

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



\_\_\_\_\_ А.А.Панфилов

« 02 » 09 \_\_\_\_\_ 20 19 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ АДАПТИВНОЙ ОПТИКИ**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 12.04.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

Профиль/программа подготовки: "Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы"

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зач ет с оценкой)
3	4 / 144.	18		18-	72	Экзамен (36)
Итого	4 / 144.	18		18-	72	Экзамен (36)

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины «Физические и математические принципы адаптивной оптики» является ознакомление с базовыми подходами к коррекции аберраций лазерного излучения с помощью активных оптических систем, построенных на принципах адаптивной оптики.

### Задачи дисциплины:

- получение знаний в области адаптивной оптики;
- приобретение умений по обработке изображений, формируемых адаптивными оптическими системами.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физические и математические принципы адаптивной оптики» входит в обязательные дисциплины вариативной части ОПОП подготовки магистров по направлению «Лазерная техника и лазерные технологии».

Дисциплина изучается в седьмом семестре и требует освоения следующих курсов:

- Физика;
- Метрология;
- Информатика;
- Основы оптики;

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

В результате освоения дисциплины частично формируются следующие компетенции:

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ПК-1	<i>частичный</i>	<i>Знать:</i> типовую структуру описания научного исследования на этапе его планирования; <i>Уметь:</i> работать с источниками информации о программах финансовой поддержки научных исследований; <i>Владеть:</i> работать с источниками информации о программах финансовой поддержки научных исследований;
ПК-2	<i>частичный</i>	<i>Знать:</i> методы и средства измерений параметров лазерного излучения; <i>Уметь:</i> методы и средства измерений параметров лазерного излучения; участвовать в теоретических и экспериментальных исследованиях в области лазерной техники и лазерных технологий; <i>Владеть:</i> навыки целенаправленного планирования экспериментов; навыки использования средств автоматизации при проведении экспериментальных исследований;
ПК-7	<i>частичный</i>	<i>Знать:</i> принципы функционирования электронных компонентов, использующихся в системах управления лазерами; <i>Уметь:</i> проектировать конструктивные элементы систем транспортировки и наведения лазерного излучения; <i>Владеть:</i> способность составлять и оперировать математическими моделями распространения лазерного излучения;

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр		Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
		Неделя семестра		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Общие принципы построения систем адаптивной оптики	3	1-5	6		4	16	5 / 50%	Рейтинг-контроль №1
2	Принципы функционирования датчиков волнового фронта	3	5-12	6		4	26	5 / 50%	Рейтинг-контроль №2
3	Методы анализа изображения, формируемого оптической системой	3	10-18	6		10	30	10 / 62,5%	Рейтинг-контроль №3
<b>Наличие в дисциплине КП/КР</b>									
<b>Всего</b>		3	18	18		18-	72	20 / 55%	Экзамен (36)

#### Содержание лекционных занятий по дисциплине

##### Раздел 1. Общие принципы построения систем адаптивной оптики.

- 1.1. Принципиальные схемы систем адаптивной оптики.
- 1.2. Основные типы систем адаптивной оптики.
- 1.3. Сравнительный анализ типовых систем адаптивной оптики.
- 1.4. Применение адаптивной оптики: оптическая астрономия, передача световой энергии на далёкие расстояния, адаптивные резонаторы, лазерное сверхсжатие вещества.

##### Раздел 2. Принципы функционирования датчиков волнового фронта.

- 2.1. Интерференционный метод измерения.
- 2.2. Метод Гартмана.

##### Раздел 3. Методы анализа изображения, формируемого оптической системой.

- 3.1. Оптическая система как фильтр пространственных частот.
- 3.2. Структура изображения точечного предмета, образованного оптической системой.

- 3.3. Оптическая передаточная функция.
- 3.4. Структура изображения, образованного оптической системой с синтезированной апертурой.
- 3.5. Критерии оценки качества изображения, образованного оптической системой.

### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

- Тема 1. Разновидности систем адаптивной оптики (2 ч).  
Тема 2. Области применения адаптивных оптических систем (2 ч).  
Тема 3. Датчики волнового фронта, работающие на интерферометрических принципах (2 ч).  
Тема 4. Датчики волнового фронта, использующие принцип Гартмана (2 ч).  
Тема 5. Математический аппарат для описания оптического изображения и формирующей его системы (2 ч).  
Тема 6. Оптическая передаточная функция (2 ч.)  
Тема 7. Зеркала с синтезированной апертурой (2 ч.)  
Тема 8. Способы оценки качества изображения, формируемого оптической системой (2 ч.)  
Тема 9. Технологии создания узлов адаптивных оптических систем (2 ч.)

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В преподавании дисциплины «Физические и математические принципы адаптивной оптики» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (раздел №1);*
- *Групповая дискуссия (раздел №1);*
- *Анализ ситуаций (раздел №3);*

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1 . Вопросы к экзамену**

1. Принципиальные схемы систем адаптивной оптики.
2. Основные типы систем адаптивной оптики.
3. Сравнительный анализ типовых систем адаптивной оптики.
4. Применение адаптивной оптики в оптической астрономии.
5. Передача световой энергии на далёкие расстояния.
6. Адаптивные резонаторы.
7. Интерференционный метод измерения.
8. Метод Гартмана.
9. Оптическая система как фильтр пространственных частот.
10. Структура изображения точечного предмета, образованного оптической системой.
11. Оптическая передаточная функция.
12. Структура изображения, образованного оптической системой с синтезированной апертурой.
13. Критерии оценки качества изображения, образованного оптической системой.

### **6.2. Вопросы рейтинг-контроля**

#### **Рейтинг-контроль № 1**

1. Блок-схема адаптивной системы автоматического управления.
2. Адаптивный телескоп с прямым управлением.
3. Адаптивный телескоп с системой обратной связи.

4. Система фокусировки излучения с датчиком, регистрирующим рассеянное световое поле перед корректором волнового фронта.
5. Система фокусировки излучения с датчиком, регистрирующим рассеянное световое поле после вторичного прохождения корректора.
6. Адаптивные системы для наблюдения удалённых объектов.
7. Метод фазового сопряжения волновых фронтов.
8. Принцип повышения резкости изображения.
9. Сравнительный анализ типовых систем адаптивной оптики.
10. Применение адаптивной оптики в оптической астрономии.
11. Системы коррекции наклонов волнового фронта на атмосферной трассе.
- 12.

### **Рейтинг-контроль № 2**

1. Система передачи энергии на искусственный спутник Земли.
2. Адаптивные резонаторы.
3. Обзор основных методов измерения для датчиков волнового фронта.
4. Интерференционный метод измерения на основе интерферометра Майкельсона.
5. Интерференционный метод измерения на основе интерферометра Тваймана-Грина.
6. Интерферометр Физо.
7. Интерферометры сдвига.
8. Схема метода Гартмана.
- 9.

### **Рейтинг-контроль № 3**

1. Распределение освещённости на поверхности изображения для идеальных и неидеальных систем.
2. Функция рассеяния точки.
3. Функция рассеяния линии.
4. Оптическая передаточная функция.
5. Модуляционно-передаточная функция.
6. Оптическая передаточная функция при центральном экранировании зрачка оптической системы.
7. Определение контраста изображения при центральном экранировании.
8. Распределение освещённости для синтезированной апертуры.
9. Световое возмущение в параксиальном приближении.
10. Оценка деформации волнового фронта.
- 11.

## **6.3. Вопросы к самостоятельной работе студента**

### **Раздел 1. Общие принципы построения систем адаптивной оптики.**

Устройства воздействия на волновой фронт.

Измерительные устройства.

Устройства обработки информации о результатах измерений.

Телескоп Цейсс-600.

Телескоп АСТ-1200.

Система компенсации атмосферных искажений в реальном времени.

Система Грегори.

Схема активной оптики крупного телескопа.

### **Раздел 2. Принципы функционирования датчиков волнового фронта.**

Виды аббераций волнового фронта.

Функция рассеяния точки.

Фотометрический метод контроля астрономической оптики.

Интерферометрия бокового сдвига.

Интерферометр с компенсатором в параллельном пучке лучей.

Интерферометр с компенсатором в расходящемся пучке лучей.

Датчик Шака-Гартмана.

Полиномы Цернике.

**Раздел 3. Методы анализа изображения, формируемого оптической системой.**

Функция рассеяния точки.

Функция рассеяния линии.

Теорема свёртки.

Функция передачи модуляции.

Виды экранирования поля зрачка.

Оптические системы с синтезированной апертурой.

Смещение поверхности зрачка в звёздном интерферометре Майкельсона.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Больбасова Л.А. Адаптивная коррекция атмосферных искажений оптических изображений на основе искусственного опорного источника	2012		<a href="https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1783102">https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1783102</a>
2. Шанин, О. И. Адаптивные оптические системы коррекции наклонов. Резонансная адаптивная оптика / О. И. Шанин. — Москва : Техносфера, — 296 с. — ISBN 978-5-94836-347-9	2013		<a href="http://www.iprbookshop.ru/26890.html">http://www.iprbookshop.ru/26890.html</a>
3. Шанин, О. И. Адаптивные оптические системы в импульсных мощных лазерных установках / О. И. Шанин. — Москва : Техносфера, 2012. — 200 с. — ISBN 978-5-94836-313-4	2012		<a href="http://www.iprbookshop.ru/16971.html">http://www.iprbookshop.ru/16971.html</a>
Дополнительная литература			
1. Дьяконов, В. П. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения / В. П. Дьяконов. — 2-е изд. — Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2017. — 800 с. — ISBN 978-5-91359-042-8	2017		<a href="http://www.iprbookshop.ru/90394.html">http://www.iprbookshop.ru/90394.html</a>
2. Якушенков, Ю. Г. Основы оптико-электронного приборостроения : учебник / Ю. Г. Якушенков. — Москва : Логос, 2013. — 376 с. — ISBN 978-5-98704-652-4.	2013		<a href="http://www.iprbookshop.ru/14323.html">http://www.iprbookshop.ru/14323.html</a>

в) периодические издания:

1. Квантовая электроника, ISSN: 1063-7818.
2. Оптика атмосферы и океана, ISSN: 0869-5695.
3. Оптический журнал, ISSN: 0030-4042.
4. Applied Optics, ISSN: 2155-3165.

г) интернет-ресурсы:

1. Список публикаций сотрудников ООО «Активная оптика НайтН» // Режим доступа: [http://www.nightn.ru/files/publications/publications\\_ru.htm](http://www.nightn.ru/files/publications/publications_ru.htm)
2. Лаборатория адаптивной оптики Международного лазерного центра МГУ им. М.В.Ломоносова // Режим доступа: [http://www.ilc.msu.ru/science\\_education/laboratories/detail.php?ID=283](http://www.ilc.msu.ru/science_education/laboratories/detail.php?ID=283)
3. Учебное пособие по адаптивной оптике обсерватории Серро Тололо // Режим доступа: <http://www.astronet.ru/db/msg/1205112/intro.html>
4. Лаборатория когерентной и адаптивной оптики Института оптики атмосферы имени В.Е.Зуева СО РАН // Режим доступа: <http://www.iao.ru/ru/structure/scidivs/2/39>

5.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- система динамической коррекции фазовых искажений волнового фронта;
- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 430-3);
- электронные записи лекций.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Рабочую программу составил старший преподаватель Жирнова С.В.

(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) Ген. Директор ООО «ВладИнТех» Осипов А.В.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 1 от 02.09.2019 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии программа подготовки : «Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы»

Протокол № 1 от 02.09.2019 года

Председатель комиссии

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2020/2021 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.2020 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ 

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_