

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

**Адаптивные оптические системы**

по направлению подготовки

**12.04.02 Опотехника**

Направленность (профиль) подготовки:

**Оптические и оптико-электронные приборы**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

И.В. Самохвалов

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

### **Цель освоения дисциплины/модуля**

Целями освоения дисциплины «Адаптивные оптические системы» сформировать знания о физических и технических основах разработки адаптивных оптических систем. Дисциплина обеспечивает студентов знаниями и навыками для эксплуатации существующих и разработки новых адаптивных оптических систем, проведения необходимых исследований, включая расчёты и эксперименты с элементами адаптивных оптических систем.

### **1. Место дисциплины/модуля в структуре ООП/ОПОП**

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору студента вариативной части Профессионального цикла Блока 1 «Вариативная часть, в том числе дисциплины по выбору»;

Пререквизиты дисциплины: «Прикладная оптика», «Оптические измерения», «Программирование», «Расчет оптических систем»

Постреквизиты дисциплины: «Проектирование оптико-электронных систем», «Преддипломная практика».

### **2. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины/модуля**

Таблица 1

| <b>Компетенция</b>                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Индикатор компетенции</b> | <b>Код и наименование результатов обучения</b> (планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2<br>Способность к разработке структурных и функциональных схем оптических и оптико-электронных приборов, систем и комплексов с определением их физических принципов действия, структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы | ИПК 2.1                      | ОР-2.1.1<br>- Основные физические принципы разработки и функционирования адаптивных оптических систем.<br>-Методы и алгоритмы работы адаптивной оптической системы.<br>- Выбирать алгоритм работы и критерий качества адаптивной оптической системы.<br>- Методами исследования и оценки эффективности адаптивных оптических систем.<br><br>ОР-2.1.2<br>Знать:<br>- Элементную базу адаптивных оптических систем.<br>Уметь:<br>- Рассчитывать параметры элементной базы адаптивных оптических систем и систем в целом<br>Владеть:<br>- Методами оценки требований к элементам адаптивных оптических систем. |

### **3. Структура и содержание дисциплины/модуля**

#### **3.1. Структура и трудоемкость видов учебной работы по дисциплине/модулю**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Таблица 2

| Вид учебной работы                          | Трудоемкость в академических часах |                |
|---------------------------------------------|------------------------------------|----------------|
|                                             | 1 семестр                          | всего          |
| <b>Общая трудоемкость</b>                   | 1 семестр                          | всего          |
| <b>Контактная работа:</b>                   | 33.7                               | 33.7           |
| Лекции (Л):                                 | 8                                  | 8              |
| Практические занятия (ПЗ)                   | нет                                | нет            |
| Лабораторные работы (ЛР)                    | 20                                 | 20             |
| Семинарские занятия (СЗ)                    | нет                                | нет            |
| Групповые консультации                      | 4                                  | 4              |
| Индивидуальные консультации                 | 0.3                                | 0.3            |
| Промежуточная аттестация                    | 1.5                                | 1.5            |
| <b>Самостоятельная работа обучающегося:</b> | 78.6                               | 78.6           |
| - выполнение контрольных заданий            | 31.7                               | 31.7           |
| - изучение учебного материала, публикаций   | 26.9                               | 26.9           |
| - подготовка к лабораторным занятиям        | 20                                 | 20             |
| <b>Вид промежуточной аттестации</b>         | <b>экзамен</b>                     | <b>экзамен</b> |

### 3.2. Содержание и трудоемкость разделов дисциплины/модуля

Таблица 3

| Код занятия | Наименование разделов и тем и их содержание                                                                                                                                                                                                        | Вид учебной работы, занятий, контроля | С е м е с т р | Часы в электронной форме | Всего (час.) | Литература                                                                                                                                                                                                                | Код (ы) результата(ов) обучения |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|             | <b>Раздел 1. Основы адаптивной оптики</b>                                                                                                                                                                                                          |                                       |               |                          |              | Большасова Л.А., Лукин В.П. Адаптивные оптические системы. Учебно-методическое пособие// Издательский дом ТГУ 2021<br>Зуев В.Е., Банах В.А., Покасов В.В. Оптика турбулентной атмосферы. Ленинград: Гидрометеиздат. 1988. | ОР-2.1.1                        |
| 1.1.        | <u>Тема занятия:</u> Основы теории распространения оптического излучения в турбулентной атмосфере. Радиус Фрида, частота Гринвуда, угол изопланатизма. Структура адаптивной оптической системы                                                     | Лекции                                |               |                          | 2            |                                                                                                                                                                                                                           |                                 |
| 1.2.        | <u>Тема занятия:</u> Провести оценки радиуса Фрида, частоты Гринвуда и угла изопланатизма для различных длин волн и величины атмосферной трассы, используя модели высотного распределения структурной постоянной показателя преломления атмосферы. | Лабораторные                          |               |                          | 4            |                                                                                                                                                                                                                           |                                 |
| 1.3.        | <u>Форма СРС:</u> учение учебного материала, публикаций                                                                                                                                                                                            | СРС                                   |               |                          | 8            |                                                                                                                                                                                                                           |                                 |
| 1.4.        | <u>Форма СРС:</u> подготовка к лабораторным занятиям                                                                                                                                                                                               |                                       | 1             |                          | 4            |                                                                                                                                                                                                                           |                                 |
|             | Текущий контроль успеваемости                                                                                                                                                                                                                      | Устный опрос                          |               |                          |              |                                                                                                                                                                                                                           |                                 |
|             | <b>Раздел 2. Элементы адаптивных оптических систем: датчик волнового фронта, корректор волнового фронта</b>                                                                                                                                        |                                       |               |                          |              | Тараненко В.Г., Шанин О.И. Адаптивная оптика в приборах и устройствах : [учеб. пособие]. - М. : ЦНИИАтоминформ, 2005. - 415 с.                                                                                            | ОР-2.1.2                        |

| Код занятия | Наименование разделов и тем и их содержание                                                                                                                                                       | Вид учебной работы, занятий, контроля | С е м е с т р | Часы в электронной форме | Всего (час.) | Литература                                                                                                                                              | Код (ы) результата(ов) обучения |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|             |                                                                                                                                                                                                   |                                       |               |                          |              | Шанин О.И. Адаптивные оптические системы коррекции наклонов. Резонансная адаптивная оптика. М.: Техносфера, 2013.                                       |                                 |
| 2.1.        | <u>Тема занятия:</u> Датчики волнового фронта, устройство, принцип работы, параметры и требования, алгоритмы восстановления волнового фронта. Корректоры волнового фронта, типы и принципы работы | Лекции                                | 1             |                          | 2            |                                                                                                                                                         |                                 |
| 2.2.        | <u>Тема занятия:</u> Датчик Шэка-Гартмана, расчет параметров линзлета, оценка динамического диапазона, сборка и юстировка                                                                         | Лабораторные                          |               |                          | 6            |                                                                                                                                                         |                                 |
| 2.3.        | <u>Форма СРС:</u> учение учебного материала, публикаций                                                                                                                                           | СРС                                   |               |                          | 6            |                                                                                                                                                         |                                 |
| 2.4.        | <u>Форма СРС:</u> подготовка к лабораторным занятиям                                                                                                                                              | СРС                                   |               |                          | 6            |                                                                                                                                                         |                                 |
|             | Текущий контроль успеваемости                                                                                                                                                                     | Устный опрос                          |               |                          |              |                                                                                                                                                         |                                 |
| 2.5         | <u>Тема занятия:</u> Исследование характеристик корректора волнового фронта - деформируемого зеркала с помощью интерферометра                                                                     | Лабораторные                          |               |                          | 6            |                                                                                                                                                         |                                 |
| 2.6         | <u>Форма СРС:</u> учение учебного материала, публикаций                                                                                                                                           | СРС                                   |               |                          | 6            |                                                                                                                                                         |                                 |
| 2.7         | <u>Форма СРС:</u> подготовка к лабораторным занятиям                                                                                                                                              | СРС                                   | 1             |                          | 6            |                                                                                                                                                         |                                 |
|             | Текущий контроль успеваемости                                                                                                                                                                     | Устный опрос                          | 1             |                          |              |                                                                                                                                                         |                                 |
|             | <b>Раздел 3 Основные схемы адаптивных оптических систем и алгоритмы коррекции</b>                                                                                                                 |                                       |               |                          |              | Канев Ф.Ю., Лукин В.П., Макенова Н.А. Методы и технические средства в адаптивной оптике (учебное пособие) гриф УМО //Издательство ТГУ. Томск. 2005. 112 | ОР-2.1.1                        |

| Код занятия | Наименование разделов и тем и их содержание                                                                                                                                                                                                    | Вид учебной работы, занятий, контроля | С е м е с т р | Часы в электронной форме | Всего (час.) | Литература                                                                                                                                                                                                                                   | Код (ы) результата(ов) обучения |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|             |                                                                                                                                                                                                                                                |                                       |               |                          |              | с. Лукин В.П., Фортес Б.В. Адаптивное формирование пучков и изображений в атмосфере. Издательство СО РАН. 1999.                                                                                                                              |                                 |
| 3.1.        | <u>Тема занятия:</u> Типовые схемы адаптивных оптических систем. Алгоритмы фазового сопряжения, амплитудного зондирования. Амплитудно-фазовая коррекция. Многозеркальная коррекция. Критерии качества адаптивной оптической коррекции.         | Лекции                                | 1             |                          | 2            |                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |
| 3.2.        | <u>Форма СРС:</u> учение учебного материала, публикаций                                                                                                                                                                                        | СРС                                   | 1             |                          | 8            |                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |
|             | Текущий контроль успеваемости                                                                                                                                                                                                                  | Устный опрос                          | 1             |                          |              |                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |
|             | <b>Раздел 4. Применение и перспективы развития адаптивных оптических систем</b>                                                                                                                                                                |                                       |               |                          |              | Большасова Л.А., Лукин В.П. Адаптивная коррекция атмосферных искажений оптических изображений на основе искусственного опорного источника. М.: Физматлит. 2012. 125с.<br>Лукин В.П. Атмосферная адаптивная оптика. Новосибирск. Наука. 1986. | ОР-2.1.1,<br>ОР-2.1.2           |
| 4.1.        | <u>Тема занятия:</u> Адаптивные оптические системы наземных телескопов оптического диапазона. Лазерные опорные звезды. Адаптивные оптические системы лазерных комплексов. Применение адаптивных оптических систем в медицине и промышленности. | Лекции                                | 1             |                          | 2            |                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |
| 4.2.        | <u>Тема занятия:</u> Сборка и юстировка адаптивной оптической системы                                                                                                                                                                          | Лабораторные                          | 1             |                          | 4            |                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |

| Код занятия | Наименование разделов и тем и их содержание      | Вид учебной работы, занятий, контроля | С е м е с т р | Часы в электронной форме | Всего (час.) | Литература | Код (ы) результата(ов) обучения |
|-------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------------|--------------|------------|---------------------------------|
|             | коррекции искажений лазерного пучка.             |                                       |               |                          |              |            |                                 |
| 4.3.        | Форма СРС: учение учебного материала, публикаций | СРС                                   | 1             |                          | 6            |            |                                 |
| 4.4         | Форма СРС: подготовка к лабораторным занятиям    | СРС                                   | 1             |                          | 8,75         |            |                                 |
|             | аттестация                                       | экзамен                               | 1             |                          | 0.25         |            |                                 |

#### **4. Образовательные технологии, учебно-методическое и информационное обеспечение для освоения дисциплины/модуля**

В соответствии с учебными планами направлений подготовки процесс изучения дисциплины предусматривает проведение лекций, лабораторные работы, консультаций, а также самостоятельную работу студентов. Выполнение лабораторных работ обеспечивает получение навыков самостоятельной работы с элементами адаптивных оптических систем и расчетов для решения разнообразных научных и профессиональных задач.

Особое место в овладении частью тем данной дисциплины может отводиться самостоятельной работе, при этом во время аудиторных занятий могут быть рассмотрены и проработаны наиболее важные и трудные вопросы по той или иной теме дисциплины, а второстепенные и более лёгкие вопросы, а также вопросы, специфичные для той или иной ОПОП, могут быть изучены студентами самостоятельно.

При использовании дистанционных технологий обучения процесс изучения дисциплины в соответствии с учебными планами направлений подготовки предусматривает самостоятельную работу студентов и консультации с использованием современных электронных средств связи студента и преподавателя.

Промежуточная аттестации по дисциплине реализуется в форме проведения контрольных точек.

##### **4.1. Литература и учебно-методическое обеспечение**

1. Больбасова Л.А., Лукин В.П. Адаптивные оптические системы. Учебно-методическое пособие// Издательский дом ТГУ 2021
2. Канев Ф.Ю., Лукин В.П., Макенова Н.А. Методы и технические средства в адаптивной оптике (учебное пособие) гриф УМО //Издательство ТГУ. Томск. 2005. 112 с.
3. Тараненко В.Г., Шанин О.И. Адаптивная оптика в приборах и устройствах : [учеб. пособие]. - М. : ЦНИИатоминформ, 2005. - 415 с.
4. Шанин О.И. Адаптивные оптические системы коррекции наклонов. Резонансная адаптивная оптика. М.: Техносфера, 2013.
5. Больбасова Л.А., Лукин В.П. Адаптивная коррекция атмосферных искажений оптических изображений на основе искусственного опорного источника. М.: Физматлит. 2012. 125с.

##### **Дополнительная литература**

1. Лукин В.П., Фортес Б.В. Адаптивное формирование пучков и изображений в атмосфере. Издательство СО РАН. 1999.
2. Лукин В.П. Атмосферная адаптивная оптика. Новосибирск. Наука. 1986.
3. Зуев В.Е., Банах В.А., Покасов В.В. Оптика турбулентной атмосферы. Ленинград: Гидрометеиздат. 1988.

##### **4.2. Базы данных и информационно-справочные системы, в том числе зарубежные**

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/> ;  
Электронная библиотека ТГУ: <http://www.lib.tsu.ru/ru> ;  
Электронный ресурс American Institute of Physics: <http://scitation.aip.org/> ;  
Электронный ресурс American Physical Society: <http://publish.aps.org/>.  
Электронный ресурс Optical Society of America: <https://www.osapublishing.org/>  
Электронный ресурс SPIE [spiedigitallibrary.org](http://spiedigitallibrary.org)

#### **4.3. Перечень лицензионного и программного обеспечения**

Microsoft Office 2010

Microsoft Windows 7

#### **4.4. Оборудование и технические средства обучения**

При освоении дисциплины используются презентации по отдельным разделам дисциплины, компьютерные классы РФФ ТГУ с доступом к указанным выше Интернет-ресурсам.

#### **5. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины/модуля**

#### **6. Преподавательский состав, реализующий дисциплину**

Большасова Лидия Адольфовна, к-т физ.-мат. наук

#### **7. Язык преподавания**

Русский