

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
радиотехники и электроники

_____ /В.А. Небольсин/
_____ 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)**

«Физические основы надежности интегральных схем»

Направление подготовки (специальность) 28.03.02 Наноинженерия

Профиль (специализация) Инженерные нанотехнологии в приборостроении

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы _____ С.А. Акулинин

Заведующий кафедрой
ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

Руководитель ОПОП _____ Г.И. Липатов

Воронеж 2017

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины

Формирование у обучающихся знаний о методах оценки надежности технических систем.

1.2 Задачи освоения дисциплины

изучить основные показатели надежности технических систем;
изучить методы расчета показателей надежности проектируемой технических систем;
изучить методы повышения надежности технических систем;
изучить методику оценки надежности технических систем по экспериментальным данным.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физические основы надежности интегральных схем» относится к дисциплинам по выбору базовой части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы надежности интегральных схем» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования;

ПКВ-1 — Способность владеть современными методами моделирования и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования;

ПКВ-3 — Готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования в производстве приборов и устройств микро- и наноэлектроники.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знает основы теории надежности технических систем
	умеет осуществлять анализ и расчет надежности интегральных схем
	владеет навыками в решении задач управления и оптимизации надежности интегральных схем
ПКВ-1	знает современные методы оценки надежности приборов и устройств микро- и наноэлектроники
	умеет осуществлять анализ и расчет надежности приборов и устройств микро- и наноэлектроники
	владеет навыками в решении задач обеспечения надежности приборов и устройств микро- и наноэлектроники

ПКВ-3	знает нормативно-техническую документацию по процедуре проведения испытаний для подтверждения надежности изделий МСТ
	умеет разрабатывать технологическую документацию для производства изделий МСТ
	владеет методикой разработки документации в решении задач управления и оптимизации надежности интегральных схем

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Физические основы надежности интегральных схем» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4			
Аудиторные занятия (всего)	54	54			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	—	—			
Самостоятельная работа	54	54			
Курсовой проект (работа)	—	—			
Контрольная работа	—	—			
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет			
Общая трудоемкость	час	108	108		
	зач. ед.	3	3		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия и определения в теории надежности	Предмет курса и его задачи. Состояние и перспективы развития теории и практики надежности	2		-		2
		Основные понятия и определения в теории надежности. Понятие отказа. Внезапные и постепенные отказы.	2	2	-	3	7
		Статистический подход к определению надежности. Вероятность безотказной работы. Интенсивность отказов	2		-	3	5
2	Статистический подход к определению надежности.	Общие характеристики законов распределения.	2	2	-	3	7
		Оценка показателей надежности по данным об отказах. Точечные и интер-	2		-	3	5

	Критерии и количественные характеристики	вальные оценки.					
3	Расчет характеристик надежности невосстанавливаемого оборудования	Статистический приемочный контроль. Ошибки первого и второго рода.	2	2	-	3	7
		Статистический приемочный контроль. Метод однократной выборки. Метод последовательных испытаний	2		-	3	5
4	Расчет характеристик надежности невосстанавливаемого оборудования	Расчет характеристик надежности невосстанавливаемых изделий при основном соединении элементов	2	2	-	3	7
		Расчет характеристик надежности невосстанавливаемых резервированных изделий. Общее резервирование с постоянно включенным резервом	2	-	-	3	5
		Общее резервирование замещением с целой кратностью. Общее резервирование с дробной кратностью и постоянно включенным. Скользящее резервирование.	2	-	-	3	5
5	Надежность восстанавливаемого оборудования	Критерии надежности восстанавливаемых изделий	2	2	-	3	7
		Общая характеристика методов расчета надежности ремонтируемых систем	2	-	-	3	5
		Особенности расчета резервированных систем	2		-	3	5
6	Техническая диагностика и эксплуатационная надежность.	Техническое диагностирование и эксплуатационная надежность изделия	2	2	-	3	7
		Расчеты эксплуатационных характеристик систем. Методы расчета. Назначение показателей долговечности. Расчет эксплуатационных параметров. Решение типовых примеров.	2		-	3	5
7	Физический подход к проблеме надежности	Особенности проблем надежности микронэлектронных изделий. Модели и механизмы отказов	2	2		3	7
		Механизмы отказов в системе металлизации. Электромиграция, Механизмы отказов контактных соединений	2		-	3	5
		Механизмы отказов МЭМС	2	2	-	3	7
Итого			36	18		54	108

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

5.3 Практические занятия

1. Оценка показателей надежности по результатам испытаний
2. Расчет точечных и интервальных оценок показателей надежности
3. Расчет показателей надежности системы при различных вариантах резервирования
4. Расчет характеристик надежности восстанавливаемого оборудования

5. Изучение стенда УНТИС для проведения испытаний
6. Изучение механизма деградации параметров КМОП СБИС, обусловленного электронными и ионными процессами. Методика ускоренных испытаний
7. Моделирование отказов, обусловленных эффектами туннелирования и захвата электронов в диэлектрике
8. Изучение механизма отказов МЭМС переключателей
9. Изучение механизма отказов МЭМС-акселерометров и гироскопов.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Учебным планом по дисциплине «Основы надежности технических систем» не предусмотрено выполнение курсового проекта (работы).

Учебным планом по дисциплине «Основы надежности технических систем» не предусмотрено выполнение контрольной работы (контрольных работ) в 4 семестре.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знает основы теории надежности технических систем	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	умеет осуществлять анализ и расчет надежности интегральных схем	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеет навыками в решении задач управления и оптимизации надежности интегральных схем	Решение прикладных задач в области надежности ИС	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-1	знает современные методы оценки надежности приборов и устройств микро- и наноэлектроники	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	умеет осуществлять анализ и	Решение	Выполнение ра-	Невыполнение ра-

	расчет надежности приборов и устройств микро- и наноэлектроники	стандартных практических задач	бот в срок, предусмотренный в рабочих программах	бот в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеет навыками в решении задач обеспечения надежности приборов и устройств микро- и наноэлектроники	Решение прикладных задач в области надежности ИС	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-3	знает нормативно-техническую документацию по процедуре проведения испытаний для подтверждения надежности изделий МСТ	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	умеет разрабатывать технологическую документацию для производства изделий МСТ	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеет методикой разработки документации в решении задач управления и оптимизации надежности интегральных схем	Решение прикладных задач в области надежности ИС	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения,

«зачет»;

«незачет»;

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Не удовл.
ОПК-1	знает основы теории надежности технических систем	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	умеет осуществлять анализ и расчет надежности интегральных схем	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	владеет навыками в решении задач управления и оптимизации надежности интегральных схем	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
ПКВ-1	знает современные методы оценки надежности приборов и устройств микро- и наноэлектроники	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	умеет осуществлять анализ и расчет надежности приборов и устройств микро- и наноэлектроники	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов

	владеет навыками в решении задач обеспечения надежности приборов и устройств микро- и нанoeлектроники	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
ПКВ-3	знает нормативно-техническую документацию по процедуре проведения испытаний для подтверждения надежности изделий МСТ	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	умеет разрабатывать технологическую документацию для производства изделий МСТ	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	владеет методикой разработки документации в решении задач управления и оптимизации надежности интегральных схем	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1	Надежность	<ol style="list-style-type: none"> 1. Свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции 2. Выполнение требуемых функций при значениях параметров в установленных пределах. 3. Способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и заданных условиях; 4. Способность выполнять требуемые функции в различные фазы жизни изделия: при рабочей эксплуатации, техническом обслуживании, ремонте, хранении и транспортировке. 5. Совокупность всех перечисленных свойств.
2	Показатели надежности невосстанавливаемых изделий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Интенсивность отказов $\lambda(t)$ 2. Среднее время наработки до отказа $T_{ср}$ 3. Частота отказов $a(t)$; 4. Среднее время наработки на отказ $T_{отк}$; 5. Параметр потока отказов $\omega(t)$. 6. Все
3	Показатели надежности восстанавливаемых изделий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Интенсивность отказов; 2. Среднее время наработки до отказа; 3. Частота отказов; 4. Среднее время наработки на отказ; 5. Параметр потока отказов 6. Все
4.	$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{N\Delta t}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Интенсивность отказов 2. Частота отказов 3. Параметр потока отказов 4. Необходимо уточнить величину N 5. Ни один из указанных параметров
5	$P(t) = \frac{N - N_0}{N}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вероятность безотказной работы 2. Вероятность отказа

		3. Интегральная функция распределения 4. Ни одно из указанных значений 5. Необходимо уточнить значение величин N и N_0
6	$Q(t) = \frac{N_0}{N}$	1. вероятность отказа 2. Вероятность безотказной работы 3. Интегральная функция распределения 4. Необходимо уточнить значение величин N и N_0 5. Ни одно из указанных значений
7	$T = \int_0^{\infty} P(t) dt;$	1. Среднее время наработки до отказа 2. Среднее время наработки на отказ
8	8. $S(t) = \frac{n_e}{N_{об}}$;	Вероятность восстановления $s(t)$. Определите вероятностный смысл этого параметра.
9	9. $M(t) = \frac{n_e(\Delta t)}{N_{всп}(\Delta t)}$;	Интенсивность восстановления $M(t)$. Определите вероятностный смысл этого параметра.
10	10. $T_e = \int_0^{\infty} (1 - S(t)) dt;$	Среднее время восстановления T_v . Определите вероятностный смысл этого параметра.
11	11. $T_d = \frac{\sum_{i=1}^{N_{CB}} t_{ib}}{N_{OB}}$	Статистическая оценка. $\sum_{i=1}^{N_{НА}} t_{ib}$ – сумма промежутков времени, затраченных на отбор и устранение отказов.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Задача 1

Испытания транзисторов производились по плану [$N=250, B, T=300$]. За время наработки T произошло $r=10$ отказов. Требуется произвести точечную оценку и определить нижнюю доверительную границу средней наработки до отказа при достоверности 95 % ($\alpha=0,05$), предполагая, показательное распределение наработки до отказа.

Задача 2

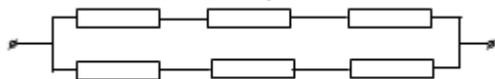
Испытания электронных приборов проводится по плану [$N=100, B, r=9$]. В результате испытаний зафиксированы моменты отказов $t_1=130$ ч, $t_2=280$ ч, $t_3=360$ ч, $t_4=370$ ч, $t_5=420$ ч, $t_6=510$ ч, $t_7=622$ ч, $t_8=679$ ч, $t_9=800$ ч. Требуется определить, с какой достоверностью можно утверждать, что нижняя доверительная граница средней наработки до отказа не будет меньше $m_{нн}=5000$ ч.

Задача 4

Цифровая вычислительная машина состоит из 1024 однотипных элементов и сконструирована так, что имеется вероятность заменить любую из отказавших ячеек. В составе ЗПП имеется 3 ячейки, каждая из которых может заменить любую ячейку. Требуется определить вероятность отказа и среднюю наработку до первого отказа в течение 1000 часов, если известно, что интенсивность отказов ячейки $\lambda=0,12 \cdot 10^{-6}$ 1/час.

Задача 5

Дана система, схема расчета надежности которой изображена на рисунке.



Необходимо найти вероятность безотказной работы системы при известных вероятностях безотказной работы ее элементов. $P=0,9$.

Задача 8

Объект имеет нормальное распределение наработки до отказа с параметрами $m_t=1200$ ч и $\sigma_t=250$ ч. Область возможных значений наработки до отказа $(0, \infty)$. В течение какой наработки $(0, t_i)$ объект будет функционировать с вероятностью безотказной работы не менее чем $P(t_i)=0,95$.

Задача 9

Объект имеет нормальное распределение наработки до отказа с параметрами $m_t=1200$ ч и $\sigma_t=250$ ч. Область возможных значений наработки до отказа $(0, \infty)$. Определить вероятность безотказной работы для $t=200$ ч.

Задача 10

Система состоит из 10 равно надежных элементов, средняя наработка до первого отказа T_{cp} элемента равна 1000 ч. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов системы и основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа T_{cp} с системы, а также частоту отказов и интенсивность отказов $\lambda_c(t)$ в момент времени $t=50$ ч в следующих случаях:

- нерезервированной системы,
- дублированной системы при постоянно включенном резерве.

Задача 11

Система состоит из 12600 элементов, средняя интенсивность отказов которых $\lambda_{cp}=0,32 \cdot 10^{-6}$ 1/час. Необходимо определить вероятность безотказной работы в течение $t=50$ час и среднюю наработку до отказа.

Задача 12

Система состоит из $N=5$ блоков. Надежность блоков характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t_1 , которая равна: $P_1(t)=0,98$, $P_2(t)=0,99$, $P_3(t)=0,97$, $P_4(t)=0,985$, $P_5(t)=0,975$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы.

Задача 13

Система состоит из трех блоков, средняя наработка до первого отказа которых равна $T_1=160$ ч, $T_2=320$ ч, $T_3=600$ ч. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа системы.

Задача 14

Система состоит из двух устройств, Вероятности безотказной работы каждого из них в течение времени $t=100$ ч, равны $P_1(100)=0,95$, $P_2(100)=0,97$. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

Задача 15

Схема расчета надежности показана на рис. 1. Интенсивность отказов элементов имеет следующие значения $\lambda_1=0,3 \cdot 10^{-3}$ 1/час, $\lambda_2=0,7 \cdot 10^{-3}$ 1/час. Необходимо определить вероятность безотказной работы изделия в течение времени $t=100$ час, среднюю наработку до первого отказа и интенсивность отказов в момент времени $t=100$ час.



Рис. 1

Задача 16

Предложено конструктором три варианта схем построения изделия, включающего два элемента. . Определить вероятность безотказной работы для $T=100$ час

- изделие нерезервировано и средние наработки до первого отказа элементов равны $T_1=T_2=300$ час.

б) один элемент дублируется путем постоянного включения резерва, а второй нерезервирован, причем средние наработки до первого отказа дублированного узла и нерезервированного элемента равны 300 час.

Задача 17

В результате опыта получен следующий вероятностный ряд времен исправной работы изделия в часах

2; 3; 3; 5; 6

7; 8; 8; 9; 9

13; 15; 16; 17; 18

20; 21; 25; 28; 35

37; 53; 56; 69; 77

86; 98; 119.

Требуется установить закон распределения времени безотказной работы.

Задача 18

Система состоит из 5 приборов, причем отказ любого одного из них ведет к отказу системы. Известно, что первый прибор отказал 34 раза в течение 952 час работы, а остальные приборы в течение 210 час работы отказали 4, 6 и 5 раз соответственно. Требуется определить наработку на отказ системы в целом, если справедлив экспоненциальный закон надежности для каждого из пяти приборов.

Задача 19

За наблюдаемый период эксплуатации в аппаратуре было зафиксировано 8 отказов. Время восстановления составило: $t_1=12$ мин, $t_2=23$ мин, $t_3=15$ мин, $t_4=9$ мин, $t_5=17$ мин, $t_6=28$ мин, $t_7=25$ мин, $t_8=31$ мин. Требуется определить среднее время восстановления аппаратуры.

Задача 20

В результате опыта получен следующий вариационный ряд времени безотказной работы изделия в часах

115, 232, 328, 368, 393

404, 421, 457, 483, 511

527, 540, 544, 572, 598

605, 619, 633, 660, 681

736, 791, 942.

Нужно определить закон распределения времени безотказной работы.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. На рис 1 представлена зависимость интенсивности отказов от времени.

Объясните этот график. С помощью каких функций распределения (рис 2) можно аппроксимировать эту зависимость на различных участках временной шкалы:

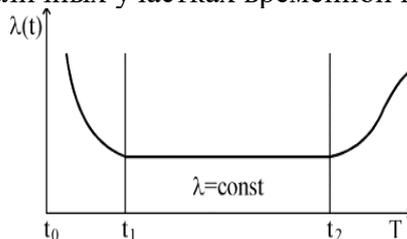


Рис 1

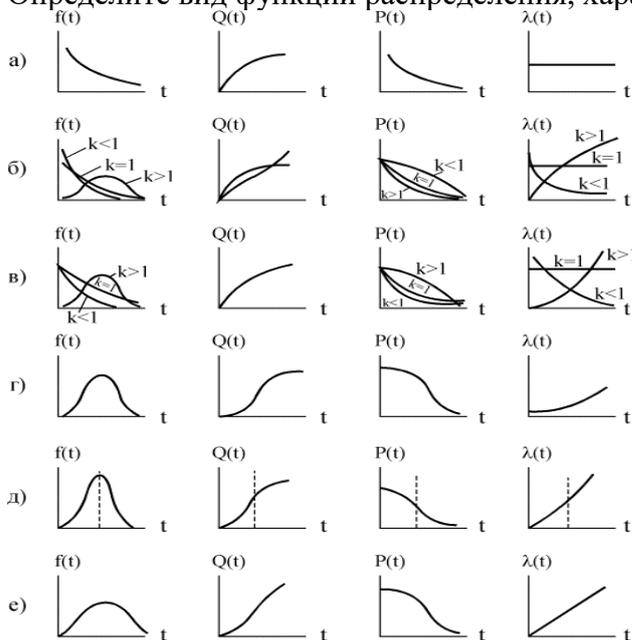
а) Экспоненциальное распределение

- б) Распределение Вейбулла
- в) Нормальное распределение.
- г) Усеченное нормальное распределение
- д) Распределение Релея
- е) γ -распределение.

2. На рис представлены основные функции распределения, характеризующие надежность невосстанавливаемых изделий

- а) Экспоненциальное распределение
- б) Распределение Вейбулла
- с) Нормальное распределение.
- д) Усеченное нормальное распределение
- е) Распределение Релея
- ф) γ -распределение.

Определите вид функции распределения, характеризующей износостойкие отказы.



3. Методы резервирования

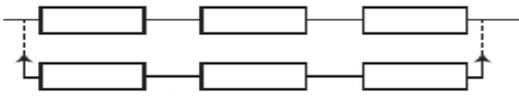
1. Назовите основные виды резервирования.
2. Объясните понятие структурное резервирование.
3. Объясните, что означает термин кратность резервирования m . Что означает резервирование с целой кратностью и резервирование с дробной кратностью.
4. На рис 1 представлена классификация способов структурного резервирования.



Приведите структурные схемы, соответствующие следующим способам резервирования:

- общее замещением с дробной кратностью;
- общее с постоянно включенным резервом;
- общее с постоянно включенным резервом с дробной кратностью
- общее замещением с целой кратностью.

5 На рис представлена схема резервирования. Определите какому виду резервирования соответствует схема



- а) общее замещением с целой кратностью. $m=1$.
- б) раздельное с постоянно включенным резервом, $m=1$
- в) раздельное с включением резерва замещением $m=1$
- г) резервирование мажоритарное

6. Определите какому виду резервирования соответствует схема



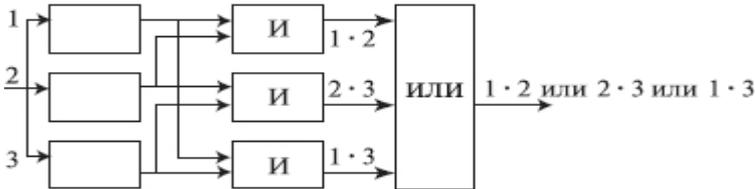
- а) общее замещением с целой кратностью. $m=1$.
- б) раздельное с постоянно включенным резервом, $m=1$
- в) раздельное с включением резерва замещением $m=1$
- г) резервирование мажоритарное

7. Определите какому виду резервирования соответствует представленная схема



- а) общее замещением с целой кратностью. $m=1$.
- б) раздельное с постоянно включенным резервом, $m=1$
- в) раздельное с включением резерва замещением $m=1$
- г) резервирование мажоритарное

8. Определите какому виду резервирования соответствует схема



- а) общее замещением с целой кратностью. $m=1$.
- б) раздельное с постоянно включенным резервом, $m=1$
- в) раздельное с включением резерва замещением $m=1$
- г) резервирование мажоритарное

9. При каком способе включения резервные элементы до момента включения в работу могут находиться в трех состояниях:

- нагруженном резерве;
- облегченном резерве;
- ненагруженном резерве.

- а) общее замещением с целой кратностью. $m=1$.
- б) раздельное с постоянно включенным резервом, $m=1$
- в) раздельное с включением резерва замещением $m=1$
- г) резервирование мажоритарное

10. Определите ускоряющие факторы коррозионных отказов в ИМС и МЭМС

- а) температура
- б) электрическое поле
- в) температура и электрическое поле
- г) температура, электрическое поле, влажность.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Контрольно-измерительное задание № 1

1. Основные понятия и определения в теории и практики надежности. Безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Понятие отказа. Внезапные и постепенные

отказы

2. Механизмы отказов в п/п приборах и ИС,
3. Испытания транзисторов производились по плану $[N=250, B, T=300]$. За время наработки T произошло $r=10$ отказов. Требуется произвести точечную оценку и определить нижнюю доверительную границу средней наработки до отказа при достоверности 95 % ($\alpha=0,05$), предполагая показательное распределение наработки до отказа.

Контрольно-измерительное задание № 2

1. Статистический подход к определению надежности. Критерии и количественные характеристики. Вероятность безотказной работы, среднее время безотказной работы, интенсивность отказов, среднее время наработки на отказ.
2. Механизмы отказов в полупроводниковых приборах и ИС.
3. Известны интенсивности отказов блоков системы управления $\lambda_1=2,0 \cdot 10^{-3}$ 1/час; $\lambda_2=1,0 \cdot 10^{-3}$ 1/час; $\lambda_3=5,0 \cdot 10^{-4}$ 1/час. Система управления выходит из строя при отказе любого из трех блоков. Рассчитать вероятность безотказной работы станции в течении наработки $t_i=75$ час и среднюю наработку до отказа.

Контрольно-измерительное задание № 3

1. Общая характеристика законов распределения времени безотказной работы — экспоненциальное распределение. Проверка согласованности теоретического распределения с экспериментальными данными
2. Механизмы отказов в п/п приборах и ИС,
3. Испытания электронных приборов проводится по плану $[N=100, B, r=9]$. В результате испытаний зафиксированы моменты отказов $t_1=130$ ч, $t_2=280$ ч, $t_3=360$ ч, $t_4=370$ ч, $t_5=420$ ч, $t_6=510$ ч, $t_7=622$ ч, $t_8=679$ ч, $t_9=800$ ч. Требуется определить, с какой достоверностью можно утверждать, что нижняя доверительная граница средней наработки до отказа не будет меньше $m_{\text{н}}=5000$ ч.

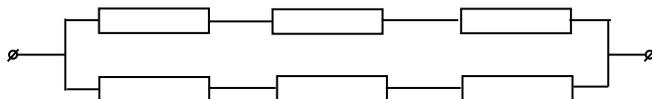
Контрольно-измерительное задание № 4

1. Общая характеристика законов распределения времени безотказной работы — нормальное распределение. Проверка согласованности теоретического распределения с экспериментальными данными
2. Механизмы отказов в п/п приборах и ИС,
3. Задача.

Цифровая вычислительная машина состоит из 1024 однотипных элементов и сконструирована так, что имеется вероятность заменить любую из отказавших ячеек. В составе ЗПП имеется 3 ячейки, каждая из которых может заменить любую ячейку. Требуется определить вероятность отказа и среднюю наработку до первого отказа в течение 1000 часов, если известно, что интенсивность отказов ячейки $\lambda=0,12 \cdot 10^{-6}$ 1/час.

Контрольно-измерительное задание № 5

1. Общая характеристика законов распределения времени безотказной работы — распределение Вейбулла. Проверка согласованности теоретического распределения с экспериментальными данными.
2. Механизмы отказов в п/п приборах и ИС,
3. Дана система, схема расчета надежности которой изображена на рисунке.



Необходимо найти вероятность безотказной работы системы при известных вероятностях безотказной работы ее элементов. $P=0,9$.

Контрольно-измерительное задание № 6

1. Оценка показателей надежности по данным об отказах. Определительные и контрольные испытания. Точечные и интервальные оценки.

2. Механизмы отказов в п/п приборах и ИС,

3. Испытание транзисторов производились по плану [$N=250$, B , $T=300$]. За время наработки T произошло 12 отказов. Требуется произвести точечную оценку и нижнюю доверительную границу средней наработки до отказа при достоверности 95 % (т.е. $\alpha=0,05$), предполагая показательное распределение наработки до отказа.

Контрольно-измерительное задание № 7

1. Статистическая оценка показателей надежности неремонтируемых изделий при определительных испытаниях. Статистический приемочный контроль надежности. Ошибки первого и второго рода. Оперативные характеристики.

2. Механизмы отказов в п/п приборах и ИС,

3. Вероятность безотказной работы преобразователя постоянного тока в переменный в течение $t=1000$ ч равна 0,95, т.е. $P(1000)=0,95$. Для повышения надежности системы снабжения на объекте имеется такой же преобразователь, который: а) может включаться в работу при отказе первого; б) включен постоянно.

Контрольно-измерительное задание № 8

1. Расчет характеристик надежности невосстанавливаемого оборудования.

Расчет характеристики надежности невосстанавливаемых изделий при основном соединении элементов. Примеры расчета.

2. Механизмы отказов в п/п приборах и ИС.

3. Объект имеет нормальное распределение наработки до отказа с параметрами $m_t=1200$ ч и $\sigma_t=250$ ч. Область возможных значений наработки до отказа $(0, \infty)$. В течение какой наработки $(0, t_i)$ объект будет функционировать с вероятностью безотказной работы не менее чем $P(t_i)=0,95$.

Контрольно-измерительное задание № 9

1. Расчет характеристики надежности невосстанавливаемых резервированных изделий. Классификация видов резервирования. Привести структурные схемы для следующих видов резервирования.

- Общее резервирование с постоянно включенным резервом и с целой кратностью.
- Раздельное резервирование с постоянно включенным резервом и с дробной кратностью.
- Общее резервирование замещением с целой кратностью.
- Раздельное резервирование замещением с целой кратностью.
- Общее резервирование с дробной кратностью и постоянно включенным резервом.
- Скользящее резервирование.

2. Механизмы отказов в п/п приборах и ИС.

3. Объект имеет нормальное распределение наработки до отказа с параметрами $m_t=1200$ ч и $\sigma_t=250$ ч. Область возможных значений наработки до отказа $(0, \infty)$. Определить вероятность безотказной работы для $t=200$ ч.

Контрольно-измерительное задание № 10

1. Расчет характеристики надежности невосстанавливаемых резервированных изделий. Классификация видов резервирования.

2. Механизмы отказов больших интегральных схем.

3. Система состоит из 10 равно надежных элементов, средняя наработка до первого отказа T_{cp} элемента равна 1000 ч. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов системы и основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа T_{cp} системы, а также частоту отказов и интенсивность отказов $\lambda_c(t)$ в момент времени $t=50$ ч в следующих случаях:

- а) нерезервированной системы,
- б) дублированной системы при постоянно включенном резерве.

Контрольно-измерительное задание № 11

1. Расчет характеристики надежности невосстанавливаемых резервированных изделий. Классификация видов резервирования. Общее резервирование с постоянно включенным резервом и с целой кратностью. Раздельное резервирование с постоянно включенным резервом и с дробной кратностью. Общее резервирование замещением с целой кратностью. Раздельное резервирование замещением с целой кратностью. Общее резервирование с дробной кратностью и постоянно включенным резервом. Скользящее резервирование.

2. Механизмы отказов интегральных схем.

3. Система состоит из 12600 элементов, средняя интенсивность отказов которых $\lambda_{cp}=0,32 \cdot 10^{-6}$ 1/час. Необходимо определить вероятность безотказной работы в течение $t=50$ час и среднюю наработку до отказа.

Контрольно-измерительное задание № 12

1. Надежность восстанавливаемого оборудования. Критерии надежности восстанавливаемого оборудования. Параметр потока отказов. Классификация случайных потоков.

2. Механизмы отказов БИС.

3. Система состоит из $N=5$ блоков. Надежность блоков характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $P_1(t)=0,98$, $P_2(t)=0,99$, $P_3(t)=0,97$, $P_4(t)=0,985$, $P_5(t)=0,975$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы.

Контрольно-измерительное задание № 13

1. Общая характеристика методов расчета надежности ремонтируемых систем.

2. Механизмы отказов БИС.

3. Система состоит из трех блоков, средняя наработка до первого отказа которых равна $T_1=160$ ч, $T_2=320$ ч, $T_3=600$ ч. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа системы.

Контрольно-измерительное задание № 14

1. Общая характеристика методов расчета надежности ремонтируемых систем.

2. Механизмы отказов БИС.

3. Система состоит из двух устройств, Вероятности безотказной работы каждого из них в течение времени $t=100$ ч, равны $P_1(100)=0,95$, $P_2(100)=0,97$. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

Контрольно-измерительное задание № 15

1. Техническое диагностирование и эксплуатационная надежность оборудования.

2. Механизмы отказов БИС.

3. Схема расчета надежности показана на рис.1. Интенсивность отказов элементов имеет следующие значения $\lambda_1=0,3 \cdot 10^{-3}$ 1/час, $\lambda_2=0,7 \cdot 10^{-3}$ 1/час, $\lambda_3=0,5 \cdot 10^{-3}$ 1/час. Необходимо определить вероятность безотказной работы изделия в течение времени $t=100$ час, среднюю наработку до первого отказа и интенсивность отказов в момент времени $t=100$ час.

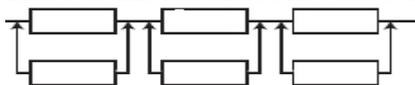


Рис.1

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену. Не предусмотрен учебным планом

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 5 баллами, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 12 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 13 до 15 баллов.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 18 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 19 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ОПК-1, ПКВ-1, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
2	Основные понятия и определения в теории надежности	ОПК-1, ПКВ-1, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
3	Статистический подход к определению надежности. Критерии и количественные характеристики	ОПК-1, ПКВ-1, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
4	Расчет характеристик надежности невосстанавливаемого оборудования	ОПК-1, ПКВ-1, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос.
5	Расчет характеристик надежности восстанавливаемого оборудования.	ОПК-1, ПКВ-1, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
6	Надежность восстанавливаемого оборудования	ОПК-1, ПКВ-1, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
7	Техническая диагностика и эксплуатационная надежность.	ОПК-1, ПКВ-1, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос
8	Физический подход к проблеме надежности	ОПК-1, ПКВ-1, ПКВ-3	Тест, зачет, устный опрос

7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления

оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб.: БХВ-Петербург.-2006 - 700с.

2. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности практикум / А.М. Половко, С.В. Гуров.- СПб.: БХВ-Петербург.-2006 - 657с.

3. Дружинин Г.В. Теория надежности радиоэлектронных систем в примерах и задачах / Под ред. Дружинина Г.В. М.: Энергия, 1976. - 447 с.

4. Дорохов А.Н. Обеспечение надежности сложных технических систем / А.Н. Дорохов, В.А. Керножицкий, А.Н. Миронов, О.Л. Шестопапов. — СПб.: Лань, 2011. - 352 с.

5. «Основы теории надежности»: Методические указания к лабораторным работам студентов специальности 210107 «Электронное машиностроение» / ФГБОУ «Воронеж. гос. техн. ун-т.»; сост.: С.А. Акулинин, С.А. Минаков, И.С. Проскурина.– Воронеж, Воронежский государственный технический университет, 2004.– 31с.

6. Акулинин С.А., Основы теории надежности. Учебное пособие, / С.А. Акулинин, С.А. Минаков, И.С. Проскурина — Воронеж, Воронежский государственный технический университет, 2007.– магн. нос.

7. Акулинин С.А. Физика деградационных процессов в компонентах субмикронных МОП-СБИС: Учеб пособие / С.А. Акулинин, С.А. Минаков, И.С. Проскурина – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2004. – 84 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Системы компьютерной математики MathCAD, MatLab

2. Программный комплекс Electronics Workbench.

3. Надежность и диагностика MSSE [Электронный ресурс] режим доступа: http://msse.umi.rumetody_i_oborudovanie

4. Reliability Handbook UG-311 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.analog.com/en/index.html>

5. РНИИ Электронстандарт [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.elstandart.spb.ru/ru/13-sertifikatsiya.html>

6. Microelectronics Reliability: Physics-of-Failure Based Modeling and Lifetime Evaluation [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pdfs.semanticscholar.org/735b/c9495228488aea6cf1b0ace0e0aa4a33d158.pdf>

7. Shuen-Lin Jeng, A Review of Reliability Research on Nanotechnology / Shuen-Lin Jeng, Jye-Chyi Lu, and Kaibo Wang // IEEE Transactions on Reliability, Vol. 56, NO. 3, p. 1345-1352, SEPTEMBER 2007.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1	Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой 209/4
9.2	Учебные лаборатории: Автоматизации технологического оборудования электроники 214/4
9.3	Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума – 215/4

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физические основы надежности интегральных схем» читаются лекции, проводятся практические занятия. Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение навыков расчета показателей надежности технических устройств на базе элементов микроэлектроники и микросистемной техники.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой отчетов по лабораторным работам и в процессе сдачи лабораторных работ. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Подготовка к дифференцированному зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата вне- сения из- менений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			