

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

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

**Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Тепловые расчеты полупроводниковых компонентов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С.  
Холодный

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С.  
Холодный

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З.  
Славинский

(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:

1. ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и наноэлектроники

ИД-2 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов микро- и наноэлектроники

ИД-3 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-5 Контрольная работа № 1. Постановка и решение нестационарных краевых задач для уравнения теплопроводности. Граничные условия I, II и III рода в задачах компьютерного моделирования в электроизоляционной и кабельной технике. (Решение задач)

2. КМ-6 Контрольная работа № 2. Развитие двумерных и трехмерных нестационарных процессов распространения тепла в неподвижных средах с постоянным коэффициентом температуропроводности (Проверочная работа)

3. КМ-8 Контрольная работа № 4. Определение параметров эмпирических моделей (коэффициентов регрессии) для нелинейных моделей с одной или многими независимыми переменными (Проверочная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-1 Тест № 1. Методы оценки эффективности и достоверности результатов, полученных при научных исследованиях электрофизических процессов в ЭИКТ (Проверочная работа)

2. КМ-3 Тест № 3. Построение моделей. Идентификация математического описания и оптимизация физических процессов при работе изделий, применяемых в области электроэнергетики (Проверочная работа)

3. КМ-4 Тест № 4. Определение доверительного интервала для математического ожидания. Применение стандартного нормального распределения (большие объемы выборок). (Проверочная работа)

4. КМ-7 Контрольная работа № 3. Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. КМ-2 Тест № 2. Аналитические и численные методы компьютерного моделирования теплофизических и электрофизических характеристик материалов и изделий на их основе (Проверочная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %								
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	2	4	6	8	10	12	14	16
Основные понятия компьютерного моделирования									
1. Основные понятия компьютерного моделирования									+
Уравнения тепло- и массопереноса									
2. Уравнения тепло- и массопереноса								+	
Граничные условия для уравнений параболического типа									
3. Граничные условия для уравнений параболического типа							+		
Двумерные и трехмерные тепловые задачи									
4. Двумерные и трехмерные тепловые задачи						+			
Моделирование прогрева в реальных эксплуатационных условиях									
5. Моделирование прогрева в реальных эксплуатационных условиях					+				
Моделирование электрических полей									
6. Моделирование электрических полей			+						
Вероятностные методы разрушения изделий в ЭиКТ									
7. Вероятностные методы разрушения изделий в ЭиКТ			+						
Обработка результатов и эмпирические модели									
8. Обработка результатов и эмпирические модели		+							
Вес КМ:		15	10	15	10	15	10	10	15

\$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-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов микро- и наноэлектроники	Знать: современные методы экспериментальной работы и методы интерпретации результатов научных исследований статистические методы моделирования изделий ЭИиКТ Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; определить методы исследования и средства решения основных проблем в области электроизоляционной и кабельной технике	КМ-1 Тест № 1. Методы оценки эффективности и достоверности результатов, полученных при научных исследованиях электрофизических процессов в ЭиКТ (Проверочная работа) КМ-2 Тест № 2. Аналитические и численные методы компьютерного моделирования теплофизических и электрофизических характеристик материалов и изделий на их основе (Проверочная работа) КМ-5 Контрольная работа № 1. Постановка и решение нестационарных краевых задач для уравнения теплопроводности. Граничные условия I, II и III рода в задачах компьютерного моделирования в электроизоляционной и кабельной технике. (Решение задач) КМ-6 Контрольная работа № 2. Развитие двумерных и трехмерных нестационарных процессов распространения тепла в неподвижных средах с постоянным коэффициентом температуропроводности (Проверочная работа)
ПК-2	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных	Знать: основные методы математического моделирования явлений и	КМ-3 Тест № 3. Построение моделей. Идентификация математического описания и оптимизация физических процессов при работе изделий, применяемых в области электроэнергетики (Проверочная работа)

	<p>методов исследования изделий микро- и наноэлектроники</p>	<p>процессов в изделиях электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники средства компьютерного моделирования режимов работы и параметров изделий ЭИКТ</p> <p>Уметь:          рассчитывать и интерпретировать электрические характеристики электроизоляционных материалов для различных областей их использования          пользоваться стандартными математическими пакетами для статистического моделирования изделий ЭИКТ</p>	<p>КМ-4 Тест № 4. Определение доверительного интервала для математического ожидания. Применение стандартного нормального распределения (большие объемы выборок). (Проверочная работа)</p> <p>КМ-7 Контрольная работа № 3. Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей (Контрольная работа)</p> <p>КМ-8 Контрольная работа № 4. Определение параметров эмпирических моделей (коэффициентов регрессии) для нелинейных моделей с одной или многими независимыми переменными (Проверочная работа)</p>
--	--	---	---

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

### **КМ-1. КМ-1 Тест № 1. Методы оценки эффективности и достоверности результатов, полученных при научных исследованиях электрофизических процессов в ЭиКТ**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** КМ-1 Методы оценки эффективности и достоверности результатов, полученных при научных исследованиях электрофизических процессов в ЭиКТ

#### **Краткое содержание задания:**

КМ-1 Методы оценки эффективности и достоверности результатов, полученных при научных исследованиях электрофизических процессов в ЭиКТ

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: современные методы экспериментальной работы и методы интерпретации результатов научных исследований	1.КМ-1 оценка достоверности 2.КМ-1 определение погрешности 3.КМ-1 определение доверительного интервала
--	--

#### **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. КМ-2 Тест № 2. Аналитические и численные методы компьютерного моделирования теплофизических и электрофизических характеристик материалов и изделий на их основе**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Аналитические и численные методы компьютерного моделирования теплофизических и электрофизических характеристик материалов и изделий на их основе

**Краткое содержание задания:**

Аналитические и численные методы компьютерного моделирования теплофизических и электрофизических характеристик материалов и изделий на их основе

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: статистические методы моделирования изделий ЭИиКТ	1.КМ-2 аналитические методы 2.КМ-2 метод конечных разностей 3.КМ-2 метод конечных элементов
--	---

**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. КМ-3 Тест № 3. Построение моделей. Идентификация математического описания и оптимизация физических процессов при работе изделий, применяемых в области электроэнергетики**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Построение моделей. Идентификация математического описания и оптимизация физических процессов при работе изделий, применяемых в области электроэнергетики

**Краткое содержание задания:**

написание системы уравнений

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные методы математического моделирования явлений и процессов в изделиях электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	1.КМ-3 обыкновенные дифференциальные уравнения 2.КМ-3 метод разделения переменных 3.КМ-3 решение задач на полу бесконечности
---	--

**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. КМ-4 Тест № 4. Определение доверительного интервала для математического ожидания. Применение стандартного нормального распределения (большие объемы выборок).**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 10**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Определение доверительного интервала для математического ожидания. Применение стандартного нормального распределения (большие объемы выборок).

**Краткое содержание задания:**

КМ-4 определение доверительного интервала

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: средства компьютерного моделирования режимов работы и параметров изделий ЭИКТ	1.КМ-4 Использование таблиц распределений 2.КМ-4 аналитический расчет 3.КМ-4 применение графического метода
--	---

**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. КМ-5 Контрольная работа № 1. Постановка и решение нестационарных краевых задач для уравнения теплопроводности. Граничные условия I, II и III рода в задачах компьютерного моделирования в электроизоляционной и кабельной технике.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Постановка и решение нестационарных краевых задач для уравнения теплопроводности. Граничные условия I, II и

III рода в задачах компьютерного моделирования в электроизоляционной и кабельной технике.

**Краткое содержание задания:**

остановка и решение нестационарных краевых задач для уравнения теплопроводности. Граничные условия I, II и III рода в задачах компьютерного моделирования в электроизоляционной и кабельной технике.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: определить методы исследования и средства решения основных проблем в области электроизоляционной и кабельной техники	1.КМ-5 уметь составлять уравнения для граничных условий 1-го рода 2.КМ-5 уметь составлять уравнения для граничных условий 2-го рода 3.КМ-5 уметь составлять уравнения для граничных условий 3-го рода
---	---

**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-6. КМ-6 Контрольная работа № 2. Развитие двумерных и трехмерных нестационарных процессов распространения тепла в неподвижных средах с постоянным коэффициентом теплопроводности**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** КМ-6 Развитие двумерных и трехмерных нестационарных процессов распространения тепла в неподвижных средах с постоянным коэффициентом теплопроводности

**Краткое содержание задания:**

Развитие двумерных и трехмерных нестационарных процессов распространения тепла в неподвижных средах с постоянным коэффициентом теплопроводности

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;	1.КМ-6 построение векторных полей 2.КМ-6 вычисление тепловых потоков 3.КМ-6 стационарные решения
---	--

**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-7. КМ-7 Контрольная работа № 3. Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей

**Краткое содержание задания:**

Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: пользоваться стандартными математическими пакетами для статистического моделирования изделий ЭИиКТ</p>	<p>1.КМ-7 составление уравнений 2.КМ-7 оценка параметров регрессии 3.визуализация данных</p>
--	--

**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-8. КМ-8 Контрольная работа № 4. Определение параметров эмпирических моделей (коэффициентов регрессии) для нелинейных моделей с одной или многими независимыми переменными**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Определение параметров эмпирических моделей (коэффициентов регрессии) для нелинейных моделей с одной или многими независимыми переменными

**Краткое содержание задания:**

Определение параметров эмпирических моделей (коэффициентов регрессии) для нелинейных моделей с одной или многими независимыми переменными

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: рассчитывать и интерпретировать электрические характеристики электроизоляционных материалов для различных областей их использования	1.КМ-8 расчет среднеквадратичного отклонения 2.КМ-8 определение математического ожидания 3.КМ-8 оценка среднеквадратичного отклонения
--	---

**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

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

Граничные условия 3-го рода  
стационарное решение уравнения параболического типа  
распределение хи-квадрат

### Процедура проведения

ответы по билету

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-2</sub> Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов микро- и наноэлектроники

#### Вопросы, задания

1. Аналитические и численные методы компьютерного моделирования
2. Постановка и решение нестационарных краевых задач для уравнения теплопроводности
3. Развитие двумерных и трехмерных нестационарных процессов распространения тепла в неподвижных средах с постоянным коэффициентом

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. при конвективном теплопереносе используют  
Ответы:  
ГУ-1, Гу-2, ГУ-3  
Верный ответ: Гу-3
2. Уравнения гиперболического типа используются для задач теплопроводности  
Ответы:  
колебаний теплопроводности стационарных задач  
Верный ответ: колебаний
3. Уравнения эллиптического типа используются для задач теплопроводности  
Ответы:  
колебаний теплопроводности стационарных задач  
Верный ответ: стационарных задач
4. доверительные интервалы определяют с помощью  
Ответы:  
нормального, Стьюдента, Хи-квадрат распределений  
Верный ответ: всех трех вариантов

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-2</sub> Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники

#### Вопросы, задания

1. Обработка результатов пассивных экспериментов
2. построение эмпирических моделей
3. Методы оценки эффективности и достоверности результатов

4. Определение доверительного интервала для математического ожидания
5. Определение параметров эмпирических моделей (коэффициентов регрессии) для нелинейных моделей с одной или многими независимыми переменными.

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

1. Задачи теплопереноса в ЭИиКТ в основном используют

Ответы:

декартовы координаты, цилиндрические координаты, сферические координаты,

Верный ответ: цилиндрические координаты

2. При оценке доверительного интервала используют

Ответы:

Нормальное распределение, Стьюдента распределение, распределение хи-квадрат

Верный ответ: Все распределения

3. Уравнения параболического типа используются для задач теплопроводности

Ответы:

колебаний теплопроводности стационарных задач

Верный ответ: стационарных задач

### **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**

стандартные