

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ**  
**ЭЛЕКТРОНИКИ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.01.04
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	5 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	5 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	5 семестр - 32 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	5 семестр - 95,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	5 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сарач О.Б.
	Идентификатор	R2562e7bf-SarachOB-f26c228a

(подпись)

О.Б. Сарач

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

(подпись)

А.Д. Баринов

(расшифровка подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf8c

(подпись)

И.Н.

Мирошникова

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении основ теории и математических аспектов надёжности изделий микроэлектроники и твердотельной электроники для последующего применения полученных знаний при создании информационной базы данных о надёжности и анализе отказов приборов на всех этапах их жизненного цикла, а также влияния технологических процессов на надёжность изделий микроэлектроники

### Задачи дисциплины

- расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе теории надёжности, количественными характеристиками надёжности и математическими аспектами их расчёта, с системой испытаний изделий микро-, наноэлектроники на надёжность, с методами повышения их отказоустойчивости;

- развитие понимания взаимосвязи надёжности изделий микро-, наноэлектроники и структуры состава твёрдых тел, многообразия их физических свойств;

- практическое овладение методами эффективного использования особенностей выборочного контроля для обеспечения требуемого уровня качества и прогнозирования надёжности изделий электронной техники, теоретического описания и основными теоретическими моделями надёжности изделий микро-, наноэлектроники и структуры состава твёрдых тел, навыками постановки физического эксперимента по изучению свойств надёжности изделий микро-, наноэлектроники и структуры состава твёрдых тел и основными экспериментальными методиками.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	знать: - причины отказов элементов полупроводниковой электроники; - терминологию в области надёжности элементов полупроводниковой электроники.  уметь: - рассчитывать надёжность элементов полупроводниковой электроники; - использовать для решения проблем надёжности элементов полупроводниковой электроники соответствующий физико-математический аппарат.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Микроэлектроника и твердотельная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Высшая математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Твердотельная электроника», «Основы технологии электронной компонентной базы»

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания		
				Контактная работа							СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль			
КПР	ГК	ИККП	ТК													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Краткие теоретические сведения. Основные понятия и определения теории надёжности	12	5	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> [1] с. 3-8</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[2], с. 7-12</p> <p>[3], с. 5-13</p>		
1.1	Краткие теоретические сведения. Основные понятия и определения теории надёжности	12		2	-	4	-	-	-	-	-	-	6		-	
2	Количественные показатели надёжности	22		4	-	6	-	-	-	-	-	-	12		-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> [1] с. 14-23</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[2], с. 13-32</p>
2.1	Количественные показатели надёжности	22		4	-	6	-	-	-	-	-	-	12		-	
3	Основные типы стат. распределений случайных величин, используемых в теории надёжности	18		2	-	4	-	-	-	-	-	-	12		-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b></p> <p>Выполнение РГР</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> [1] с. 24-28</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], с.3-12</p>
3.1	Основные типы стат. распределений случайных величин, используемых в теории надёжности	18		2	-	4	-	-	-	-	-	-	12		-	

4	Виды испытаний и система испытаний на надёжность	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1] с. 30-43 <u>Подготовка расчетных заданий:</u>
4.1	Виды испытаний и система испытаний на надёжность	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	Выполнение РГР <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 16-19
5	Выборочный контроль. Принцип составления плана выборочного контроля	22	2	-	4	-	-	-	-	-	16	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1] с. 10-13, 64-69 <u>Подготовка расчетных заданий:</u>
5.1	Выборочный контроль. Принцип составления плана выборочного контроля	22	2	-	4	-	-	-	-	-	16	-	Выполнение РГР <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 20-25
6	Пути повышения отказоустойчивости изделий электронной техники	22	2	-	6	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение РГР <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1] с. 70-89
6.1	Пути повышения отказоустойчивости изделий электронной техники	22	2	-	6	-	-	-	-	-	14	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 26-32
7	Технологические аспекты надёжности	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [2] с. 8-42
7.1	Технологические аспекты надёжности	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение РГР
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	78	17.7	
	Итого за семестр	144.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	95.7		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Краткие теоретические сведения. Основные понятия и определения теории надёжности

1.1. Краткие теоретические сведения. Основные понятия и определения теории надёжности

Классификация отказов. Математические модели интенсивностей отказов изделий электронной техники.

#### 2. Количественные показатели надёжности

2.1. Количественные показатели надёжности

Вероятность отказов. Вероятность безотказной работы. Частота отказов. Интенсивность отказов. Взаимосвязь между количественными характеристиками надёжности. Среднее время безотказной работы. Средняя наработка на отказ.

#### 3. Основные типы стат. распределений случайных величин, используемых в теории надёжности

3.1. Основные типы стат. распределений случайных величин, используемых в теории надёжности

Основные типы статистических распределений случайных величин, используемых в теории надёжности: нормальное распределение, экспоненциальное распределение, распределение Вейбулла-Гнеденко. Расчёт надёжности на различных этапах проектирования РЭА. Порядок расчёта и основные расчётные соотношения при ориентировочном и окончательном расчётах надёжности.

#### 4. Виды испытаний и система испытаний на надёжность

4.1. Виды испытаний и система испытаний на надёжность

Основные принципы контроля качества приборов. Классификация основных видов испытаний и порядок их проведения. Климатические испытания изделий электронной техники. Состав испытаний. Механические испытания ИЭТ. Планирование испытаний ИЭТ на надёжность. Неразрушающие испытания. Ускоренные испытания.

#### 5. Выборочный контроль. Принцип составления плана выборочного контроля

5.1. Выборочный контроль. Принцип составления плана выборочного контроля

План контроля при наличии однократной выборки. Основные принципы выборочного контроля продукции. Распределение партии по дефектности. Оперативная характеристика. Пример построения одноступенчатого выборочного контроля.

#### 6. Пути повышения отказоустойчивости изделий электронной техники

6.1. Пути повышения отказоустойчивости изделий электронной техники

Пути повышения отказоустойчивости интегральных схем. Методы резервирования. Надёжность приборов с последовательным соединением элементов. Надёжность приборов с параллельным соединением элементов. Общее и раздельное резервирование.

#### 7. Технологические аспекты надёжности

#### 7.1. Технологические аспекты надёжности

Ростовые и технологически вносимые дефекты. Влагозащита и герметизация. Защита от механических воздействий. Защита от ионизирующих излучений. Воздействие СВЧ излучений. Топологическая норма и радиационная стойкость. Прогнозирование надёжности по уровню собственных шумов.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Расчет показателей надёжности;
2. Виды статистических распределений, используемые в теории надёжности;
3. Составление плана выборочного контроля. Выборка изделий из партии. Построение оперативной характеристики.;
4. Ускоренные испытания. Коэффициент ускоренных испытаний. План ускоренных испытаний. Выбор ускоряющих факторов.;
5. Повышение надёжности технических средств путем резервирования. Методы резервирования..

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	
<b>Знать:</b>									
терминологию в области надёжности элементов полупроводниковой электроники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>				+		+		Контрольная работа/Определение отказоустойчивости интегральных схем при различных методах резервирования Контрольная работа/Расчёт количественных показателей надёжности Контрольная работа/Технологические аспекты надёжности
причины отказов элементов полупроводниковой электроники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+	+					+	Контрольная работа/Определение отказоустойчивости интегральных схем при различных методах резервирования Контрольная работа/Технологические аспекты надёжности
<b>Уметь:</b>									
использовать для решения проблем надёжности элементов полупроводниковой электроники соответствующий физико-математический аппарат	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>			+		+			Расчетно-графическая работа/Построение выборочного контроля при рассчитанном уровне дефектности
рассчитывать надёжность элементов полупроводниковой электроники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>		+	+					Контрольная работа/Построение плана выборочного контроля

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **5 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Определение отказоустойчивости интегральных схем при различных методах резервирования (Контрольная работа)
2. Построение плана выборочного контроля (Контрольная работа)
3. Расчёт количественных показателей надёжности (Контрольная работа)
4. Технологические аспекты надёжности (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Построение выборочного контроля при рассчитанном уровне дефектности (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

Оценка выставляется на основе семестровой и зачётной составляющей согласно Положения о БАРС.

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Зенова, Е. В. Основы теории и расчета надежности изделий электронной техники : учебное пособие по курсу "Надежность, стандартизация и сертификация в микроэлектронике" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / Е. В. Зенова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 68 с. - ISBN 5-7046-1284-9 .;
2. Готра, З. Ю. Контроль качества и надежность микросхем : учебник для средних специальных учебных заведений по специальности 2002 "Производство изделий электронной техники" / З. Ю. Готра, И. М. Николаев . – М. : Радио и связь, 1989 . – 168 с. - ISBN 5-256-00257-0 .;
3. Зубарев Ю. М.- "Математические основы управления качеством и надежностью изделий", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (176 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/151654>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. SmathStudio.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	К-109/2, Кабинет сотрудников каф. "ЭиН"	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, дипломные и курсовые работы студентов
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	К-115, Склад каф. "ЭиН"	стеллаж, инвентарь учебный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Надежность элементов полупроводниковой электроники

(название дисциплины)

#### 5 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Построение плана выборочного контроля (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчёт количественных показателей надёжности (Контрольная работа)
- КМ-3 Технологические аспекты надёжности (Контрольная работа)
- КМ-4 Построение выборочного контроля при рассчитанном уровне дефектности (Расчетно-графическая работа)
- КМ-5 Определение отказоустойчивости интегральных схем при различных методах резервирования (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	7	10	13	15
1	Краткие теоретические сведения. Основные понятия и определения теории надёжности						
1.1	Краткие теоретические сведения. Основные понятия и определения теории надёжности				+		+
2	Количественные показатели надёжности						
2.1	Количественные показатели надёжности		+		+		+
3	Основные типы стат. распределений случайных величин, используемых в теории надёжности						
3.1	Основные типы стат. распределений случайных величин, используемых в теории надёжности		+			+	
4	Виды испытаний и система испытаний на надёжность						
4.1	Виды испытаний и система испытаний на надёжность			+	+		+
5	Выборочный контроль. Принцип составления плана выборочного контроля						
5.1	Выборочный контроль. Принцип составления плана выборочного контроля					+	
6	Пути повышения отказоустойчивости изделий электронной техники						
6.1	Пути повышения отказоустойчивости изделий электронной техники			+	+		+
7	Технологические аспекты надёжности						

7.1	Технологические аспекты надёжности			+		+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20