

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Надежность элементов полупроводниковой электроники**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70ca18c

(подпись)

И.Н.

Мирошникова

(расшифровка подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

- ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов  
ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

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 (Расчётно-графическая работа)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	7	10	13	15
Краткие теоретические сведения. Основные понятия и определения теории надёжности						
Краткие теоретические сведения. Основные понятия и определения теории надёжности				+		+
Количественные показатели надёжности						
Количественные показатели надёжности		+		+		+
Основные типы стат. распределений случайных величин, используемых в теории надёжности						
Основные типы стат. распределений случайных величин, используемых в теории надёжности		+			+	
Виды испытаний и система испытаний на надёжность						
Виды испытаний и система испытаний на надёжность			+	+		+

Выборочный контроль. Принцип составления плана выборочного контроля					
Выборочный контроль. Принцип составления плана выборочного контроля				+	
Пути повышения отказоустойчивости изделий электронной техники					
Пути повышения отказоустойчивости изделий электронной техники		+	+		+
Технологические аспекты надёжности					
Технологические аспекты надёжности			+		+
Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	<p>Знать:</p> <p>причины отказов элементов полупроводниковой электроники терминологию в области надёжности элементов полупроводниковой электроники</p> <p>Уметь:</p> <p>рассчитывать надёжность элементов полупроводниковой электроники использовать для решения проблем надёжности элементов полупроводниковой электроники соответствующий физико-математический аппарат</p>	<p>Расчёт количественных показателей надёжности (Контрольная работа)</p> <p>Построение плана выборочного контроля (Контрольная работа)</p> <p>Определение отказоустойчивости интегральных схем при различных методах резервирования (Контрольная работа)</p> <p>Технологические аспекты надёжности (Контрольная работа)</p> <p>Построение выборочного контроля при рассчитанном уровне дефектности (Расчетно-графическая работа)</p>

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Построение плана выборочного контроля

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется по вариантам

#### Краткое содержание задания:

Построить план выборочного контроля при заданных уровнях дефектности  $q_1$  и  $q_2$ , если известны риски поставщика  $\alpha$  и потребителя  $\beta$ , а так же количество изделий в партии  $N$ .

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать надёжность элементов полупроводниковой электроники	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Определить объем выборки <math>n</math></li><li>2. Определить браковочное число <math>c</math></li><li>3. Построить план выборочного контроля</li><li>4. Построить оперативную характеристику плана выборочного контроля</li><li>5. Определить уровень контроля</li></ol>
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-2. Расчёт количественных показателей надёжности

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется по вариантам

#### Краткое содержание задания:

При испытании  $N$  элементов в течение  $t$  часов через каждый промежуток времени  $\Delta t$  фиксировалось число произошедших отказов  $n$ . Определить основные показатели надёжности

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: терминологию в области	1. Определить вероятность отказа $Q$ , вероятность
-------------------------------	--

надёжности элементов полупроводниковой электроники	безотказной работы $P$ , построить графики зависимостей $Q(t), P(t)$ 2. Определить интенсивность отказов $\lambda(t)$ 3. Определить среднюю наработку до первого отказа $T_{ср}$ 4. Определить гамма-процентную наработку до отказа 5. Построить график зависимости частоты отказов $f(t)$
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-3. Технологические аспекты надёжности**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется по вариантам

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: причины отказов элементов полупроводниковой электроники	1.Что такое ионизационные эффекты? Из-за чего они возникают? К чему приводят? 2.Какую аппаратуру называют вибро- и ударопрочной? Где она используется?
Знать: терминологию в области надёжности элементов полупроводниковой электроники	1.Что такое электромиграция? Как с ней бороться? 2.Как возникает лавинный пробой? Каковы его последствия? 3.Что такое ионизационные эффекты? Из-за чего они возникают? К чему приводят?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### **КМ-4. Построение выборочного контроля при рассчитанном уровне дефектности**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется самостоятельно по вариантам

**Краткое содержание задания:**

Построить план выборочного контроля

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: использовать для решения проблем надёжности элементов полупроводниковой электроники соответствующий физико-математический аппарат	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Построить оперативную характеристику плана выборочного контроля <math>L(q) = f(q)</math></li><li>2. Вычислить среднее число инспекции АРІ</li><li>3. Оценить среднюю величину выходного качества АОQL</li><li>4. Рассчитать объем выборки <math>n</math> для ослабленного, нормального и усиленного уровней контроля</li><li>5. Рассчитать стоимость контроля <math>C_1</math>, стоимость потерь, связанных с ошибками, <math>C_2</math>, и суммарные расходы <math>C</math> для трех уровней контроля</li></ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### **КМ-5. Определение отказоустойчивости интегральных схем при различных методах резервирования**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется по вариантам

**Краткое содержание задания:**

Схема состоит из идентичных элементов, каждый из которых характеризуется вероятностью безотказной работы:  $P(t) = e^{-\lambda t}$ . Определить отказоустойчивость при заданном методе резервирования.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: причины отказов элементов полупроводниковой электроники	1. Определить вероятность безотказной работы $n$ элементов при раздельном резервировании с кратностью $m$ 2. Определить среднее время работы до отказа при раздельном резервировании при заданной квоте отказа 3. Построить графики зависимости вероятности отказов от $n$ при различных $m$
Знать: терминологию в области надёжности элементов полупроводниковой электроники	1. Определить вероятность безотказной работы $n$ элементов при общем резервировании с кратностью $m$ 2. Определить среднее время работы до отказа при общем резервировании при заданной квоте отказа

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

- 1.Классификация отказов
- 2.Неразрушающие испытания. Методы неразрушающих испытаний
- 3.Пусть элемент имеет экспоненциальный закон распределения во времени с параметрами:  $\lambda=1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$  ;  $\gamma=99\%$ . Вычислить основные показатели надежности  $P(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $T$ ,  $t_\gamma$  для момента времени  $t=100\text{ч}$

### Процедура проведения

Время выполнения задания 45 минут

#### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов

#### **Вопросы, задания**

- 1.Основные типы статистических распределений случайных величин, используемых в теории надежности. Экспоненциальное распределение. Распределение Вейбулла – Гнеденко.
- 2.Виды испытаний и система испытаний на надежность. Основные принципы контроля качества приборов. Классификация испытаний.
- 3.Выборочный контроль. Планирование испытаний на надежность. Оперативная характеристика.
- 4.План контроля при наличии однократной выборки.
- 5.Ускоренные испытания. Выбор ускоряющих факторов и их интенсивность
- 6.Отбраковочные испытания. Категории механизма отказов. Основные отказы на стадиях жизненного цикла изделий. Основные технологические и конструктивные дефекты
- 7.Методы резервирования. Виды активного резервирования в зависимости от условий работы резервных элементов. Пассивное резервирование
- 8.Климатические испытания элементов полупроводниковых элементов. Механические испытания

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

**1.Как называются системы, которые выполняют свои задачи при наличии обслуживающего персонала и обычно приспособлены к устранению отказов во время профилактических ремонтов?**

Ответы:

Простые
Сложные
Обслуживаемые
Необслуживаемые

Верный ответ: Обслуживаемые

**2. Как называются системы, которые выполняют возложенные на них функции без обслуживающего персонала?**

Ответы:

Необслуживаемые
Простые
Невосстанавливаемые
Восстанавливаемые

Верный ответ: Необслуживаемые

**3. Как называются системы, которые после отказа подвергаются ремонту и продолжают выполнять свои функции?**

Ответы:

Восстанавливаемые
Обслуживаемые
Простые
Сложные

Верный ответ: Восстанавливаемые

**4. Как называются системы, которые в случае возникновения отказа не подлежат или не поддаются восстановлению по экономическим, либо по техническим соображениям?**

Ответы:

Невосстанавливаемые  
Необслуживаемые  
Простые  
Сложные

Верный ответ: Невосстанавливаемые

**5. Как называют отказ, возникший в результате скачкообразного изменения одного или нескольких основных параметров системы, связанных с внутренними дефектами элементов, нарушением рабочих режимов, ошибками обслуживающего персонала и другими неблагоприятными воздействиями?**

Ответы:

Внезапный
Деградиционный
Явный
Полный

Верный ответ: Внезапный

**6. Как называют отказ, возникший в результате плавных изменений заданных параметров прибора вследствие деградации физико-химических свойств материала под влиянием эксплуатационных факторов и естественного старения и изнашивания элементов системы в результате дрейфа рабочих параметров и их выход за предельно допустимые значения?**

Ответы:

Параметрический	
Независимый	
Полный	
Явный	

Верный ответ: Параметрический

**7. Как называется отказ, обусловленный естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и (или) норм проектирования, изготовления и эксплуатации?**

Ответы:

Деградационный
Полный
Частичный
Явный

Верный ответ: Деградационный

**8. Как называют отказы, появление которых не изменяет вероятности появления других отказов?**

Ответы:

Независимые

Внезапные

Постепенные

Явные

Верный ответ: Независимые

**9. Как называют отказы, появление которых изменяет (увеличивает) вероятность появления других отказов?**

Ответы:

Зависимые
Внезапные
Постепенные
Скрытые

Верный ответ: Зависимые

**10. Как называются отказы, которые происходят в результате ошибок и нарушений норм и правил конструирования в период разработки?**

Ответы:

Конструктивные
Производственные
Эксплуатационные
Ресурсные

Верный ответ: Конструктивные

**11. Как называются отказы, которые возникают в результате несовершенства процесса изготовления приборов или нарушения технологии?**

Ответы:

Конструктивные
Производственные
Эксплуатационные
Ресурсные

Верный ответ: Производственные

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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