – функциональное назначение. Для силовых ППП специфика работы.

$K_{Д.Н}$ – допустимая по ТУ нагрузка по мощности.

K_S – отношение рабочего напряжения к макс. допустимому

K_F – частота и мощность в импульсе для СВЧ-транзисторов

$K_к$ – уровень качества прибора (для силовых ППП)

Конденсаторы

K_c - влияние емкости

$K_{лс}$ - величина последовательного активного сопротивления

Резисторы

K_R - величина сопротивления

K_M - величина номинальной мощности

K_3 - отношение рабочего напряжения к макс. допустимому

$K_{сп}$ - сложность (кол-во элементов) для резистивных сборок

$K_{стаб}$ - точность изготовления (допуск)

$K_{корп}$ - тип корпуса для резисторных ИС

Соединители

$K_{к.к.}$ – количество контактов

$K_{к.с}$ – количество сочленений-расчленений за время эксплуатации.

Электрические кабели, провода, шнуры.

K_t – температура окружающей среды, материал

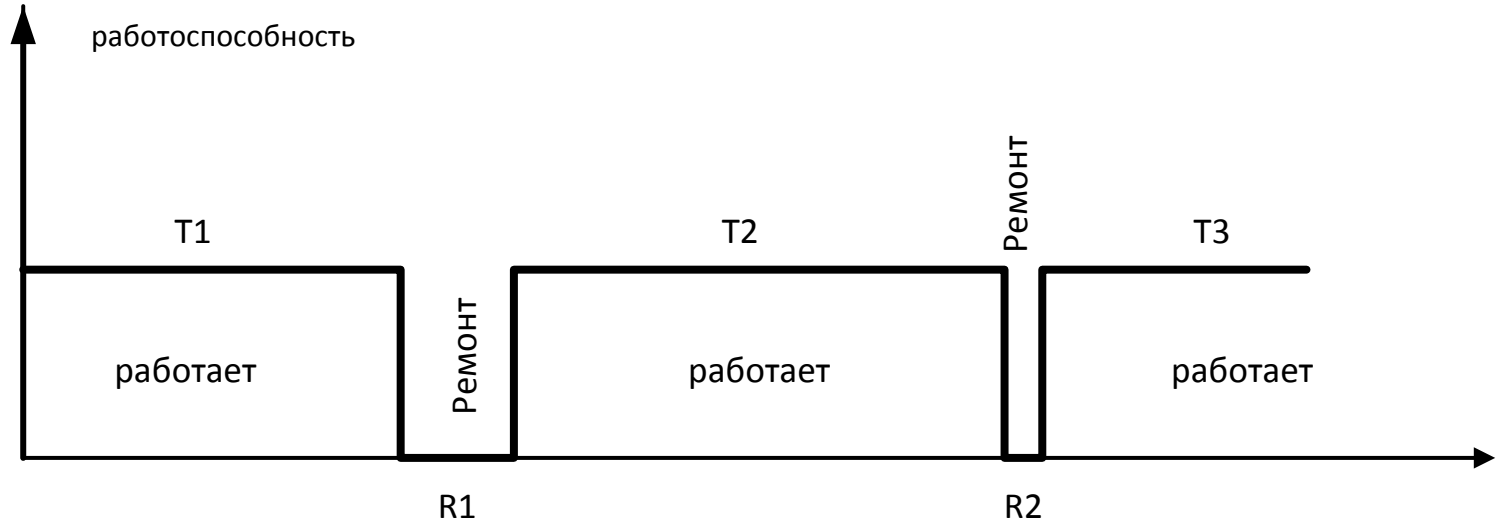
K_l – длина кабельного изделия

Платы печатные

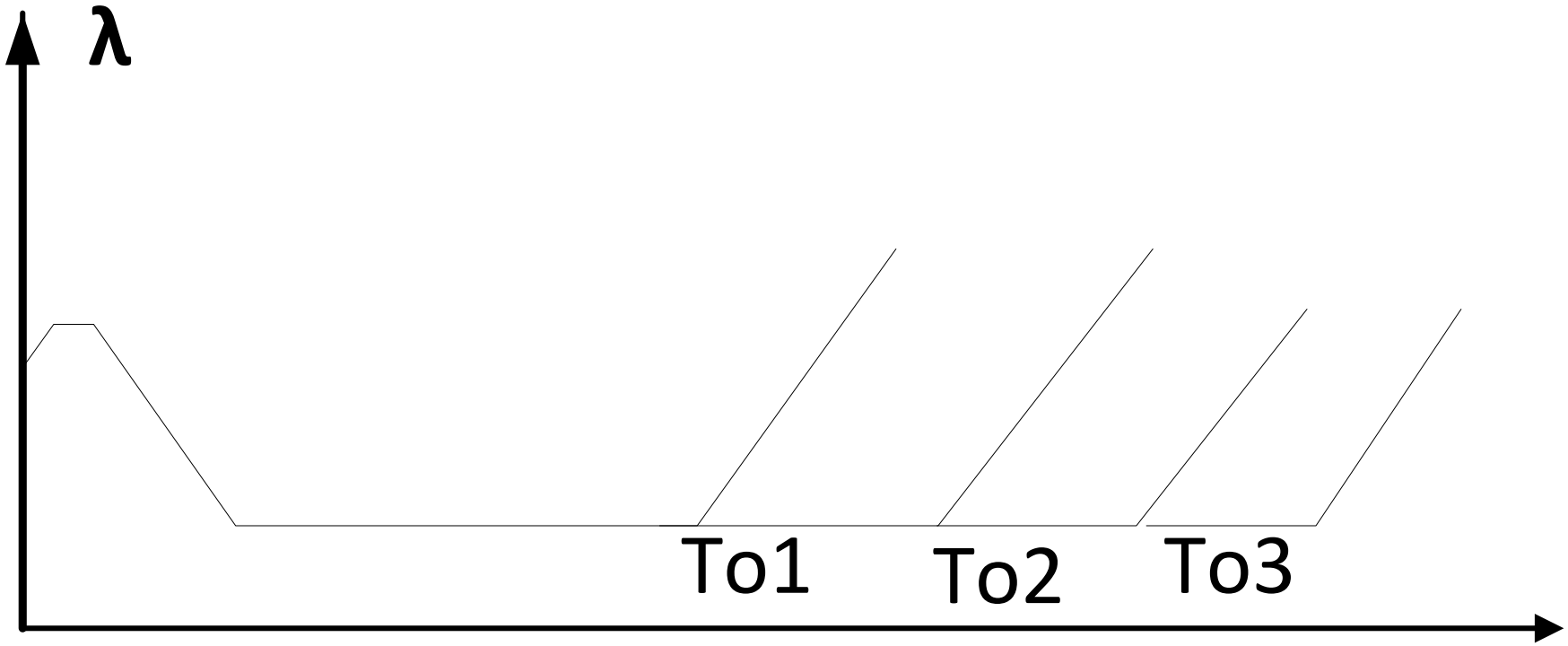
K_c – число слоев платы.

Обслуживаемые изделия

- Работоспособность которых восстанавливается при ремонте или продляется сервисным обслуживанием



Увеличение надёжности при ТО



Обслуживаемые изделия

- Кг- коэффициент готовности

вероятность того, что изделие окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается

Кг- коэф. готовности Q- коэф простоя

λ=- интенсивность отказов

Т = среднее время наработки до отказа= 1/ λ

μ =- интенсивность восстановления (ремонта)

R =среднее время ремонта =1/ μ

Кг= Т/(Т+R)=(1/ λ) / (1/ λ +1/μ)

Кг=μ/ (λ+ μ)

Q=1-Кг

Средняя наработка на отказ

$$T_0^* = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} t_i \; ; \quad T_0 = \int_0^\infty d\,F_i(t)$$

t_i - время исправной работы изделия между $(i-1)$ и i отказами, n - число отказов за время испытания.

Коэффициенты готовности и значения времени простоя оборудования

Коэффициент готовности		Время простоя
0,99	“две девятки”	3,7 дней в год
0,999	“три девятки”	9 часов в год
0,9999	“четыре девятки”	53 минуты в год
0,99999	“пять девяток”	5,5 минут в год
0,999999	“шесть девяток”	30 секунд в год