МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

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: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	72	72	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	2

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 72689

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Освоение студентами методов оценки надежности изделий твердотельной электроники и анализа основных физико-химических процессов, приводящих к отказам разрабатываемых изделий.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основ теории надежности изделий электронной техники.
2. Развитие способностей по разработке и использованию методов оценки надежности изделий.
3. Овладение современными методами испытаний на надежность, с использованием современных информационно-коммуникационных технологий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.02.01.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
ПК-8. Готов 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-8.1. Знает принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов	Знает принципы планирования эксперимента на надежность и долговечность изделий твердотельной электроники на основе информационно-измерительных комплексов
	ПК-8.2. Умеет планировать экспериментальные работы	Умеет составлять план экспериментальных работ и применять методы автоматизации эксперимента
	ПК-8.3. Владеет навыками постановки и проведения эксперимента	Владеет практическими навыками планирования, постановки и проведения экспериментальных работ

Согласована на портале № 72689

ПК-9. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	ПК-9.1. Знает методы и оборудование при выполнении экспериментальных работ	Знает методы проведения испытаний на надежность и долговечность
	ПК-9.2. Умеет планировать экспериментальные работы с применением современных средств и методов	Умеет планировать эксперимент и осуществлять выборочный контроль
	ПК-9.3. Владеет навыками организации и постановки экспериментальных работ	Владеет навыками навыками организации и постановки экспериментальных работ на испытательном оборудовании
ПК-10. Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	ПК-10.1. Знает предмет и проблематику областей научных исследований	Знает проблематику надежности и долговечности изделий твердотельной электроники
	ПК-10.2. Умеет делать научно-обоснованные выводы по результатам исследований	Умеет делать научно-обоснованные выводы по результатам экспериментальных исследований на основе анализа отечественного и зарубежного опыта
	ПК-10.3. Владеет методиками теоретического и экспериментального анализа для решения практических задач в предметной области	Владеет методиками теоретического и экспериментального анализа по результатам исследований изделий электронной техники на надежность и долговечность

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	72	72
Подготовка к зачету	18	18
Подготовка к контрольной работе	10	10
Подготовка к тестированию	12	12
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	32	32
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Согласована на портале № 72689

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр					
1 Основы теории надежности изделий электронной техники. Методы испытаний на надежность и методы расчетов надежности	4	4	12	20	ПК-10, ПК-8, ПК-9
2 Физико-химические причины появления катастрофических отказов изделий твердотельной электроники	2	2	12	16	ПК-10, ПК-8, ПК-9
3 Деградация электрических и оптических параметров изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации	2	2	9	13	ПК-10, ПК-8, ПК-9
4 Микромеханика разрушения изделий твердотельной электроники	4	2	9	15	ПК-10, ПК-8, ПК-9
5 Радиационная стойкость изделий твердотельной электроники	3	4	13	20	ПК-10, ПК-8, ПК-9
6 Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем	3	4	17	24	ПК-10, ПК-8, ПК-9
Итого за семестр	18	18	72	108	
Итого	18	18	72	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
2 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.	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	4	

Согласована на портале № 72689

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.	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	2	
3 Деградация 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.	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	2	
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-8, ПК-9, ПК-10
	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 радиационной стойкости.	3	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	3	
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.	3	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	3	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			

Согласована на портале № 72689

1 Основы теории надежности изделий электронной техники. Методы испытаний на надежность и методы расчетов надежности	Законы распределения случайных величин	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Показатели надежности изделий микроэлектроники	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
2 Физико-химические причины появления катастрофических отказов изделий твердотельной электроники	Процессы деградации элементов изделий микроэлектроники	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	2	
3 Деградация электрических и оптических параметров изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации	Методы планирования испытаний изделий микроэлектроники на надежность	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	2	
4 Микромеханика разрушения изделий твердотельной электроники	Ускоренные испытания на долговечность	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	2	
5 Радиационная стойкость изделий твердотельной электроники	Методы расчета надежности устройств микроэлектроники	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
6 Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем	Прогнозирование надежности изделий микроэлектроники	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
2 семестр				

Согласована на портале № 72689

1 Основы теории надежности изделий электронной техники. Методы испытаний на надежность и методы расчетов надежности	Подготовка к зачету	3	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	3	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	12		
2 Физико-химические причины появления катастрофических отказов изделий твердотельной электроники	Подготовка к зачету	3	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	3	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	12		
3 Деградация электрических и оптических параметров изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации	Подготовка к зачету	3	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	9		
4 Микромеханика разрушения изделий твердотельной электроники	Подготовка к зачету	3	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	9		
5 Радиационная стойкость изделий твердотельной электроники	Подготовка к зачету	3	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	8	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	13		

Согласована на портале № 72689

6 Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем	Подготовка к зачету	3	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	8	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	17		
Итого за семестр		72		
Итого		72		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-8	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование
ПК-9	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование
ПК-10	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
2 семестр				
Зачёт	0	0	30	30
Контрольная работа	10	0	10	20
Тестирование	5	10	5	20
Отчет по практическому занятию (семинару)	10	10	10	30

Согласована на портале № 72689

Итого максимум за период	25	20	55	100
Нарастающим итогом	25	45	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Аполлонский, С. М. Надежность и эффективность электрических аппаратов : учебное пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1130-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/2034.

7.2. Дополнительная литература

1. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем: Учебное пособие / С. В. Смирнов - 2010. 115 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/535.

2. Обеспечение надежности сложных технических систем : учебник / А. Н. Дорохов, В. А. Керножицкий, А. Н. Миронов, О. Л. Шестопалова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1108-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93594.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

Согласована на портале № 72689

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, 2019. – 59 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/254412e5ce44/f/Смирнов_СВ_-_ФОНИТЭ.pdf.

7.3.2. 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.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. 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, 117 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка совмещения и экспонирования ЩА-310;
- Установка для нанесения фоторезиста;
- Электронный микроскоп УЭМВ-100К;
- Дистиллятор воды;
- Лабораторное оборудование и приборы: микроскоп МБС-9, микроскоп стерео МС-1, микроинтерферометр МИИ-4, химическая посуда, реактивы;
- Учебная доска;
- Проектор Benq;
- Ноутбук ASUS;
- Экран для проектора;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Согласована на портале № 72689

8.3. 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, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

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

8.4. 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 зрения** 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.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)

Согласована на портале № 72689

1 Основы теории надежности изделий электронной техники. Методы испытаний на надежность и методы расчетов надежности	ПК-10, ПК-8, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
2 Физико-химические причины появления катастрофических отказов изделий твердотельной электроники	ПК-10, ПК-8, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
3 Деградация электрических и оптических параметров изделий твердотельной электроники в процессе эксплуатации	ПК-10, ПК-8, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
4 Микромеханика разрушения изделий твердотельной электроники	ПК-10, ПК-8, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
5 Радиационная стойкость изделий твердотельной электроники	ПК-10, ПК-8, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Согласована на портале № 72689

6 Проектирование и обеспечение высокой надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем	ПК-10, ПК-8, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.

Согласована на портале № 72689

3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

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 течение 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. 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.
8. Какой математический закон положен в основу ускоренных испытаний?
   а) закон нормального распределения;
   б) закон Гаусса;
   в) закон Мура;

Согласована на портале № 72689

г) закон Аррениуса.

9. Что такое граничные испытания?
   а) определение режимов испытаний;
   б) определение времени испытаний;
   в) определение предельно-допустимых параметров изделий;
   г) определение условий эксплуатации изделий.
10. 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.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

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. Деградация 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.

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Определить вероятность того, что за время t = 100 ч произойдет 0 – 3 отказа, если λ = 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.
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.
4. 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 К и показатель степени равны 1. Температура 325 К.
5. 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.

Согласована на портале № 72689

9.1.4. Темы практических занятий

1. Законы распределения случайных величин
2. Показатели надежности изделий микроэлектроники
3. Процессы деградации элементов изделий микроэлектроники
4. Методы планирования испытаний изделий микроэлектроники на надежность
5. Ускоренные испытания на долговечность
6. Методы расчета надежности устройств микроэлектроники
7. Прогнозирование надежности изделий микроэлектроники

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами

Согласована на портале № 72689

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

9.4. 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.

Согласована на портале № 72689

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 140 от «31» 1 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ФЭ	В.В. Каранский	Согласовано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8
Заведующий кафедрой, каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ФЭ	С.В. Смирнов	Разработано, 57c2a753-1aab-4c62-b975-6090adf83285

Согласована на портале № 72689