

**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: Лазерная и оптическая измерительная электроника**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Интерферометрические измерительные системы**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лапицкий К.М.
	Идентификатор	R34188c97-LapitskyKM-ff585e2b

(подпись)

К.М.  
Лапицкий

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.  
Скорнякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.  
Скорнякова

(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-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора

ИД-1 Знает тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Смешанная форма

1. Интерференция волн (Контрольная работа)
2. Методы обработки интерференционных сигналов (Контрольная работа)
3. Расчет сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Принципы интерференционных измерений					
Принципы интерференционных измерений				+	
Интерференция волн					
Интерференция волн	+				
Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов					
Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов			+	+	
Применение лазерных интерферометров в высоких технологиях					
Применение лазерных интерферометров в высоких технологиях				+	

	Вес КМ:	20	30	20	30
\$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> Знает тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники	Знать: основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов методы обработки интерференционных сигналов принципы расчета сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра методику моделирования интерференционных картин при различных приближениях	Интерференция волн (Контрольная работа) Расчет сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра (Контрольная работа) Методы обработки интерференционных сигналов (Контрольная работа) Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов (Коллоквиум)

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

### КМ-1. Интерференция волн

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение задания на компьютере с последующим устным ответом

#### Краткое содержание задания:

Связь между изменениями параметров оптической системы и интерференционной картиной

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методику моделирования интерференционных картин при различных приближениях	<p>1. В лазерном рефрактометре используется кювета с жидкостью длиной 1,0 м. Длина волны в лазере в вакууме составляет 0,5 мкм. Показатель преломления жидкости равен 1,35 при температуре 20 °С. На какое число полос сместится интерференционная картина, если температура жидкости возрастет до 60 °С? Температурный коэффициент показателя преломления жидкости равен <math>2 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}</math>.</p> <p>2. В чём отличие интерференционной картины при интерференции плоских волн и гауссовых пучков по схеме ЛДА? Подтвердить ответ численным моделированием.</p> <p>3. Построить интерференционные картины двух плоских волн в двухмерном пространстве при следующих параметрах: отношение интенсивностей двух пучков равно 1, 1.5, 2; угол пересечения равен <math>N</math> градусов; длина волны <math>\lambda=0,63</math> мкм; без шума</p>
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 70*

*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. Расчет сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение задания на компьютере с последующим устным ответом

### Краткое содержание задания:

Произвести расчёт выходной характеристики сигнала гомодинного лазерного интерферометра перемещений или лазерного интерференционного рефрактометра

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы расчета сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра	<p>1. Лазерная интерферометрическая система предназначена для измерения перемещения углового отражателя на расстояние 5 м на базе лазера (длина волны 0,6328 мкм, мощность 10 мВт, размер перетяжки 0,3 мм) при нулевой начальной скорости движения и ускорении 0,1 м/с. Чувствительность фотоприемника 0,1 А/Вт.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Выбрать оптическую схему интерферометра.</li><li>2) Рассчитать параметры пучков в зависимости от перемещения отражателя.</li><li>3) Построить и проанализировать зависимость фототока от времени.</li><li>4) Построить зависимость фототока от размера диафрагмы.</li><li>5) Построить зависимость фототока от размера перетяжки (мощность лазера постоянная)</li></ol> <p>2. Лазерная интерферометрическая система предназначена для измерения изменения показателя преломления газа в стеклянной кювете длиной 1 м на базе лазера (длина волны 0,6328 мкм, мощность 10 мВт, размер перетяжки 0,4 мм) в течение 100 секунд. Показатель преломления газа меняется по закону <math>n(t) = 4 \cdot 10^{-8} \cdot t^2 + 1,001</math>. Чувствительность фотоприемника 0,1 А/Вт.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Выбрать оптическую схему интерферометра.</li><li>2) Рассчитать параметры пучков в зависимости от изменения показателя преломления газа.</li><li>3) Построить и проанализировать зависимость фототока от времени.</li><li>4) Построить зависимость фототока от размера диафрагмы.</li><li>5) Построить зависимость фототока от размера перетяжки (мощность лазера постоянная)</li></ol>
---	--

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

*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:* 70

*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. Методы обработки интерференционных сигналов**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение задания на компьютере с последующим устным ответом

**Краткое содержание задания:**

Провести моделирование и обработку интерференционного сигнала

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы обработки интерференционных сигналов	1.Смоделировать сигнал лазерного доплеровского виброметра: амплитуда вибраций 10 мкм, частота сигнала 1 кГц, мультипликативный шум 10%, аддитивный шум 3%. Провести обработку сигнала, получить значение амплитуды колебаний и сравнить с заданным значением 2.Смоделировать сигнал лазерного доплеровского виброметра: амплитуда вибраций 2 мкм, частота сигнала 5 кГц, мультипликативный шум 3%, аддитивный шум 10%. Провести обработку сигнала, получить значение амплитуды колебаний и сравнить с заданным значением
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 90

*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:* 70

*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. Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Подготовка ответа на вопрос с последующим устным ответом

**Краткое содержание задания:**

Дать ответ на вопрос и выполнить практическое задание

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов	<ol style="list-style-type: none"><li>1. При каких условиях будет наблюдаться интерференция от двух гауссовых пучков, распространяющихся параллельно друг другу?</li><li>2. При каком соотношении интенсивностей двух плоских волн видность при их интерференции равна 0,01?</li><li>3. Основные параметры сигнала ЛДВ. Изменение формы сигнала при варьировании каждого из параметров.</li><li>4. Влияние мультипликативных и аддитивных шумов сигнала на погрешность определения амплитуды виброколебаний</li><li>5. Какие методы фильтрации применяются при обработке интерференционных картин с аддитивным и мультипликативным шумом?</li><li>6. Назовите условия наблюдения интерференционной картины. Что такое длина когерентности, время когерентности, ширина спектральной линии?</li><li>7. Нарисуйте схему и объясните принцип работы интерферометра Майкельсона. Что с помощью него можно измерить?</li></ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 70*

*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

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Измерение перемещений. Лазерные гравиметры
2. Спекл-интерферометрия. Образование спекл-структуры и ее характеристики. Интерференционная картина при суперпозиции спекл-структур. Практические применения спекл-интерферометрии
3. В лазерном рефрактометре используется кювета с жидкостью длиной 1,0 м. Длина волны в лазере в вакууме составляет 0,5 мкм. Показатель преломления жидкости равен 1,35 при температуре 20 °С. Как изменятся показания рефрактометра, если температура жидкости возрастет до 60 °С? На какое число полос сместится интерференционная картина? Температурный коэффициент показателя преломления жидкости равен  $-2 \cdot 10^{-5}$ .

### Процедура проведения

Устная форма

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-1 Знает тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники

#### **Вопросы, задания**

1. Закономерности интерференции лазерного излучения. Интерференция двух плоских волн
2. Интерференция плоской и сферической волн. Сравнение с интерференцией лазерных пучков
3. Выходная характеристика интерферометра Майкельсона. Области применения интерферометра
4. Модуляционные интерферометры. Принцип работы. Выходная характеристика интерферометра. Метод первой гармоники
5. Модуляционные интерферометры для измерения малых перемещений
6. Двухчастотные лазерные интерферометры. Достоинства и недостатки
7. Два плоских пучка пересекаются под углом 60°. Построить график зависимости периода интерференционной картины от длины волны в диапазоне от 0,5 мкм до 5 мкм. Что произойдет с графиком, если угол сведения пучков уменьшить до 30°?
8. В гомодинном интерферометре зеркало сначала перемещается на 1,00 м. Длина волны лазерного излучения 1 мкм. Как будут изменяться показания интерферометра? На какое число полос сместится интерференционная картина при движении зеркала?
9. В лазерном рефрактометре используется кювета с жидкостью длиной 1,0 м. Длина волны в лазере в вакууме составляет 0,5 мкм. Показатель преломления жидкости равен 1,35 при температуре 20 °С. Как изменятся показания рефрактометра, если температура жидкости возрастет до 60 °С? На какое число полос сместится интерференционная картина? Температурный коэффициент показателя преломления жидкости равен  $-2 \cdot 10^{-5}$ .

10. Построить график изменения показаний интерферометра, если призма поднята на 1,0 м и падает вниз. Длина волны 0,6 мкм.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. На пути излучения с длиной волны 1 мкм установили стеклянную пластинку толщиной 1 мм с показателем преломления 1,5. Какова величина внесённой оптической разности хода?

Ответы:

1) 0,5 мм; 2) 0,5 мкм; 3) 1 мм; 4) 1 мкм

Верный ответ: 1

2. Интенсивности двух интерферирующих пучков равны соответственно 1 Вт/м и 4 Вт/м. Какова видимость интерференционной картины?

Ответы:

1) 0,25; 2) 0,6; 3) 0,8; 4) 1

Верный ответ: 3

3. В лазерном рефрактометре используется кювета с жидкостью длиной 1,0 м. Длина волны в лазере в вакууме составляет 0,5 мкм. Показатель преломления жидкости равен 1,35 при температуре 20 °С. На какое число полос сместится интерференционная картина, если температура жидкости возрастет до 60 °С? Температурный коэффициент показателя преломления жидкости равен  $-2 \cdot 10^{-5}$ .

Ответы:

1) 16000; 2) 160; 3) 0,16; 4) 16

Верный ответ: 1

4. Две плоские волны пересекаются под углом 60°. Длина волны излучения 0,5 мкм. Каков период интерференционной картины в микрометрах?

Ответы:

1) 0,25; 2) 0,5; 3) 1; 4) 2

Верный ответ: 2

5. В гомодинном интерферометре зеркало переместилось на 1,00 м. Длина волны лазерного излучения 0,5 мкм. На какое число полос сместилась интерференционная картина в процессе перемещения зеркала?

Ответы:

1) 4000; 2) 2000; 3) 40; 4) 20

Верный ответ: 1

6. В гомодинном интерферометре перемещений лазер с излучением красного цвета заменили на лазер с излучением зеленого цвета. Будет ли различие в количестве полос, на которое сместится интерференционная картина, если отражатель в обоих случаях переместился на одно и то же расстояние?

Ответы:

1) в случае использования излучения зеленого цвета количество прошедших полос будет меньше; 2) в случае использования излучения зеленого цвета количество прошедших полос будет больше; 3) различий в количестве прошедших полос не будет; 4) данных для ответа недостаточно

Верный ответ: 2

7. Излучение с длиной волны 0,6 мкм переходит из вакуума в стекло с показателем преломления 1,5. Каково значение длины волны излучения в стекле?

Ответы:

1) 0,4 мкм; 2) 0,9 мкм; 3) 0,6 мкм; 4) 2,1 мкм

Верный ответ: 1

8. Излучение с длиной волны 0,6 мкм переходит из вакуума в стекло с показателем преломления 1,5. Каково отношение скорости излучения в стекле к скорости света в вакууме?

Ответы:

1) 1; 2) 1,5; 3) 0,67 мкм; 4) 0,5 мкм

Верный ответ: 4

9. В интерферометре Майкельсона на пути излучения в опорном плече установили стеклянную пластинку так, что излучение проходит через неё дважды. Толщина пластинки  $\frac{\lambda}{4}$ . На какую долю интерференционной полосы сместится интерференционная картина в плоскости регистрации?

Ответы:

1) 1; 2) 0,5; 3) 0,25; 4) интерференционная картина не сместится

Верный ответ: 2

10. В интерферометре Маха-Цендера лазер с излучением красного цвета заменили на лазер с излучением зеленого цвета. Будет ли различие в количестве полос, наблюдаемых в плоскости регистрации?

Ответы:

1) количество полос будет одинаковым; 2) количество полос будет больше в случае лазера красного цвета; 3) количество полос будет больше в случае лазера зеленого цвета; 4) данных для ответа недостаточно

Верный ответ: 3

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины

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

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих