

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физические основы надежности изделий твердотельной электроники**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Твердотельная электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2018 года

**Распределение рабочего времени**

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	8	8	часов
3	Всего аудиторных занятий	28	28	часов
4	Из них в интерактивной форме	8	8	часов
5	Всего контактной работы	0	0	часов
6	Самостоятельная работа	80	80	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е.

Зачет: 3 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол №\_\_\_\_\_.

Разработчики:

доцент каф. ФЭ

\_\_\_\_\_ И. А. Чистоедова

профессор кафедры ФЭ

\_\_\_\_\_ С. В. Смирнов

Заведующий обеспечивающей каф.  
ФЭ

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ

\_\_\_\_\_ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.  
ФЭ

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Эксперты:

Доцент кафедры физической электроники (ФЭ)

\_\_\_\_\_ И. А. Чистоедова

Профессор кафедры физической электроники (ФЭ)

\_\_\_\_\_ Т. И. Данилина

## **1. Цели и задачи дисциплины**

### **1.1. Цели дисциплины**

Целью изучения дисциплины является освоение студентами методов оценки надежности изделий твердотельной электроники и анализа основных физико-химических процессов, приводящих к отказам разрабатываемых изделий.

### **1.2. Задачи дисциплины**

- изучение основ теории надежности изделий электронной техники;
- развитие способностей по разработке и использованию методов оценки надежности изделий;
- овладение современными методами испытаний на надежность, с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;
- совершенствование умений и навыков самостоятельной научно-производственной деятельности, овладение умениями планирования и обработки результатов испытаний в виде протоколов и отчетов.
- 

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Физические основы надежности изделий твердотельной электроники» (Б1.В.ДВ.3.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники, Гетероструктурные полупроводниковые приборы, Приборно-технологическое моделирование.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты, Проектирование и технология электронной компонентной базы.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-3 готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени;
- ПК-4 способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;
- ПК-5 способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** основные положения теории надежности изделий твердотельной электроники; основные физические принципы, положенные в основу того или иного метода; представление о современном состоянии методов испытаний изделий твердотельной электроники на надежность; нормативные документы (государственные отраслевые стандарты), методы проведения испытаний на надежность и долговечность;
- **уметь** провести оценку надежности и долговечности как отдельных элементов, так и устройств твердотельной электроники в целом; планировать эксперимент и осуществлять выборочный контроль, обрабатывать результаты эксперимента, оформлять результаты в виде отчетов и публикаций
- **владеть** методами измерения параметров изделий электронной техники, типовыми методиками испытания, навыками работы на испытательном оборудовании, практическими навыками по анализу причин отказов изделий твердотельной электроники.

## **4. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	28	28
Контактная работа (всего)		
Лекции	20	20
Практические занятия	8	8
Из них в интерактивной форме	8	8
Самостоятельная работа (всего)	80	80
Выполнение расчетных работ	57	57
Подготовка к контрольным работам	11	11
Проработка лекционного материала	6	6
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	6
Всего (без экзамена)	108	108
Общая трудоемкость, ч	108	108
Зачетные Единицы	3.0	3.0

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр					
1 Основы теории надежности изделий электронной техники. Методы испытаний на надежность и методы расчетов надежности.	2	1	4	7	ПК-3, ПК-4, ПК-5
2 Физико-химические причины появления катастрофических отказов изделий твердотельной электроники	4	1	14	19	ПК-3, ПК-4, ПК-5
3 Деградация электрических и оптических параметров изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации	4	2	24	30	ПК-3, ПК-4, ПК-5
4 Микромеханика разрушения изделий твердотельной электроники	4	1	13	18	ПК-3, ПК-4, ПК-5
5 Радиационная стойкость изделий твердотельной электроники	4	1	14	19	ПК-3, ПК-4, ПК-5
6 Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем	2	2	11	15	ПК-3, ПК-4, ПК-5

Итого за семестр	20	8	80	108	
Итого	20	8	80	108	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Основы теории надежности изделий электронной техники. Методы испытаний на надежность и методы расчетов надежности.	Математическая теория надежности. Статистические методы оценки надежности. Стороны надежности: безотказность, работоспособность, долговечность, сохраняемость, живучесть изделий. Виды надежности. Отказы. Количественные показатели надежности. Планирование испытаний. Выборочные и ускоренные испытания. Испытания изделий на устойчивость к спецвоздействиям. Гарантийные обязательства поставщика изделий. Служба надежности в научно-исследовательских организациях и промышленных предприятиях. Расчет надежности отдельных изделий и систем.	2	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
2 Физико-химические причины появления катастрофических отказов изделий твердотельной электроники	Виды отказов. Основные физико-химические процессы в изделиях твердотельной электроники, обуславливающие срок службы и работоспособность.	4	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	4	
3 Деграация электрических и оптических параметров изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации	Диффузия и электродиффузия в тонкопленочных и полупроводниковых структурах. Дефекты: условия их образования, кластеризация и последующая трансформация. Вклад дефектов в процессы деградации изделий.	4	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	4	
4 Микромеханика разрушения изделий твердотельной электроники	Современные теории разрушения. Медленный рост трещин. Механогидролитические механизмы разрушения материалов. Фрагментация структуры материалов в процессе разрушения. Способы повышения устойчивости изделий к разрушению. Механические напряжения в конструкционных элементах.	4	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	4	
5 Радиационная стойкость изделий твердотельной электроники	Основные виды радиационных воздействий и источники излучений. Космические радиационные воздействия. Радиационные дефекты в конструкционных материалах. Методы испытаний изделий на радиационную устойчивость. Методы расчета	4	ПК-3, ПК-4, ПК-5

	радиационной стойкости.		
	Итого	4	
6 Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем	Методы обеспечения высокой надежности изделий твердотельной электроники. Прогнозирование надежности. Создание новых материалов и изделий.	2	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		20	

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин					
	1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины						
1 Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники			+	+	+	
2 Гетероструктурные полупроводниковые приборы		+	+	+	+	
3 Приборно-технологическое моделирование	+		+	+		+
Последующие дисциплины						
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты	+	+	+	+	+	+
2 Проектирование и технология электронной компонентной базы	+	+	+		+	+

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-3	+	+	+	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-4	+	+	+	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию

ПК-5	+	+	+	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Отчет по практическому занятию
------	---	---	---	---

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Методы	Интерактивные практические занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
3 семестр			
Исследовательский метод	2		2
Решение ситуационных задач		6	6
Итого за семестр:	2	6	8
Итого	2	6	8

## 7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Основы теории надежности изделий электронной техники. Методы испытаний на надежность и методы расчетов надежности.	Законы распределения случайных величин. Показатели надежности изделий микроэлектроники	1	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	1	
2 Физико-химические причины появления катастрофических отказов изделий твердотельной электроники	Процессы деградации элементов изделий микроэлектроники	1	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	1	
3 Деградация электрических и оптических параметров изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации	Методы планирования испытаний изделий микроэлектроники на надежность	2	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
4 Микромеханика разрушения изделий твердотельной электроники	Ускоренные испытания на долговечность	1	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	1	

5 Радиационная стойкость изделий твердотельной электроники	Методы расчета надежности устройств микроэлектроники	1	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	1	
6 Проектирование и обеспечение высокой надежности	Прогнозирование надежности изделий микроэлектроники	2	ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Основы теории надежности изделий электронной техники. Методы испытаний на надежность и методы расчетов надежности.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-3, ПК-4, ПК-5	Контрольная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	4		
2 Физико-химические причины появления катастрофических отказов изделий твердотельной электроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-3, ПК-4, ПК-5	Контрольная работа, Расчетная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Выполнение расчетных работ	10		
	Итого	14		
3 Дегradация электрических и оптических параметров изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-3, ПК-4, ПК-5	Контрольная работа, Отчет по практическому занятию, Расчетная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		



	Выполнение расчетных работ	20		
	Итого	24		
4 Микромеханика разрушения изделий твердотельной электроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-3, ПК-4, ПК-5	Контрольная работа, Отчет по практическому занятию, Расчетная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Выполнение расчетных работ	10		
	Итого	13		
5 Радиационная стойкость изделий твердотельной электроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-3, ПК-4, ПК-5	Контрольная работа, Отчет по практическому занятию, Расчетная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Выполнение расчетных работ	10		
	Итого	14		
6 Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-3, ПК-4, ПК-5	Контрольная работа, Отчет по практическому занятию, Расчетная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Выполнение расчетных работ	7		
	Итого	11		
Итого за семестр		80		
Итого		80		

#### 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

#### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

##### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – 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
3 семестр				

Контрольная работа		10	10	20
Опрос на занятиях	2	2	2	6
Отчет по практическому занятию	10	10	14	34
Расчетная работа			20	20
Тест		10	10	20
Итого максимум за период	12	32	56	100
Нарастающим итогом	12	44	100	100

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
$\geq 90\%$ от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
$< 60\%$ от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монокристаллических интегральных схем: Учебное пособие / Смирнов С. В. - 2010. 115 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/535> (дата обращения: 23.06.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Аполлонский, С.М. Надежность и эффективность электрических аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.М. Аполлонский, Ю.В. Куклев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2034>. — Загл. с экрана. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/2034/#3> (дата обращения: 23.06.2018).

2. Дорохов, А.Н. Обеспечение надежности сложных технических систем [Электронный ресурс] : учебник / А.Н. Дорохов, В.А. Керножицкий, А.Н. Миронов, О.Л. Шестопалова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93594>. — Загл. с экрана. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/93594/#1> (дата обращения: 23.06.2018).

### **12.3. Учебно-методические пособия**

#### **12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Смирнов С.В. Физические основы надежности изделий твердотельной электроники: учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 59 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii\\_kompleks%20disciplin/Smirnov/FON\\_pract.pdf](http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Smirnov/FON_pract.pdf) (дата обращения: 23.06.2018).

#### **12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

#### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

**Учебная аудитория**

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 224 ауд.

**Описание имеющегося оборудования:**

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

### **13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### **14.1.1. Тестовые задания**

1. Что такое надежность изделия
  - а Качество изделия
  - б Дизайн изделия
  - в. Свойство изделия
  - г Состояние изделия
2. Что такое отказ изделия
  - а изменение параметров изделия
  - б нарушение работоспособности изделия
  - в изменение условий эксплуатации изделия

- г электрические испытания изделия
- 3. Что такое работоспособность изделия
  - а готовность изделия к использованию
  - б способность изделия выполнять заданные функции
  - в состояние изделия после испытаний
  - г утрата основных параметров
- 4. Что такое долговечность изделия
  - а износ изделия
  - б сохранение работоспособности до износа
  - в способность выдерживать нагрузки
  - г сохранение надежности
- 5. Что такое сохраняемость изделия
  - а условия хранения изделия
  - б способность изделия к транспортировке
  - в свойство сохранять работоспособность в течении хранения и после хранения
  - г упаковка изделия в герметичную тару
- 6. Что такое вероятность отказа изделия  $Q(t)$ 
  - а вероятность того, что в отказ возникает в заданных пределах времени
  - б Вероятность того, что в заданное время отказ не возникает
  - в вероятность того, что изделие работоспособно
  - г вероятность наработки изделием заданного времени
- 7. Что такое интенсивность отказов  $\lambda(t)$ 
  - а количество отказов
  - б скорость отказов
  - в число отказов в единицу времени в некотором интервале
  - г суммарное число отказов изделия
- 8. Основной закон надежности
  - а  $\lambda(t) = \text{const}$
  - б  $\lambda(t) = Q(t)t$
  - в  $1 - Q(t) = \exp(-\lambda t)$
  - г  $1 + Q(t) = \lambda t$
- 9. Гамма-процентная наработка до отказа
  - а Суммарная наработка изделия
  - б наработка изделия на отказ
  - в наработка, в течении которой отказ не возникает с некоторой вероятностью
  - г процентная наработка на отказ
- 10. Что за единица Фит
  - а Время работы изделия
  - б время хранения изделия
  - в количество отказов за  $10^9$  часа
  - г количество отказов за  $10^5$  часов
- 11. Какой математический закон положен в основу ускоренных испытаний
  - а закон нормального распределения
  - б закон Гаусса
  - в закон Мура
  - г закон Аррениуса
- 12. Наиболее распространенный метод ускорения испытаний
  - а метод повышенного тока
  - б метод повышенной температуры
  - в метод повышенного напряжения
  - г метод повышенного давления
- 13. Что такое правило 10 С при ускоренных испытаниях приборов
  - а предельная температура испытаний
  - б увеличение коэффициента ускорения в 2 раза

- в замедление испытаний в 2 раза
- г величина температурного интервала при испытаниях
- 14. Какой метод используется для определения энергии активации
- а метод токовой нагрузки
- б метод ступенчатой электротемотренировки
- в статистический метод
- г расчетный метод
- 15. Что такое граничные испытания
- а определение режимов испытаний
- б определение времени испытаний
- в определение предельно-допустимых параметров изделий
- г определение условий эксплуатации изделий
- 16. Что такое определительные испытания
- а определение количественных показателей надежности
- б определение качественных показателей надежности
- в определение режимов испытаний
- г определение ресурса работы
- 17. Что такое случайная выборка изделий
- а выборка изделий с заданными параметрами
- б выборка изделий для испытаний
- в отбор изделий из генеральной совокупности
- г выборка качественных изделий
- 18. Основной механизм деградации омических контактов ИС
- а механические нагрузки
- б диффузия
- в коррозия
- г пробой
- 19. Что такое электродиффузия в электрическом поле
- а перемещение электронов
- б перемещение дырок
- в перемещение ионов
- г перемещение электрического контакта
- 20. Что такое самодиффузия в кремниевых полупроводниковых приборах
- а Диффузия атомов Si в Si
- б диффузия примеси P в Si
- в диффузия B в Si
- г диффузия Al в Si

#### **14.1.2. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам**

Законы распределения случайных величин. Показатели надежности изделий микроэлектроники

- Процессы деградации элементов изделий микроэлектроники
- Методы планирования испытаний изделий микроэлектроники на надежность
- Ускоренные испытания на долговечность
- Методы расчета надежности устройств микроэлектроники
- Прогнозирование надежности изделий микроэлектроники

#### **14.1.3. Темы контрольных работ**

Варианты заданий для самостоятельной работы, в т. ч. контрольной работы приведены в учебно-методических указаниях (п.12.3.1)

Вариант 1

1. Определить вероятность того, что за время  $t = 100$  ч произойдет 0 – 3 отказа, если  $\lambda = 0,025$  (закон Пуассона)

2. Необходимо определить температуру, при которой коэффициент ускорения испытаний на долговечность кремниевой интегральной схемы равен 10. Считать, что основным механизмом деградации схемы является диффузия кислорода в кристалл (приложение 7).

3. Микроэлектронное изделие содержит 500 кремниевых цифровых интегральных схем, 100 керамических конденсаторов, 10 электролитических конденсаторов, 100 резисторов. Рассчитайте интенсивность отказов изделия для гамма-процентного ресурса 0,8.

**Вариант 2**

1. В выборке объемом  $n = 100$  шт не обнаружено дефектных изделий. Требуется определить с двухсторонней достоверностью  $P^* = 0,9$  число дефектных изделий в партии, из которой взята данная выборка (приложение 5).

2. С использованием MIL-HDBK-217 рассчитать интенсивность отказов цифровой интегральной схемы общего применения.

3. Определить коэффициент готовности изделия  $K_g$ , среднюю наработку на отказ  $T_0$  и среднее время восстановления  $T_v$  изделия с постоянным нагруженным резервированием, если  $T_{01}=T_{02}=100$  ч;  $T_{v1}=T_{v2}=0,5$  ч.

**Вариант 3**

1. Задано  $P_1 = 0,9$  на 500 ч при  $\beta = 0,1$ . Необходимо построить план контроля (приложение 6).

2. Рассчитать среднюю наработку на отказ из-за обрыва металлизации, вызванной электродиффузией для крупно-структурного алюминиевого проводника толщиной 1 мкм, шириной 100 мкм, через который протекает ток 10 А. Коэффициент формы  $K$  и показатель степени равны 1. Температура 325 К.

3. Определите коэффициент ускорения испытаний на долговечность кремниевого полупроводникового выпрямительного диода с номинальной мощностью рассеяния 1 Вт и тепловым сопротивлением корпус–окружающая среда 20 °С/Вт. Ускоряющий фактор – увеличение мощности рассеяния диода на 25%. Испытания

проводятся при температуре +85 °С.

#### **14.1.4. Темы опросов на занятиях**

Математическая теория надежности. Статистические методы оценки надежности. Стороны надежности: безотказность, работоспособность, долговечность, сохраняемость, живучесть изделий. Виды надежности. Отказы. Количественные показатели надежности. Планирование испытаний. Выборочные и ускоренные испытания. Испытания изделий на устойчивость к спецвоздействиям. Гарантийные обязательства поставщика изделий. Служба надежности в научно-исследовательских организациях и промышленных предприятиях. Расчет надежности отдельных изделий и систем.

Виды отказов. Основные физико-химические процессы в изделиях твердотельной электроники, обуславливающие срок службы и работоспособность.

Диффузия и электродиффузия в тонкопленочных и полупроводниковых структурах. Дефекты: условия их образования, кластеризация и последующая трансформация. Вклад дефектов в процессы деградации изделий.

Современные теории разрушения. Медленный рост трещин. Механогидролитические механизмы разрушения материалов. Фрагментация структуры материалов в процессе разрушения. Способы повышения устойчивости изделий к разрушению. Механические напряжения в конструктивных элементах.

Основные виды радиационных воздействий и источники излучений. Космические радиационные воздействия. Радиационные дефекты в конструктивных материалах. Методы испытаний изделий на радиационную устойчивость. Методы расчета радиационной стойкости.

Методы обеспечения высокой надежности изделий твердотельной электроники. Прогнозирование надежности. Создание новых материалов и изделий.

#### **14.1.5. Темы расчетных работ**

Варианты расчетного задания приведены в учебно-методическом пособии п.12.3.1

**Вариант 1**

По структурной схеме надежности технической системы в соответствии с вариантом задания, требуемому значению вероятности безотказной работы системы  $\gamma$  и значениям интенсивностей отказов ее элементов  $\gamma$  (УМП п.12.стр. 30) требуется:

1. Построить график изменения вероятности безотказной работы системы от времени наработки в диапазоне снижения вероятности до уровня 0,1 – 0,2.

2. Определить  $\gamma$ -процентную наработку технической системы.
3. Обеспечить увеличение  $\gamma$ -процентной наработки не менее, чем в 1,5 раза за счет:
  - а) повышения надежности элементов;
  - б) структурного резервирования элементов системы.

Все элементы системы работают в режиме нормальной эксплуатации (простейший поток отказов). Резервирование отдельных элементов или групп элементов осуществляется идентичными по надежности резервными элементами или группами элементов. Переключатели при резервировании считаются идеальными.

#### 14.1.6. Зачёт

1. Прикладные вопросы надежности изделий твердотельной электроники.
2. Математическая теория надежности.
3. Статистические методы оценки надежности.
4. Стороны надежности: безотказность, работоспособность, долговечность, сохраняемость, живучесть изделий.
5. Виды надежности. Отказы.
6. Количественные показатели надежности.
7. Методы испытаний на надежность.
8. Планирование испытаний.
9. Выборочные и ускоренные испытания.
10. Испытания изделий на устойчивость к спецвоздействиям.
11. Гарантийные обязательства поставщика изделий.
12. Служба надежности в научно-исследовательских организациях и промышленных предприятиях.
13. Расчет надежности отдельных изделий и систем.
14. Дegradaция изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации и испытаний.
15. Радиационная стойкость изделий.
16. Основные виды радиационных воздействий и источники излучений.
17. Космические радиационные воздействия.
18. Радиационные дефекты в конструкционных материалах.
19. Методы испытаний изделий на радиационную устойчивость.
20. Методы расчета радиационной стойкости.
21. Методы обеспечения высокой надежности изделий твердотельной электроники.
22. Прогнозирование надежности

#### 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные	Преимущественно дистанционными методами



двигательного аппарата	самостоятельные работы, вопросы к зачету	
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### **14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.