

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ И МАТЕМАТИКИ НИУ ВШЭ

# «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПОКАЗАТЕЛЯМ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ»

КАРАПУЗОВ М.А.

МОСКВА  
2015

# Долговечность

- **Долговечность – это суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние. В свою очередь, предельным состоянием радиоэлектронных устройств (РЭУ) называется состояние, при котором их дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление их работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно и критерием этого состояния выступает признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией. Работоспособное состояние РЭУ определяется значением всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, когда они соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.**

# Показатели долговечности

- **гамма-процентный ресурс** – это суммарная наработка, в течение которой РЭУ не достигнет предельного состояния с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах
- **средний ресурс** - это математическое ожидание ресурса, где ресурс – это суммарная наработка РЭУ от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние
- **гамма-процентный срок службы** - это календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой РЭУ не достигнет предельного состояния с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.
- **средний срок службы** - это математическое ожидание срока службы, где срок службы – это календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации РЭУ или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние

# Критерии предельного состояния

- а) Категории отказов и предельных состояний устанавливаются с целью однозначного понимания технического состояния РЭУ при задании требований по надежности, испытаниях и эксплуатации. Определения критериев отказов и предельных состояний должны быть четкими, конкретными, не допускающими неоднозначного толкования. Критерии предельных состояний должны содержать указания на следствия, наступающие после их обнаружения (отправку РЭУ в ремонт определенного вида или списание).
- б) Критерии отказов и предельных состояний должны обеспечивать простоту обнаружения факта отказа или перехода в предельное состояние визуальным путем или с помощью предусмотренных средств технического диагностирования (контроля технического состояния).
- в) Критерии отказов и предельных состояний должны устанавливаться в той документации, в которой приведены значения показателей надежности.

# Дерево отказов

Классификация РЭУ по признакам, определяющим выбор показателей

Возможные последствия перехода в предельное состояние	Основной процесс, определяющий переход в предельное состояние	Возможность и способ восстановления технического ресурса (срока службы)		
		Неремонтируемые	Ремонтируемые обезличенным способом	Ремонтируемые необезличенным способом
1	2	3	4	5
РЭУ, переход которых в предельное состояние при применении по назначению может привести к катастрофическим последствиям (контроль технического состояния возможен)	Изнашивание	$T_{p \text{ } \gamma \text{сп}}$	$T_{p \text{ } \gamma \text{к.р}}$	$T_{p \text{ } \gamma \text{сп}}; T_{p \text{ } \gamma \text{к.р}}$
	Старение	$T_{сл \text{ } \gamma \text{сп}}$	$T_{сл \text{ } \gamma \text{к.р}}$	$T_{сл \text{ } \gamma \text{сп}}; T_{сл \text{ } \gamma \text{к.р}}$
	Изнашивание и старение одновременно	$T_{p \text{ } \gamma \text{сп}}; T_{сл \text{ } \gamma \text{сп}}$	$T_{p \text{ } \gamma \text{к.р}}; T_{сл \text{ } \gamma \text{к.р}}$	$T_{p \text{ } \gamma \text{сп}}; T_{p \text{ } \gamma \text{к.р}}; T_{сл \text{ } \gamma \text{сп}}; T_{сл \text{ } \gamma \text{к.р}}$
РЭУ, переход которых в предельное состояние при применении по назначению не ведет к катастрофическим последствиям	Изнашивание	$T_{p \text{ } \text{ср. сп}}$	$T_{p \text{ } \text{ср. к.р}}$	$T_{p \text{ } \text{ср. сп}}; T_{p \text{ } \text{ср. к.р}}$
	Старение	$T_{сл \text{ } \text{ср. сп}}$	$T_{сл \text{ } \text{ср. к.р}}$	$T_{сл \text{ } \text{ср. сп}}; T_{сл \text{ } \text{ср. к.р}}$
	Изнашивание и старение одновременно	$T_{p \text{ } \text{ср. сп}}; T_{сл \text{ } \text{ср. сп}}$	$T_{p \text{ } \text{ср. к.р}}; T_{сл \text{ } \text{ср. к.р}}$	$T_{p \text{ } \text{ср. сп}}; T_{p \text{ } \text{ср. к.р}}; T_{сл \text{ } \text{ср. сп}}; T_{сл \text{ } \text{ср. к.р}}$

# Примеры предельных состояний

- отказ одной или нескольких составных частей, восстановление или замена которых на месте эксплуатации не предусмотрена эксплуатационной документацией (должна выполняться в ремонтных органах);
- механический износ ответственных деталей (узлов) или снижение физических, химических, электрических свойств материалов до предельно допустимого уровня;
- снижение наработки на отказ (повышение интенсивности отказов) РЭУ ниже (выше) допустимого уровня;
- превышение установленного уровня текущих (суммарных) затрат на техническое обслуживание и ремонты или другие признаки, определяющие экономическую нецелесообразность дальнейшей эксплуатации.

# Уровень недостаточности ресурса

$$Y_{HP} = -\ln\left(K_G^{TP}\right)$$

$$Y_{HP} = \sum_{i=1}^m (1 - \gamma) \cdot \lambda_i \cdot T_{Pi}$$

$m$  - число видов ресурсов;

$\gamma$  - коэффициент полноты контроля;

$T_{Pi}$  - значения  $i$ -ого вида ресурса;

$\lambda_i$  - интенсивность отказов при использовании  $i$ -го вида ресурса.

# Зависимость ресурса от изменения коэффициента полноты контроля

