

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

Д.В. Озеркин

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И НАДЕЖНОСТИ  
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Методические указания по самостоятельной работе  
для студентов направления подготовки  
11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

Томск  
2022

УДК 621.3.019.3

ББК 381я73-5

О-46

**Рецензент:**

**Кривин Н. Н.**, и.о. заведующего кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры, канд. техн. наук

**Озеркин, Денис Витальевич**

О-46 Теоретические основы конструирования и надежности радиоэлектронных средств : Методические указания по самостоятельной работе для студентов направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» / Д. В. Озеркин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 19 с.

Целью дисциплины является изучение основных положений теории надежности радиоэлектронной аппаратуры и методами обеспечения надежности.

Методические указания предназначены для бакалавров направлений подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств».

Одобрено на заседании кафедры РЭТЭМ протокол № 78 от 16.02.2022.

УДК 621.3.019.3

ББК 381я73-5

© Озеркин Д. В., 2022

© Томск. гос. ун-т систем упр.  
и радиоэлектро

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Общие сведения.....	4
2 Объем дисциплины и виды учебной работы .....	6
3 Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов .....	12
4 Оценочные материалы .....	13
4.1 Тестовые задания.....	13
4.2 Темы опросов на занятиях .....	16
4.3 Вопросы на зачет с оценкой .....	16
4.4 Вопросы на самоподготовку.....	18
4.5 Темы лабораторных работ .....	18
4.6 Вопросы для подготовки к практическим занятиям .....	18
Список литературы.....	19

## 1 Общие сведения

Цели дисциплины:

- изучение основных положений теории надежности радиоэлектронной аппаратуры и методами обеспечения надежности;
- научить применять теоретические знания в области обеспечения надёжности радиоэлектронных средств (РЭС) при современных технологиях производства и жёстких условиях эксплуатации РЭС.

Задачи дисциплины:

- изучение теоретических основ анализа и синтеза РЭС;
- изучение основ теории надежности технических систем;
- овладение методами и современными инструментальными средствами исследования и оценки надежности РЭС;
- изучение методов повышения эффективности РЭС;
- использование информационных технологий при проектировании РЭС с требуемыми характеристиками надежности.

Дисциплина «Теоретические основы конструирования и надежности радиоэлектронных средств» (Б1.В.02.10) относится к модулю направленности рабочего учебного плана для направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств».

Последующими дисциплинами являются: «Основы конструирования электронных средств», «Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты», «Системный анализ и методы научно-технического творчества», «Проектная деятельность» (ГПО-1, ... ГПО-4), «Учебно-проектная деятельность» (УПД-1, ..., УПД-4).

Процесс изучения дисциплины «Теоретические основы конструирования и надежности радиоэлектронных средств» направлен на формирование компетенции:

- ПКР-2 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения;
- ПКС-1 Способен проводить сбор, анализ и систематизацию научно-исследовательской информации, формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных средств, разрабатывать техническое задание, требования и условия на проектирование радиоэлектронных средств.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** основные положения теории надежности, основные факторы, определяющие надежность функционирования РЭС, показатели надежности элементов и РЭС в целом; методы анализа и расчета надежности РЭС, обеспечивающие повышение их качества и эффективности;
- **уметь** проводить элементарные инженерные расчеты, необходимые в дальнейшем для осуществления технического контроля и управления качеством изделий, продукции и услуг; анализировать результаты моделирования и теоретических расчётов с целью принятия мер по практическому повышению надёжности РЭС с учётом взаимосвязанных внешних и внутренних электрических, механических и тепловых воздействий;
- **владеть** навыками теоретического обоснования выбора схемных и конструктивных решений РЭС, обеспечивающих повышение их надёжности в процессе конструирования, изготовления и эксплуатации изделий; навыками проведения

инженерных расчётов и математического моделирования на компьютере с целью определения влияния дестабилизирующих факторов на надёжность РЭС; навыками постановки и решения задач случайного разброса параметров конструкций и технологии РЭС с применением теории вероятностей и статистики.

## 2 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы и представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		семестр
Аудиторные занятия (всего)		
Лекции		
Практические занятия		
Лабораторные работы		
Самостоятельная работа (всего)		
Общая трудоемкость, ч	1	1
Зачетные Единицы	.0	.0

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формир у-емые компете нции
1 Введение. Основные понятия и определения теории надежности						ПКР-2 ПКС-1
2 Количественные характеристики надежности						ПКР-2 ПКС-1
3 Законы распределения случайных величин при анализе надёжности РЭС						ПКР-2 ПКС-1
4 Анализ структурных схем надёжности РЭС. Резервирование радиоэлектронных средств.						ПКР-2 ПКС-1
5 Методы расчёта надёжности РЭС. Надежность восстанавливаемых и невосстанавливаемых РЭС						ПКР-2 ПКС-1
6 Задачи оптимизации в конструировании и технологии РЭС						ПКР-2 ПКС-1
7 Математические модели РЭС и технологических процессов. Вероятностное описание параметров РЭС						ПКР-2 ПКС-1
8 Автоматизированная система обеспечения надёжности и качества РЭС «АСОНИКА»						ПКР-2 ПКС-1
9 Обеспечение надежности РЭС при их разработке						ПКР-2 ПКС-1
Итого за семестр						

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудо- емкость, ч	Формиру- емые компетен- ции
семестр			
1 Введение. Основные понятия и определения теории надежности	Понятие надёжности. Системы и элементы систем. Отказы и неисправности РЭС. Математические основы надёжности. Графическое изображение событий. Основные показатели надёжности. Жизненный цикл РЭС и обеспечение надёжности на каждой стадии его жизни.		ПКР-2 ПКС-1
	Итого		
2 Количественные характеристики надежности	Количественные показатели безотказности РЭС. Вероятность безотказной работы. Средняя наработка до отказа (среднее время безотказной работы) и средняя наработка на отказ. Плотность вероятности отказа (частота отказов). Гамма-процентная наработка до отказа. Интенсивность отказов. Параметр потока отказов. Единичные показатели ремонтпригодности. Комплексные показатели надёжности РЭС. Рекомендации по выбору показателей надёжности для различных электронных средств.		ПКР-2 ПКС-1
	Итого		
3 Законы распределения случайных величин при анализе надёжности РЭС	Поток событий. Законы распределения случайных величин при анализе надёжности РЭС. Биномиальный закон распределения. Распределение Пуассона. Экспоненциальное распределение. Нормальное распределение. Распределение Вейбулла. Гамма-распределение. Гамма-распределение.		ПКР-2 ПКС-1
	Итого		
4 Анализ структурных схем надёжности РЭС. Резервирование радиоэлектронных средств	Введение. Последовательная модель надёжности. Параллельная модель надёжности. Метод преобразования сложной логической структуры по базовому элементу. Методы резервирования. Резервирование замещением. Постоянное резервирование. Общее резервирование. Поэлементное резервирование. Раздельное резервирование. Смешанное резервирование. Рекомендации по выбору способа резервирования.		ПКР-2 ПКС-1
	Итого		

Продолжение таблицы 2.3

<p>5 Методы расчёта надёжности РЭС. Надежность восстанавливаемых и невосстанавливаемых РЭС</p>	<p>Основные положения. Задачи, решаемые при расчёте надёжности. Классификация методов расчёта. Прикидочный расчёт надёжности. Расчёт по усреднённой интенсивности отказов. Расчёт по показателю надёжности. Ориентировочный расчёт надёжности. Окончательный расчёт надёжности. Коэффициенты степени жёсткости условий эксплуатации. Соотношения для расчёта коэффициентов нагрузки типовых ЭРЭ. Коэффициенты электрической нагрузки элементов. Очередность проведения расчётов надёжности РЭС.</p>		<p>ПКР-2 ПКС-1</p>
	<p>Итого</p>		<p>ПКР-2 ПКС-1</p>
<p>6 Задачи оптимизации в конструировании и технологии РЭС</p>	<p>Понятие задач оптимизации. Общий порядок решения задач оптимизации. Способы построения целевой функции. Краткая характеристика математических методов решения задач оптимизации. Метод динамического программирования. Алгоритм оптимизации методом случайного поиска. Примеры решения задач оптимизации.</p>		<p>ПКР-2 ПКС-1</p>
<p>Математические модели РЭС и технологических процессов. Вероятностное описание параметров РЭС</p>	<p>Понятие о моделировании и моделях надёжности. Регрессионные модели. Метод наименьших квадратов. Полный факторный эксперимент (ПФЭ). Планирование ПФЭ и его выполнение. Статистическая обработка результатов ПФЭ. Последовательность выполнения статистической обработки и проверки пригодности для практики построенной модели.</p>		<p>ПКР-2 ПКС-1</p>
<p>8 Автоматизированная система обеспечения надёжности и качества РЭС «АСОНИКА»</p>	<p>Реализация комплексного моделирования надёжности и качества РЭС в САПР "АСОНИКА". Подсистема концептуального комплексного макро моделирования АСОНИКА-П. Подсистема планирования и управления проектами АСОНИКА-У. Подсистема теплового моделирования АСОНИКА-Т. Подсистема аэродинамического моделирования АСОНИКА-А. Подсистема механического моделирования АСОНИКА-М. Подсистема тепломеханического моделирования АСОНИКА-ТМ. Подсистема расчёта надёжности АСОНИКА-К. Подсистема диагностического моделирования АСОНИКА-Д.</p>		<p>ПКР-2 ПКС-1</p>
	<p>Итого</p>		

## Окончание таблицы 2.3

9 Обеспечение надежности РЭС при их разработке	Организационные аспекты. Схемотехнические аспекты (Надежность схемотехнических решений). Надежность элементной базы). Конструкционные аспекты. (Надежность конструкционных решений). Надежность элементной базы). Программные проблемы (Надежность программного обеспечения). Проблемы дизайна. (Надежность пользователя). Задачи тестирования (Надежность технологических процессов сборки. Надежность пользователя). Оформление конструкторской и пользовательской документации. (Надежность пользователя).		ПКР-2 ПКС-1
	Итого		
Итого за семестр			

Наименование практических занятий приведено в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Наименование практических занятий

Названия разделов	Наименование практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
семестр			
Количественные характеристики надежности	Вероятность безотказной работы. Интенсивность отказов. Частота отказов.		ПКР-2 ПКС-1
	Средняя наработка до первого отказа. Нарботка на отказ		
	Параметр потока отказов		
	Итого		
3 Законы распределения случайных величин при анализе надёжности РЭС	Количественные характеристики надежности для распространенных законов распределения случайных величин		ПКР-2 ПКС-1
	Итого		
4 Анализ структурных схем надёжности РЭС. Резервирование радиоэлектронных средств	Методы расчета надежности резервированных систем		ПКР-2 ПКС-1
	Итого		
5 Методы расчёта надёжности РЭС. Надежность восстанавливаемых и невосстанавливаемых РЭС	Определение наработки на отказ по данным наблюдения за работой всех изделий		ПКР-2 ПКС-1
	Расчет интенсивности отказов и частоты отказов для определенного момента времени		
	Определение интенсивностей отказов эл		
	Окончательный расчет надежности невосстанавливаемых объектов с учетом режимов работы элементов		
	Итого		
Итого за семестр			

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудо- емкость, ч	Формиру- емые компетен- ции
семестр			
7 Математические модели РЭС и технологических процессов. Вероятностное описание параметров	Статистические исследования производственных погрешностей параметров РЭС по методу Монте-Карло		ПКР-2 ПКС-1
	Итого		
9 Обеспечение надежности РЭС при их разработке	Полный факторный эксперимент при анализе надежности технических систем		ПКР-2 ПКС-1
	Итого		
Итого за семестр			

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудо- емкость, ч	Формиру- емые компете- нции	Формы контроля
семестр				
1 Введение. Основные понятия и определения теории надежности	Проработка лекционного материала		ПКР-2 ПКС-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест, Зачет с оценкой
	Итого			
2 Количественные характеристики надежности	Проработка лекционного материала		ПКР-2 ПКС-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому заданию, Тест, Зачет с оценкой
	Подготовка к практическим занятиям			
	Итого			
3 Законы распределения случайных величин при анализе надёжности РЭС	Проработка лекционного материала		ПКР-2 ПКС-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому заданию, Тест, Зачет с оценкой
	Подготовка к практическим занятиям			
	Итого			
4 Анализ структурных схем надёжности РЭС. Резервирование радиоэлектронных средств	Проработка лекционного материала		ПКР-2 ПКС-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому заданию, Тест, Зачет с оценкой
	Подготовка к практическим занятиям			
	Итого			

## Окончание таблицы 2.6

5 Методы расчёта надёжности РЭС. Надежность восстанавливаемых и невосстанавливаемых РЭС	Проработка лекционного материала		ПКР-2 ПКС-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому заданию, Тест, Зачет с оценкой
	Подготовка к практическим занятиям			
	Итого			
6 Задачи оптимизации в конструировании и технологии РЭС	Проработка лекционного материала		ПКР-2 ПКС-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест, Зачет с оценкой
	Итого			
7 Математические модели РЭС и технологических процессов. Вероятностное описание параметров РЭС	Проработка лекционного материала		ПКР-2 ПКС-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам			
	Итого			
8 Автоматизированная система обеспечения надёжности и качества РЭС «АСОНИКА»	Проработка лекционного материала		ПКР-2 ПКС-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест, Зачет с оценкой
	Итого			
9 Обеспечение надёжности РЭС при их разработке	Проработка лекционного материала		ПКР-2 ПКС-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам			
	Итого			
Итого за семестр				

### 3 Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Таблица 3.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
семестр				
Зачет с оценкой				
Конспект самоподготовки				
Опрос на занятиях				
Отчет по лабораторной работе				
Тест				
Итого максимум за период				
Нарастающим итогом				

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
$\geq 90\%$ от максимальной суммы баллов на дату КТ	
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	
$< 60\%$ от максимальной суммы баллов на дату КТ	

## 4 Оценочные материалы

### 4.1 Тестовые задания

1. Состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо, невозможно или нецелесообразно называется ...

- a) Работоспособным;
- b) Не работоспособным;
- c) Исправным;
- d) Предельным.

2. Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки называется ...

- a) Безотказностью;
- b) Работоспособностью;
- c) Исправностью;
- d) Долговечностью.

3. Работоспособность объекта - это ...

a) Состояние объекта, при котором значения всех параметров технического состояния соответствуют требованиям нормативно-технической документация (НТД).

b) Состояние объекта, при котором значения параметров, характеризующих способность выполнять функции, соответствуют требованиям НТД.

c) Свойство объекта, сохранять значения параметров, характеризующих способность выполнять функции, в соответствии с требованиями НТД;

d) Свойство объекта, сохранять значения всех параметров технического состояния в пределах, установленных НТД.

4. К комплексным показателям надежности относятся:

- a) безотказность;
- b) ремонтпригодность;
- c) коэффициент готовности;
- d) долговечность.

5. Вероятность безотказной работы системы, состоящей из двух последовательно соединенных элементов, если безотказность работы первого элемента  $P_1(t)=0,8$ , а второго  $P_2(t)=0,5$ , равна ...

6. При испытании 100 изделий в течение наработки  $T$ , 30 изделий отказали. Вероятность безотказной работы изделий за наработку  $T$  равна ...

7. Свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность его выполнять требуемые функции в течение и после

хранения и транспортировки, называется ...

- a) Безотказностью;
- b) Долговечностью;
- c) Ремонтпригодностью;
- d) Сохраняемостью.

8. Отказ, возникающий в результате несовершенства или нарушения установленного процесса изготовления или ремонта объекта, называется ...

- a) Конструктивным;
- b) Производственным;
- c) Эксплуатационным;
- d) Ресурсным.

9. Укажите вид отказа, если в результате экспертизы выяснилось, что он произошел из-за неправильного назначения материала детали.

- a) Конструктивный отказ;
- b) Производственный отказ;
- c) Эксплуатационный отказ;
- d) Ресурсный отказ.

10. Постепенный отказ характеризуется ...

- a) Скачкообразным изменением параметра технического состояния до предельного значения;
- b) Минимальной трудоемкостью устранения;
- c) Медленным изменением параметра технического состояния от номинального до предельного значения;
- d) Постепенным возрастанием трудоемкости его устранения.

11. Что произойдет с доверительным интервалом, если доверительную вероятность изменить с 0.8 до 0.95?

- a) Доверительный интервал увеличится;
- b) Доверительный интервал уменьшится;
- c) Доверительный интервал не изменится;
- d) Доверительный интервал вначале будет уменьшаться, а после достижения доверительной вероятности 0.9 произойдет его резкое увеличение.

12. Гамма процентная наработка до отказа представляет собой ...

- a) Нарботку, в течение которой отказ объекта не возникает с вероятностью "гамма", выраженной в процентах;
- b) Нарботку, в течение которой отказ объекта возникнет с вероятностью "гамма", выраженной в процентах;
- c) Верхнюю доверительную границу рассеивания наработки до отказа, соответствующую вероятности "гамма", выраженной в процентах;
- d) Нарботку, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью "гамма", выраженной в процентах.

13. Какое определение наиболее точно характеризует коэффициент готовности объекта?

- a) вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривают;
- b) вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в момент определения его технического состояния;
- c) вероятность того, что объект окажется в исправном состоянии в произвольный момент времени, кроме периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривают;

d) вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в заданный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривают.

14. Интенсивность отказов представляет собой ...

a) Условную плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемую при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возникал;

b) Условную плотность возникновения отказа объекта, определяемую при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возникал;

c) Условную вероятность возникновения отказа объекта, определяемую при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возникал;

d) Плотность вероятности возникновения отказа объекта.

15. Что выражает формула  $Q(t) = 1 - P(t)$  ?

a) вероятность безотказной работы;

b) вероятность отказа;

c) долговечность;

d) интенсивность отказа.

16. Как называют способ резервирования, при котором любой отказавший элемент или узел не влияет на выходные сигналы и прямого обнаружения не производят?

a) скользящее резервирование;

b) постоянное резервирование;

c) резервирование замещением;

d) кратное резервирование.

17. Введение структурной надёжности - это способ повышения надёжности на этапе ...

a) проектирования;

b) изготовления;

c) эксплуатации;

d) технологии.

18. Соединение, при котором отказ любого элемента не приводит к отказу системы, пока не откажут все соединенные элементы:

a) смешанное;

b) последовательное;

c) параллельное;

d) по базовому элементу.

19. Вероятность того, что за определенный рассматриваемый период времени работы в заданных условиях эксплуатации оно не откажет:

a) вероятность безотказной работы;

b) плотность вероятности;

c) вероятность отказа;

d) интенсивность отказов.

20. Свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений, к восстановлению и поддержанию работоспособности путем проведения технического обслуживания и ремонта:

a) сохраняемость;

b) долговечность;

c) безотказность;

d) ремонтпригодность.

## 4.2 Темы опросов на занятиях

1. Понятие надежности. Свойства, характеризующие надежность: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.
2. Понятия восстановления, технического обслуживания и ремонта. Восстанавливаемые и невосстанавливаемые, обслуживаемые и не обслуживаемые, ремонтируемые и неремонтируемые объекты.
3. Показатели безотказности. Набор показателей безотказности для различных видов объектов. Показатели безотказности невосстанавливаемых изделий.
4. Распределение Пуассона. Нормальное распределение времени безотказной работы при постепенных отказах.
5. Выбор номенклатуры показателей надежности.
6. Нормирование значений величин вероятности безотказной работы и интенсивности отказов. Коэффициент нагрузки ЭРЭ.
7. Методы и средства повышения надежности РЭС. Виды резервирования. Кратность резервирования, дублирование. Классификация резерва в зависимости от режима работы.
8. Виды и планы испытаний на надежность при проектировании, производстве и эксплуатации изделий.
9. Контрольные выборочные испытания на надежность по методы однократной выборки.
10. Доверительные вероятности, доверительные интервалы и методы исключения грубых ошибок измерения при определении статистических характеристик надежности.

## 4.3 Вопросы на зачет с оценкой

1. Основные понятия и определения теории и практики надёжности РЭС.
2. Понятие и определение надёжности РЭС, виды надёжности.
3. Понятие отказа. Классификация отказов. Причины возникновения отказов РЭС, внезапные и постепенные отказы, изменение интенсивности отказов.
4. Вероятность безотказной работы и вероятность отказа.
5. Интенсивность отказов элементов и устройств.
6. Типичная лямбда-характеристика электронных устройств.
7. Характеристика показателей надёжности.
8. Показатели надёжности невосстанавливаемых объектов.
9. Показатели надёжности восстанавливаемых объектов.
10. Законы распределения наработки до отказа экспоненциальный, нормальный и Вейбулла, их математическая и графическая характеристика.
11. Надёжность РЭС при внезапных и постепенных отказах. Использование законов распределения Пуассона, Рэля и Эрланга для оценки наработки на отказ.
12. Характеристика экспоненциальной модели.
13. Характеристика модели Вейбулла.
14. Характеристика некоторых других моделей отказов.
15. Гамма-процентная наработка до отказа.
16. Принципы резервирования, виды резервирования, классификация структурного резервирования.
17. Расчёт нагруженного резервирования: общее резервирование с целой кратностью, раздельное резервирование с целой кратностью, общее резервирование с дробной кратностью.
18. Расчёт ненагруженного резервирования: общее резервирование замещением с

целой кратностью, отдельное резервирование с целой кратностью.

19. Доверительный интервал, доверительная вероятность, методы исключения промахов, критерии согласия между теоретической кривой и статистическим распределением.

20. Единичные и комплексные показатели качества РЭС.

21. Точность и стабильность параметров. Виды допусков в конструировании и производстве РЭС. Характеристики, используемые для задания допуска.

22. Оценка производственного разброса выходного параметра, исходя из наилучшего случая рассеивания первичных параметров.

23. Анализ точности выходного параметра с учётом вероятностного рассеивания первичных параметров. Выбор критериев оценки точности. Расчётные соотношения, используемые для оценки точности выходного параметра.

24. Установление производственного допуска на выходной параметр.

25. Уравнение относительной погрешности выходного параметра с учётом действия эксплуатационных факторов.

26. Классификация технических систем с точки зрения надёжности и эффективности функционирования.

27. Схемы соединения элементов в устройстве с точки зрения надёжности.

28. Среднее время безотказной работы. Нарботка на отказ (средняя наработка на отказ). Минимальная наработка до отказа (на отказ).

29. Параметр потока отказов электронных устройств.

30. Показатели ремонтпригодности электронных устройств. Среднее время восстановления и вероятность восстановления.

31. Гамма-процентное время восстановления и трудоёмкость восстановления.

32. Показатели долговечности элементов и электронных устройств.

33. Комплексные показатели надёжности электронных устройств.

34. Интенсивность отказов как основная характеристика надёжности элементов.

35. Коэффициенты электрической нагрузки элементов. Определение коэффициента электрической нагрузки типовых элементов.

36. Учёт влияния на надёжность элементов электрического режима и условий работы (модели расчёта эксплуатационной надёжности элементов).

37. Оценка показателей надёжности проектируемого электронного устройства.

38. Характеристика метода расчёта надёжности электронного устройства.

39. Ориентировочный (приближённый) расчёт показателей надёжности проектируемого электронного устройства.

40. Уточнённый (окончательный) расчёт показателей надёжности электронных устройств.

41. Эксплуатационная надёжность электронных устройств.

42. Общая характеристика методов повышения надёжности электронных устройств.

43. Схемотехнические методы повышения надёжности электронных устройств.

44. Резервирование как метод повышения надёжности электронных устройств. Виды резервирования.

45. Оценка показателей безотказности электронного устройства при наличии постоянного резервирования.

46. Характеристика резервирования замещением.

47. Оценка безотказности электронного устройства при наличии резервирования замещением.

48. Ограничение электрической нагрузки элементов как способ повышения надёжности электронных устройств.

49. Характеристика метода Монте-Карло как метода вероятностного моделирования объектов (устройств, процессов).

#### 4.4 Вопросы на самоподготовку

1. Классификация факторов, влияющих на надежность. Временные параметры, характеризующие надежность.
2. Основные сведения о расчете надежности.
3. Виды состояний объектов. Отказ. Виды отказов. Дефект.
4. Показатели безотказности восстанавливаемых изделий. Показатели долговечности. Показатели сохраняемости. Показатели ремонтпригодности.
5. Распределение времени безотказной работы по закону Релея. Распределение времени безотказной работы по закону Вейбулла.
6. Задание требований по надежности.
7. Определение интенсивностей отказов элементов РЭО в зависимости от условий работы. Окончательный расчет надежности невосстанавливаемых объектов с учетом режимов работы элементов.
8. Классификация резервирования по способам включения, по методам включения, по кратности. Методы расчета надежности резервированных систем.
9. Контрольные выборочные последовательные испытания на надежность. Контрольные и определительные испытания на ремонтпригодность. Определительные испытания на долговечность, сохраняемость, безотказность.
10. Определение доверительного интервала и минимального числа измерений при нормальном распределении времени безотказной работы.

#### 4.5 Темы лабораторных работ

1. Статистические исследования производственных погрешностей параметров РЭС по методу Монте-Карло.  
Полный факторный эксперимент при анализе надежности технических систем.

#### 4.6 Вопросы для подготовки к практическим занятиям

1. Вероятность безотказной работы. Интенсивность отказов. Частота отказов.
2. Средняя наработка до первого отказа. Нарботка на отказ.
3. Параметр потока отказов.
4. Количественные характеристики надежности для распространенных законов распределения случайных величин.
5. Определение наработки на отказ по данным наблюдения за работой всех изделий.
6. Расчет интенсивности отказов и частоты отказов для определенного момента времени.
7. Определение интенсивностей отказов элементов РЭА в зависимости от условий работы.
8. Окончательный расчет надежности невосстанавливаемых объектов с учетом режимов работы элементов.
9. Методы расчета надежности резервированных систем.

## Список литературы

1. Основы теории надежности. Учебное пособие для вузов / А.М.Половко, С.В.Гуров. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 702 с.
2. Основы теории надежности. Практикум: Учебное пособие для вузов / А.М. Половко, С.В. Гуров. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 557 с.
3. Кофанов, Юрий Николаевич. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных схем : Учебник для вузов / Ю. Н. Кофанов. – Москва : Радио и связь, 1991. – 359 с.
4. Серафинович, Лев Платонович. Расчет надежности и конструирования радиоэлектронной аппаратуры : Справочное руководство / Л. П. Серафинович. – Томск : Издательство Томского университета, 1972. – 210 с.
5. Яншин, Аркадий Алексеевич. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности ЭВА : учебное пособие для вузов / А. А. Яншин. – Москва : Радио и связь, 1983. – 311 с.