

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР  
А.А.Панфилов

« 23 » декабря 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**СИСТЕМЫ АДАПТИВНОЙ ОПТИКИ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ**  
(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 промежуточного контроля (экз./зачет)
3	5 / 180	18	18	36	72	Экзамен (36)
Итого	5 / 180	18	18	36	72	Экзамен (36)

Владимир 2015

*Мис*

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Современная адаптивная оптика переживает время своего становления и только вступает в период подлинной адаптации. Развитие адаптивной оптики было стимулировано в первую очередь такими задачами, для успешного решения которых необходимо устранять возмущения волнового фронта, вызываемые неконтролируемыми случайными воздействиями. К наиболее известным системам такого типа, напрямую связанным с отраслью разработки лазерных систем военного назначения, относятся:

- системы формирования и фокусировки лазерного излучения;
- лазерные измерительные системы, работающие в атмосфере;
- оптические системы мощных лазеров.

Задачи адаптивной оптики достаточно разнообразны. Однако их объединяет общая идея – устранение нерегулярных искажений, возникающих при распространении света в неоднородной среде с помощью управляемых оптических элементов.

В оптических системах мощных лазеров возникают различные нерегулярные искажения волнового фронта, что приводит к ухудшению параметров выходного излучения. Причиной искажений в этих устройствах являются флуктуации оптических параметров среды, а также нелинейные эффекты, вызываемые интенсивным излучением. Для компенсации искажений и получения пучка дифракционного качества перспективно применение внутриврезонаторных корректирующих элементов. Это могут быть устройства ОВФ или управляемые зеркала. Применение внутриврезонаторной коррекции является одним из главных отличий последней задачи от задачи формирования лазерного пучка в атмосфере.

**Целью** освоения дисциплины “Системы адаптивной оптики и их приложения” является ознакомление (в том числе на практике) с техническими аспектами разработки и применения активных оптических систем, построенных на принципах адаптивной оптики.

### **Задачи дисциплины:**

- получение новых знаний в области адаптивной оптики;
- освоение практического опыта работы с современными адаптивными системами и оборудованием для диагностики лазерного излучения;
- приобретение умений по эксплуатации современных адаптивных оптических систем и использованию современного оборудования для диагностики лазерного излучения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина “Системы адаптивной оптики и их приложения” относится к дисциплинам по выбору вариативной части блок Б1 ОПОП подготовки магистров по направлению «Лазерная техника и лазерные технологии» (программа «Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы»).

Изучение дисциплины предполагает наличие у студентов фундаментальных знаний в области общей физики, оптики, информатики, электроники и микропроцессорной техники, а также знакомство с базовыми принципами адаптивной оптики.

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены при изучении других специальных дисциплин по профилю подготовки, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины частично формируются следующие компетенции:

- ПК-4, способность разрабатывать функциональные и структурные схемы приборов и систем лазерной техники с определением их физических принципов действия, структурно-логических связей и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

- оптимальные методы проведения оптических и фотометрических измерений, технические средства их проведения при использовании адаптивных оптических систем (ПК-4);

2) Уметь:

- определять структурно-логические связи и технические требования к системам адаптивной оптики в зависимости от области их применения (ПК-4);

3) Владеть:

- приёмами использования возможностей адаптивной оптики в различных системах лазерной техники (ПК-4).

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	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)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Структура и классификация систем адаптивной оптики	3	1-2	2	2	-	-	12	-	2 / 50%	Рейтинг-контроль №1
2	Элементы систем адаптивной оптики	3	1-6	4	4	12	-	18	-	10 / 50%	
3	Электронное и программное обеспечение систем адаптивной оптики	3	7-14	4	8	16	-	22	-	12 / 42%	Рейтинг-контроль №2
4	Приложения адаптивных оптических систем	3	13-18	8	4	8	-	20	-	10 / 50%	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего</b>		<b>3</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>72</b>	<b>-</b>	<b>34 / 47%</b>	<b>Экзамен (36)</b>

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Темы лекций.

#### Раздел 1. Структура и классификация систем адаптивной оптики.

- 1.1. Принципиальная схема адаптивной оптической системы.
- 1.2. Классификация систем адаптивной оптики.

#### Раздел 2. Элементы систем адаптивной оптики.

- 2.1. Корректор волнового фронта.
- 2.2. Датчик волнового фронта.
- 2.3.  $M^2$ -датчик.
- 2.4. Система управления.

#### Раздел 3. Электронное и программное обеспечение систем адаптивной оптики.

- 3.1. Адаптивный алгоритм фазового сопряжения.
- 3.2. Метод определения управляющих напряжений.
- 3.3. Электронный блок управления.

#### Раздел 4. Приложения адаптивных оптических систем.

- 4.1. Приложения в оптике атмосферы.
- 4.2. Приложения в оптических системах мощных лазеров.
- 4.3. Приложения в лазерных технологиях.

### Лабораторный практикум.

- Л.Р.№1. Юстировка датчика Шака-Гартмана (6 ч).
- Л.Р.№2. Коррекция аберраций лазерного излучения с использованием метода фазового сопряжения и методов апертурного зондирования (6 ч).
- Л.Р.№3. Электронная система управления биморфными зеркалами (4 ч).
- Л.Р.№4. Алгоритмы и программная реализация управления элементами адаптивной оптической системы (12 ч).
- Л.Р.№5. Управление параметром качества ( $M^2$  - параметра) лазерного пучка (8 ч).

### Практические занятия

- Тема 1. Принципиальная схема адаптивной оптической системы. Датчики волнового фронта (2 ч.)
- Тема 2. Мембранные и биморфные зеркала. (4 ч.)
- Тема 3. Алгоритмы фазового сопряжения (4 ч.)
- Тема 4. Метод покоординатного спуска (2 ч.)
- Тема 5. Генетический и гибридный алгоритмы определения управляющих напряжений (2 ч.)
- Тема 6. Применение адаптивной оптики в оптических системах мощных лазеров (2 ч.)
- Тема 7. Применение адаптивной оптики в оптике атмосферы и лазерных технологиях (2 ч.)

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках лекционного курса:

### 5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в

сочетании с внеаудиторной работой: (контрольные аудиторные работы, индивидуальные домашние работы). В ходе практических занятий предполагается разбор типичных задач применения адаптивных оптических систем в проблемном аспекте с целью развития у студентов аналитического мышления и навыков разрешения проблемных ситуаций.

### **5.2. Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению индивидуальной домашней работы и лабораторных работ, к практическим занятиям и курсовому проектированию. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций, решение выданных преподавателем практики задач, подготовка и отчет по лабораторным работам.

### **5.3. Мультимедийные технологии обучения**

Некоторые из лекционных и практических занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории (например, ауд. 430-3) с использованием компьютерного проектора.

Студентам предоставляется компьютерный курс лекций.

### **5.4. Лекции приглашенных специалистов**

Планируются лекции приглашенных специалистов из ФКП ГЛП «Радуга» (г.Радужный), ООО «НайтН» (г.Шатура).

### **5.5. Рейтинговая система обучения**

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: баллы на контрольных занятиях; качество выполнения домашних типовых заданий, рассматриваемых на практических занятиях. Распределение баллов по контрольным мероприятиям определяется лектором, ведущим дисциплину.

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

### **6.1 . Экзаменационные вопросы**

1. Принципиальная схема адаптивной оптической системы.
2. Классификация систем адаптивной оптики.
3. Мембранные и биморфные зеркала.
4. Корректор волнового фронта.
5. Датчик волнового фронта Шака-Гартмана.
6.  $M^2$ -датчик.
7. Структура и функционирование системы управления адаптивной оптической системой.
8. Адаптивный алгоритм фазового сопряжения.
9. Определение управляющих напряжений с помощью алгоритма покоординатного спуска.
10. Генетический алгоритм определения управляющих напряжений биморфного зеркала.
11. Структура электронного блока управления.
12. Применение адаптивных оптических систем в оптике атмосферы.

13. Применение адаптивных оптических систем в оптических системах мощных лазеров.

14. Применение адаптивных оптических систем в лазерных технологиях.

## **6.2. Вопросы рейтинг-контроля**

### **Рейтинг-контроль № 1**

1. Составные элементы адаптивных оптических систем, их функции.  
2. Проблемы качества излучения в современных мощных лазерах.  
3. Основные задачи, которые могут быть решены методами и элементами адаптивной оптики.

4. Требования к корректору волнового фронта.
5. Сегментированные корректоры волнового фронта.
6. Мембранные корректоры волнового фронта.
7. Микромашинные MEMS.
8. Поршневые корректоры волнового фронта.
9. Жидкокристаллические модуляторы, пластины с приводами.
10. Биморфные зеркала.
11. Преимущества биморфных деформируемых зеркал.
12. Адаптивные зеркала малой апертуры.

### **Рейтинг-контроль № 2**

1. Аберрации волнового фронта в виде полиномов Цернике.  
2. Искажение фокального пятна аберрациями волнового фронта.  
3. Принцип работы датчика Шака-Гартмана. Алгоритмы обработки изображения с датчика.

4. Модификации датчиков волнового фронта.
5. Адаптивный алгоритм фазового сопряжения.
6. Принцип работы  $M^2$ -датчика.
7. Метод покоординатного спуска для определения корректирующих напряжений.
8. Проблема выбора шага в методе покоординатного спуска.
9. Генетический алгоритм определения корректирующих напряжений.
10. Гибридный метод определения корректирующих напряжений.
11. Структура электронного блока управления адаптивной оптической системой.

### **Рейтинг-контроль № 3**

1. Влияние турбулентности атмосферы на качество изображения.
2. Структурная функция.
3. Основные принципы теории локальной структуры турбулентности.
4. Случайные поглощающие фильтры.
5. Случайные фазовые фильтры.
6. Логарифмически-нормальное распределение амплитуды светового поля.
7. Оптическая передаточная функция при длительной экспозиции.
8. Оптическая передаточная функция при короткой экспозиции.
9. Деформация поверхности главного зеркала телескопа.
10. Материалы, применяемые для изготовления оптических зеркал.
11. Оптическая схема телескопа с синтезированной апертурой.
12. Варианты композиции оптических систем с синтезированной апертурой.

## **6.3. Самостоятельная работа студента**

В рамках самостоятельной работы по дисциплине студент должен изучить принципы работы и устройство лабораторного комплекса «Система фазовой коррекции волнового фронта».

Поскольку предусмотренный учебным планом объём аудиторной нагрузки не позволяет во время учебных занятий изучить теоретические и практические аспекты функционирования сложного лабораторного комплекса, то в методических указаниях для самостоятельной работы студентов приведены основные материалы для самостоятельного знакомства с устройством, функционированием и техникой безопасности при работе с системой. Контроль их освоения осуществляется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ по дисциплине.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература:**

1. Шанин О.И. Адаптивные оптические системы в импульсных мощных лазерных установках [Электронный ресурс]/ Шанин О.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 200 с.

2. Шанин О.И. Адаптивные оптические системы коррекции наклонов. Резонансная адаптивная оптика [Электронный ресурс]/ Шанин О.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2013.— 296 с.

3. Больбасова Л.А. Адаптивная коррекция атмосферных искажений оптических изображений на основе искусственного опорного источника [Электронный ресурс]/ Больбасова Л.А., Лукин В.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.— 126 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Якушенков Ю.Г. Основы оптико-электронного приборостроения [Электронный ресурс]: учебник/ Якушенков Ю.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос, 2013.— 376 с.

2. Прикладная оптика : учебное пособие для вузов по направлению 200200 - Оплотехника и оптическим специальностям / Л. Г. Бебчук [и др.] ; под ред. Н. П. Закашнова .— Изд. 3-е, стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2009 .— 312 с. : ил., табл. — (Учебники для вузов, Специальная литература) .— Библиогр.: с. 300-301 .— Предм. указ.: с. 302-308 .— Имен. указ.: с. 309 .— ISBN 978-5-8114-0757-6

3. Абрамочкин, Евгений Григорьевич. Современная оптика гауссовых пучков : [научное издание] / Е. Г. Абрамочкин, В. Г. Волостников .— Москва : Физматлит, 2010 .— 184 с. : ил. — Библиогр.: с. 180-184 .— ISBN 978-5-9221-1216-1.

### **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.

### **в) 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>

## 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.
- компьютеры со специализированным программным обеспечением (пакет ZEMAX, система математических и инженерных расчётов MATLAB).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии программа подготовки : «Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы»

Рабочую программу составил доцент каф. ФиПМ Лексин А.Ю.  
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

Наташа Сергеевна ФАП МПТ "Радуга"  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_

Протокол № 5А от 22.12.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии

направления 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Протокол № 5А от 22.12.15 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

(ФИО, подпись)



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 18-19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *С.М. Бражелен*

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 \_\_\_\_\_