

**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: Лазерная и оптическая измерительная электроника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**


**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Адаптивные оптико-электронные системы**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Печинская О.В.
	Идентификатор	Re5ee8217-ZhukovaOV-c5929df5

(подпись)


О.В.  
Печинская

(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 осуществлять техническое управление разработкой проектов квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства

ИД-5 Разработка нормативно-технической документации для проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства

ИД-6 Разработка технических заданий на разработку квантово-оптических систем в целом и их составных частей, эскизных и технических проектов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Коррекция деформаций волнового фронта (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы измерений деформаций волнового фронта (Тестирование)

2. Принципиальные схемы адаптивных оптико-электронных систем (Тестирование)

3. Характеристики турбулентной атмосферы (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Принципы построения адаптивных оптических систем					
Принципиальные схемы адаптивных оптических систем	+				
Основные типы адаптивных оптических систем	+				
Сравнительный анализ типовых адаптивных оптических систем	+				
Основные методы измерений деформаций волнового фронта					
Датчики волнового фронта			+		
Интерференционные датчики			+		

Датчики гартмановского типа		+		
Другие типы датчиков волнового фронта		+		
Структура и качество изображения при наличии случайных неоднородных сред				
Структура и качество изображения точечного источника, даваемого оптической системой		+		
Структура изображения, даваемого оптической системой с центральным экранированием		+		
Структура изображения, даваемого оптической системой с синтезированной апертурой		+		
Распространение излучения при наличии случайных неоднородных сред			+	
Коррекция деформаций волнового фронта				
Фазовая коррекция				+
Наблюдение двух объектов				+
Корректоры волнового фронта				+
Вес КМ:	15	25	25	35

\$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-5 <sub>ПК-1</sub> Разработка нормативно-технической документации для проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	Знать: принципиальные схемы и основные типы адаптивных оптико-электронных систем Уметь: рассчитывать остаточную ошибку коррекции волнового фронта и параметры корректора	Принципиальные схемы адаптивных оптико-электронных систем (Тестирование) Коррекция деформаций волнового фронта (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-6 <sub>ПК-1</sub> Разработка технических заданий на разработку квантово-оптических систем в целом и их составных частей, эскизных и технических проектов	Знать: основные методы измерений деформаций волнового фронта и критерии оценки качества изображения Уметь: анализировать параметры турбулентной атмосферы, структуру и качество изображения при наличии случайных неоднородных сред	Методы измерений деформаций волнового фронта (Тестирование) Характеристики турбулентной атмосферы (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Принципиальные схемы адаптивных оптико-электронных систем

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменное тестирование в аудитории. Длительность 20 минут

#### Краткое содержание задания:

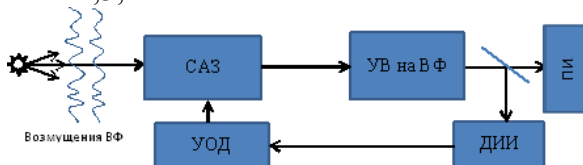
Тест содержит 13 вопросов в трёх секциях: принципы построения адаптивных систем, самонастраивающиеся системы, схемы построения адаптивных систем. Тест содержит вопросы 3 типов: один из многих, многие из многих, установите соответствие.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципиальные схемы и основные типы адаптивных оптико-электронных систем

1. В каких оптических системах требуется коррекция случайных фазовых возмущений?
2. Перечислите достоинства и недостатки систем с обратной связью?
3. Элементами контура самонастройки являются:
  1. вычислительное устройство
  2. управляемый объект
  3. исполнительное устройство
  4. устройство анализа сигнала

Ответ: 1, 3, 4



4.

**Определите тип схемы построения адаптивных систем, изображенной на рисунке.**

1. Система наблюдения удаленных объектов; принцип повышения резкости изображения.
2. Система наблюдения удаленных объектов; метод компенсации отклонений формы волнового фронта.
3. Система наблюдения удаленных объектов; метод фазового сопряжения волновых фронтов.
4. Система подсветки удалённого объекта; метод фазового сопряжения волновых фронтов.
5. Система подсветки удалённого объекта; принцип повышения резкости изображения.
6. Система подсветки удалённого объекта; метод компенсации отклонений формы волнового фронта.

Ответ: 1

#### 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 на большинство вопросов даны правильные ответы*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

## **КМ-2. Методы измерений деформаций волнового фронта**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменное тестирование в аудитории. Длительность 20 минут

### **Краткое содержание задания:**

Тест содержит 9 вопросов в трёх разделах: методы измерений деформаций волнового фронта, типы датчиков волнового фронта, дисперсия шума в датчиках различных типов.

Тест содержит вопросы 3 типов: один из многих, многие из многих, развёрнутый ответ.

### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные методы измерений деформаций волнового фронта и критерии оценки качества изображения	1.Перечислите требования, предъявляемые к датчикам волнового фронта 2.Запишите (математически) условие минимума дефокусировки 3.Перечислите достоинства и недостатки метода Гартмана 4.Коррекция атмосферных искажений не проводится: 1. в системах наблюдения удалённых объектов 2. в системах мощных лазеров 3. в излучающих адаптивных системах 4. при внутррезонаторной коррекции волнового фронта Ответ: 2, 4
---	--

### **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 на большинство вопросов даны правильные ответы*

*Оценка: 3*

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

### КМ-3. Характеристики турбулентной атмосферы

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная контрольная работа

#### Краткое содержание задания:

Контрольная работа содержит 3 задачи и ориентирована на тему: "Характеристики турбулентной атмосферы". В рамках темы решаются задачи по определению числа Рейнольдса для различных условий движения поток жидкости или газа; по расчёту величин, характеризующих состояние турбулентной атмосферы: радиус изображения, время "замороженности" атмосферы, атмосферный радиус когерентности, угол изопланатизма, проводится оценка структурных функций и структурных постоянных.

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: анализировать параметры турбулентной атмосферы, структуру и качество изображения при наличии случайных неоднородных сред	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Покажите, что для случая, когда структурная постоянная не зависит от координаты, волновая структурная функция для сферической волны равна <math>D_{сф}(r) = \frac{3}{8} D_{пл}(r)</math></li><li>2. Каковую размерность имеет число Рейнольдса? Выполните анализ размерности</li><li>3. Как изменится качество изображения при изменении условий наблюдения с "отличные" на "хорошие"</li><li>4. Стекланный шарик диаметром 3 мм бросили в масло с вязкостью <math>10^{-1} \frac{Н \cdot с}{м^2}</math> и плотностью <math>1,8 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}</math>. Шарик падает с постоянной скоростью <math>1 \frac{см}{с}</math>. Рассчитайте число Рейнольдса? Что можно сказать о характере движения шарика?</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 задание выполнено преимущественно верно. Имеются арифметические ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если приведено правильное решение не менее половины задач



## КМ-4. Коррекция деформаций волнового фронта

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная контрольная работа

### Краткое содержание задания:

Контрольная работа содержит 3 задачи и ориентирована на тему: “Коррекция деформаций волнового фронта”. В рамках темы решаются задачи по расчёту остаточной ошибки коррекции; по определению необходимого и достаточного числа каналов управления для обеспечения приемлемой степени коррекции деформаций волнового фронта.

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать остаточную ошибку коррекции волнового фронта и параметры корректора	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Рассчитайте остаточную ошибку коррекции в случае идеального модального корректора Цернике с 128 каналами управления</li><li>2. Рассчитайте приведенную остаточную ошибку для коррекции 14 первых мод Цернике. Сравните с данными, полученными с помощью матрицы Нолла</li><li>3. Какое число каналов управления потребуется, чтобы выполнить коррекцию фазовых искажений, при работе оптической системой с диаметром главного зеркала 250 мм в условиях нормальной видимости (радиус Фрида 15 см)</li><li>4. Оцените дисперсию фазы в системе наблюдения удалённых объектов с главным зеркалом диаметром 1 м и числом каналов управления 86, если известно, что при средней скорости ветра 3 м/с время “замороженности” атмосферы составило 10 мс.</li><li>5. Достаточно ли использовать 24-канальную адаптивную систему на телескопе с диаметром главного зеркала 1 м для коррекции фазовых искажений в условиях нормальной видимости (радиус Фрида 10 см)?</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 задание выполнено преимущественно верно. Имеются арифметические ошибки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если приведено правильное решение не менее половины задач*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

**Пример билета**

Зачёт выставляется по совокупности результатов.

**Процедура проведения**

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-5<sub>ПК-1</sub> Разработка нормативно-технической документации для проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства

**Вопросы, задания**

1. Оцените ошибку коррекции деформации волнового фронта, связанную с конечностью числа членов разложения, если число каналов управления корректора 128.

2. Оцените дисперсию фазы в системе наблюдения удалённых объектов с главным зеркалом диаметром 1 м и числом каналов управления 86, если известно, что при средней скорости ветра 3 м/с время заморозенности атмосферы составило 10 мс.

3. Перечислите принципы построения АОС.

4. Метод фазового сопряжения используется:

- - в системах наблюдения удалённых объектов,
- - излучающих системах,
- - в системах фокусировки излучения.

5. Выберите утверждение, соответствующее действительности.

- - Плотность потока излучения зависит от числа субапертур в системах с повышением резкости изображения.
- - Число приёмников излучения равно числу субапертур в системах с апертурным зондированием.
- - Сложность адаптивных систем с фазовым сопряжением растёт с ростом числа субапертур.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Установите соответствие между составными частями самонастраивающихся адаптивных систем и их функциями

1 вычислительное устройство	А выполняет функцию настройки управляющего устройства
2 автоматическое управляющее устройство	Б оценивает свойства входного сигнала
3 устройство анализа объекта	В осуществляет воздействие на управляемый объект
4 устройство анализа сигнала	Г оценивает свойства управляемого объекта
5 исполнительное устройство	Д определяет способ изменения характеристик основного управляющего устройства

Ответы:

запишите пару буква-цифра

Верный ответ: 1Д 2В 3Г 4Б 5А

2. Основная автоматическая система состоит из

Ответы:

1 вычислительное устройство 2 управляемый объект 3 автоматическое управляющее устройство 4 устройство анализ объекта

Верный ответ: 2, 3

3. Выберите утверждение, соответствующее действительности.

Число приёмников излучения не зависит от числа субапертур в системах, построенных:

Ответы:

по принципу повышения резкости изображения по методу фазового сопряжения по методу корректировки отклонений ВФ от номинального по методу фазового сопряжения по методу апертурного зондирования

Верный ответ: по методу апертурного зондирования

4. Чем определяется минимальная возможная величина остаточной ошибки коррекции деформации волнового фронта

Ответы:

развёрнутый ответ

Верный ответ: минимально достижимая величина ошибки обусловлена конечным числом членов разложения поверхности волнового фронта по функциям отклика

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-бПК-1 Разработка технических заданий на разработку квантово-оптических систем в целом и их составных частей, эскизных и технических проектов

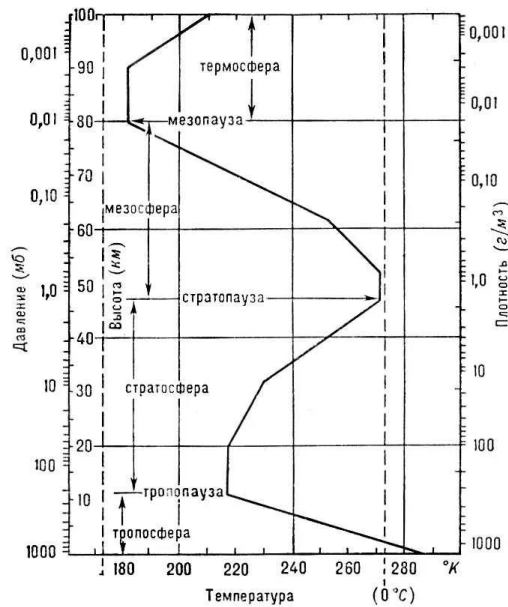
### Вопросы, задания

1. Достоинства и недостатки метода Гартмана.

2. Дефокусировка в схемах с датчиками кривизны осуществляется с помощью: А) сегментированного зеркала; Б) мембранного зеркала; В) полупрозрачного зеркала; Г) модулятора.

3. Запишите условие линейности отклика квадрантного датчика.

4. Определите структурную постоянную температуры на высоте 1 км, если известно, что структурная постоянная показателя преломления на данной высоте оказалась равной  $5 \times 10^{-14} \text{ м}^{-2/3}$ . Температуру и давление для данной высоты можно определить по диаграмме стратификации.



5. Как изменится качество изображения источника при улучшении условий наблюдения: радиус когерентности увеличивается с 5 см до 10 см?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Обязательными элементами адаптивных оптических систем, построенных по принципу повышения резкости изображения, являются

Ответы:

1 датчик интенсивности излучения 2 источник излучения 3 устройство обработки данных 4 устройство воздействия на волновой фронт 5 система апертурного зондирования 6 датчик волнового фронта

Верный ответ: 1, 3, 4

2. Измеряют наклон волнового фронта

Ответы:

А) Интерференционные датчики Б) Датчики кривизны В) Датчики Шека-Гартмана Г) Пирамидальные датчики

Верный ответ: А, В, Г

3. Перечислите требования, предъявляемые к датчикам волнового фронта

Ответы:

развёрнутый ответ

Верный ответ: работа с некогерентными источниками; высокое быстродействие; эффективное использование фотонов; отсутствие фазовой неопределённости

4. Сформулируйте принципиальное отличие пирамидального датчика от датчика Шека-Гартмана

Ответы:

развёрнутый ответ

Верный ответ: отсутствие дискретизации по зрачку

5. Выберите значение структурной постоянной показателя преломления, соответствующее слабой турбулентности

Ответы:

1  $10^{-15} \text{ м}^{-2/3}$  2  $10^{-13} \text{ м}^{-2/3}$  3  $10^{-17} \text{ м}^{-2/3}$

Верный ответ: 3

6. Какое значение радиуса Фрида соответствует “нормальной” видимости в условиях высокогорной обсерватории

Ответы:

5 см 10 см 15 см 20 см  
Верный ответ: 15 см

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

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Семестровая составляющая не ниже 4,5.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Семестровая составляющая не ниже 3,5.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Семестровая составляющая не ниже 2,6.*

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

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».