

**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  
Абerrационный расчет оптико-электронных приборов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Евтихиева О.А.
	Идентификатор	R0243dc26-YevtikhiyevaOA-2430dc

(подпись)

О.А.


Евтихиева

(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-67f74b

(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-67f74b

(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-3 Проведение технических расчетов, функциональный анализ проекта квантовооптических 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: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
3. Тест №1 (Тестирование)
4. Тест №2 (Тестирование)

## БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	11	14
Монохроматические аберрации					
Основные положения теории аберраций		+			
Монохроматические аберрации третьего порядка		+	+		
Монохроматические аберрации действительных лучей				+	
Хроматические аберрации					
Хроматические аберрации				+	
Аберрации тонкого компонента				+	
Аберрации оптических систем					

Аберрации типовых оптических систем				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

**БРС курсовой работы/проекта**

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	8	11	14	16
Текущий контроль выполнения курсовой работы		+	+	+	+
Вес КМ:	40	25	25	10	

## 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-3ПК-1 Проведение технических расчетов, функциональный анализ проекта квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	Знать: Методы расчета аберраций оптических систем. Уметь: Самостоятельно разбираться в различных методиках расчета оптических систем и применять их для решения поставленной задачи.	Контрольная работа №1 (Контрольная работа) Тест №2 (Тестирование)
ПК-1	ИД-6ПК-1 Разработка технических заданий на разработку квантово-оптических систем в целом и их составных частей, эскизных и технических проектов	Знать: Основные виды аберраций. Основные характеристики оптических систем, влияющие на качество изображения. Уметь: Выбирать методы расчета оптико-электронных приборов для решений конкретных задач. Осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета аберраций оптических систем, схем и	Тест №1 (Тестирование) Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

		устройств различного функционального назначения.	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Тест №1

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается бланк с 10 вопросами и 3 вариантами ответов на каждый. Студенту нужно выбрать единственный верный вариант ответа на каждый из вопросов. На весь тест отводится 7 минут.

**Краткое содержание задания:**

1. Что такое функция Эйконала?

а) функция, описывающая фазу волны

б) функция, характеризующая амплитуду волны

в) разность функций эйконала между двумя точками равна оптической длине пути света между этими двумя точками.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Основные виды aberrаций. Основные характеристики оптических систем, влияющие на качество изображения.	1.Перечислите методы расчета aberrаций оптических систем. 2.Чем определяется волновая aberrация? 3.Какую форму имеет анаберрационная отражательная поверхность?
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если дан верный ответ на 9-10 из 10 вопросов*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если дан верный ответ на 7-8 из 10 вопросов*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если дан верный ответ на 5-6 из 10 вопросов*

### КМ-2. Контрольная работа №1

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вариант, состоящий из 1 задачи. На решение задачи отводится 1 академический час.

**Краткое содержание задания:**

Вычислить сферическую абберацию 3-его порядка линзы в воздухе для предмета в бесконечности.

Конструктивные параметры линзы:

$r_1=105,44\text{мм}$ ,  $r_2= -141,58\text{мм}$ , толщина линзы  $d=25\text{мм}$ ,  $n = 1,61550$ , относительное отверстие  $D/f = 1:2,55$ ,  $SP = 0$

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: Методы расчета аббераций оптических систем.	1.Перечислите основные характеристики оптических систем, влияющие на качество изображения. 2.Что такое кома 3-го порядка? 3.Что такое астигматизм и кривизна поля изображения 3-его порядка?
--	--

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если намечен рациональный путь решения задачи, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех размерностей.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если намечен рациональный путь решения задачи, получен верный конечный результат в виде формулы, однако имеются незначительные ошибки в расчётах.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если намечен рациональный путь решения задачи, но получен неверный конечный результат в виде формулы и численного значения.

### КМ-3. Контрольная работа №2

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается вариант, состоящий из 1 задачи. На решение задачи отводится 1 академический час.

### Краткое содержание задания:

Вычислить хроматическую абберацию положения изображения в параксиальной области линзы в воздухе, имеющие следующие конструктивные параметры:

$r_1=105,44\text{мм}$ ,  $r_2= -141,58\text{мм}$ , толщина линзы  $d=25\text{мм}$ ,  $n = 1,61550$ . Расчет выполнить для линий спектра  $F'$  ( $n_{F'} = 1,62069$ ) и  $C'$  ( $n_{C'} = 1,61049$ ). Расчет провести двумя способами.

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Выбирать методы расчета опико-электронных приборов для решений конкретных задач. Осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета аббераций	1.Как вычисляется хроматическая абберация величины изображения в параксиальной области линзы в воздухе? 2.Как вычисляется хроматическая абберация положения изображения в параксиальной области линзы в воздухе?
--	---



оптических систем, схем и устройств различного функционального назначения.	3. Как вычисляется вторичный спектр положения изображения изображения в параксиальной области линзы в воздухе?
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если намечен рациональный путь решения задачи, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех размерностей.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если намечен рациональный путь решения задачи, получен верный конечный результат в виде формулы, однако имеются незначительные ошибки в расчётах.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если намечен рациональный путь решения задачи, но получен неверный конечный результат в виде формулы и численного значения.

**КМ-4. Тест №2**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается бланк с 10 вопросами и 3 вариантами ответов на каждый. Студенту нужно выбрать единственный верный вариант ответа на каждый из вопросов. На весь тест отводится 7 минут.

**Краткое содержание задания:**

Действительными называются лучи, идущие под углами

- а) меньше 10
- б) меньше 40
- в) больше 10

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: Самостоятельно разбираться в различных методиках расчета оптических систем и применять их для решения поставленной задачи.	1. Как проводится сбор и анализ исходных данных для расчета aberrаций оптической системы, схем и устройств различного функционального назначения? 2. При каких условиях проводится расчёт хода действительных лучей? 3. Что означает условие изопланатизма?
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если дан верный ответ на 9-10 из 10 вопросов

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если дан верный ответ на 7-8 из 10 вопросов*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если дан верный ответ на 5-6 из 10 вопросов*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 6 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Уравнение Эйконала. Физический смысл функций эйконала. Оптическая длина пути. Принцип Ферма.
2. Сферическая aberrация тонкого компонента. Устранение сферической aberrации и комы для тонкого компонента. Изопланатические системы.
3. Рассчитать астigmatизм и кривизну поля изображения для тонкой линзы с  $f' = 20\text{мм}$  в воздухе и предмета в бесконечности.

### Процедура проведения

Экзамен проводится письменно. Студенту выдается билет с 2 теоретическими заданиями и 1 задачей. Время проведения экзамена - 2 астрономических часа.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-1</sub> Проведение технических расчетов, функциональный анализ проекта квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства

### Вопросы, задания

1. Чему равняется в случае монохроматических aberrаций третьего порядка сумма показателей степеней у всех координат луча?
2. Какими параметрами обладает одиночная преломляющая поверхность в случае внеосевого предмета?
3. Вывод формул для коэффициентов Зейделя в случае системы из тонких компонентов.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое монохроматические aberrации?

Ответы:

- а) aberrации системы в параксиальной области
- б) aberrации, присущие для света определенной длины волны
- в) aberrации действительных лучей
- г) волновые aberrации

Верный ответ: б) aberrации, присущие для света определенной длины волны.

2. Какое из следующих утверждений является неверным?

Монохроматические aberrации третьего порядка:

Ответы:

- а) зависят от конструктивных параметров системы.
- б) зависят от положения предмета и плоскости входного зрачка.
- в) зависят от размеров предмета.
- г) не зависят от координат лучей, с помощью которых строится изображение.

Верный ответ: г) не зависят от координат лучей, с помощью которых строится изображение.

3. Сколько существует монохроматических aberrаций третьего порядка?

Ответы:

- а) три
- б) пять
- в) семь
- г) девять

Верный ответ: б) пять

4. Действительными называются лучи, идущие под углами

Ответы:

- а) больше 4 градусов
- б) меньше 4 градусов
- в) меньше 1 градуса
- г) больше 1 градуса

Верный ответ: г) больше 1 градуса

**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. От каких параметров зависит монохроматическая сферическая aberrация действительных лучей?
2. От каких параметров не зависит aberrация кома для действительных лучей?
3. Как величина дисторсии зависит от удаленности точки от оси?
4. Какую форму имеет анаберрационная отражательная поверхность?
5. Расчет астигматизма и кривизны поля изображения 3-го порядка при разных условиях нормировки
6. Дисторсия. Бочкообразная и подушкообразная дисторсии. Расчет дисторсии 3-го порядка.
7. Хроматизм положения и увеличения тонкого компонента при разных условиях нормировки. Физический смысл основного хроматического параметра.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какая из монохроматических aberrаций не зависит от удаленности точки от оптической оси?

Ответы:

- а) сферическая
- б) кома
- в) астигматизм
- г) дисторсия

Верный ответ: а) сферическая

2. Какое из следующих утверждений является неверным. Астигматизм и кривизна поля изображения:

Ответы:

- а) зависят от размера предмета
- б) не зависят от величины полевого угла
- в) зависят от расположения предмета
- г) зависят от положения входного зрачка

Верный ответ: б) не зависят от величины полевого угла

3. Монохроматические aberrации третьего порядка рассчитываются с помощью

Ответы:

- а) тригонометрических формул
- б) уравнений Юнга - Аббе
- в) инварианта Лагранжа – Гельмгольца
- г) сумм Зейделя

Верный ответ: г) сумм Зейделя

4. Продольная сферическая aberrация одиночной положительной линзы

Ответы:

- а) величина положительная
- б) величина отрицательная
- в) может быть как положительной, так и отрицательной величиной
- г) зависит от полевого угла.

Верный ответ: б) величина отрицательная

5. Условие изопланатизма означает, что

Ответы:

- а) в системе отсутствует сферическая aberrация
- б) в системе отсутствует кома
- в) изображение как осевой, так и внеосевой точек предмета одинаково несовершенно
- г) в системе отсутствует астigmatизм

Верный ответ: в) изображение как осевой, так и внеосевой точек предмета одинаково несовершенно

6. Величина дисторсии зависит от удаленности точки от оси

Ответы:

- а) линейно
- б) квадратично
- в) кубически
- г) не зависит от удаленности точки от оптической оси.

Верный ответ: в) кубически

7. Хроматические aberrации имеют место

Ответы:

- а) только в параксиальной области
- б) только для действительных лучей
- в) для любых лучей оптической системы.
- г) только для области Зейделя

Верный ответ: в) для любых лучей оптической системы.

8. Хроматическая aberrация положения изображения не зависит

Ответы:

- а) от положения предмета
- б) от конструктивных параметров системы
- в) от длины волны света
- г) от угла наклона луча с оптической осью

Верный ответ: г) от угла наклона луча с оптической осью

9. Хроматическая aberrация положения изображения вычисляется по формуле

Ответы:

- а)  $\Delta S'_{\lambda_1 \lambda_2} = S'_{\lambda_1} - S'_{\lambda_2} \quad (\lambda_1 < \lambda_2)$
- б)  $\Delta S'_{\lambda_1 \lambda_2} = S'_{\lambda_1} - S'_{\lambda_2} \quad (\lambda_2 < \lambda_1)$
- в)  $\Delta S'_{\lambda_0} = S'_{\lambda_1} - S'_{\lambda_0} \quad (\lambda_1 < \lambda_0)$
- г)  $\Delta S'_{\lambda_0} = S'_{\lambda_2} - S'_{\lambda_0} \quad (\lambda_2 < \lambda_0)$

Верный ответ: а)  $\Delta S'_{\lambda_1 \lambda_2} = S'_{\lambda_1} - S'_{\lambda_2} \quad (\lambda_1 < \lambda_2)$

10. При расчете хроматизма увеличения величины изображения для разных длин волн лежат всегда

Ответы:

- а) в разных плоскостях
- б) в одной и той же плоскости
- в) могут находиться как в разных плоскостях, так и в одной плоскости
- г) лежат в плоскости параксиального изображения для основной длины волны

Верный ответ: в) могут находиться как в разных плоскостях, так и в одной плоскости

11. Хроматическая aberrация увеличения вычисляется по формуле

Ответы:

а)  $\Delta U'_{\lambda_1 \lambda_2} = U'_{\lambda_1} - U'_{\lambda_2} \quad (\lambda_1 < \lambda_2)$

б)  $\Delta U'_{\lambda_1 \lambda_2} = U'_{\lambda_1} - U'_{\lambda_2} \quad (\lambda_2 < \lambda_1)$

в)  $\Delta U'_{\lambda_0} = U'_{\lambda_1} - U'_{\lambda_0} \quad (\lambda_1 < \lambda_0)$

г)  $\Delta U'_{\lambda_0} = U'_{\lambda_2} - U'_{\lambda_0} \quad (\lambda_2 < \lambda_0)$

Верный ответ: а)  $\Delta U'_{\lambda_1 \lambda_2} = U'_{\lambda_1} - U'_{\lambda_2} \quad (\lambda_1 < \lambda_2)$

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «отлично» 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:* Оценка «хорошо» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «удовлетворительно» 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.

**Для курсового проекта/работы:**

**6 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

В ходе защиты курсовой работы студенты демонстрируют графический материал: задание, результаты расчётов и их анализ, необходимые схемы и пояснения. Длительность доклада студента 5-7 минут. По окончании доклада члены комиссии могут задавать дополнительные вопросы.

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

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена на высоком уровне и в срок; практически нет замечаний по оформлению; ответы на вопросы комиссии верные.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена на хорошем уровне и в срок; имеются незначительные замечания по оформлению пояснительной записки; ответы на вопросы комиссии, в целом, верные с незначительными ошибками.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена на удовлетворительном уровне с незначительными ошибками в результатах или с большим опозданием; имеются значительные замечания по оформлению пояснительной записки; ответы на вопросы комиссии даны с ошибками, но не более 50% ошибок.

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

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющей.