

Специальность 12.05.01 «Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения»  
РПД Б1.В.10 «Моделирование оптических систем»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**

Зам. директора  
по учебно-методической работе  
филиала ФГБОУ ВО  
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

  
В.В. Рожков  
« 03 » 05 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

---

Специальность: **12.05.01 «Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения»**

Уровень высшего образования: **специалитет**

Нормативный срок обучения: **5,5 лет**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2024**

Смоленск

Специальность 12.05.01 «Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения»

РПД Б1.В.10 «Моделирование оптических систем»



Программа составлена с учетом ФГОС ВО по подготовке специалитета «Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения», утвержденного приказом Минобрнауки России от 09.02.2018 г. № 93.

**Программу составил:**


Ст. преподаватель кафедры  Малышкин Василий Викторович  
подпись ФИО

«15» апреля 2024 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроники и микропроцессорной техники»

«18» апреля 2024 г., протокол № 8


**Заведующий кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:**

 Якименко Игорь Владимирович  
подпись ФИО

«02» мая 2024 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе с ЛОВЗ и инвалидами**

 Зуева Елена Владимировна  
ФИО

«03» мая 2024 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** освоения дисциплины: изучение методов проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов; формирование навыков применения современных методов проектирования и конструирования; дисциплина выполняет требования научно-исследовательского типа задач.

### **Задачи:**

- изучение методов проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов
- уметь использовать особенности технологии изготовления при проектировании специальной оснастки
- владеть базовыми навыками использования особенностей технологии изготовления оплотехники

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Б1.В.10 «Моделирование оптических систем» относится к вариативной части программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Б1.В.05 «Оптические и световые измерения».

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые дисциплиной, изучаемой параллельно: Б1.В.08 «Основы цифровых формирования и обработки сигналов», Б1.В.11 «Лазерная техника», Б1.В.18 «Схемотехника линейных устройств».

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной: Б1.В.23 «Средства отображения информации», Б1.В.ДВ.02.01 «Цифровая обработка изображений», Б1.В.ДВ.02.02 «Цифровая обработка многомерных сигналов», Б2.В.01(Пд) «Преддипломная практика», Б2.В.04(Н) «Научно-исследовательская работа».

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы достижения компетенций</b>	<b>Результаты обучения</b>
<b>ПК-1</b> Способен строить простейшие физические и математические модели приборов оплотехники, оптических и оптико-электронных систем, комплексов	<b>ПК-1.1</b> Строит простейшие физические и математические модели приборов оплотехники, оптических и оптико-электронных систем, комплексов различного функционального назначения	<b>Знает:</b> Как строить простейшие физические и математические модели приборов оплотехники, оптических и оптико-электронных систем, комплексов различного функционального назначения <b>Умеет:</b> Строить простейшие физические и математические модели приборов оплотехники, оптических и оп-

различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования		тико-электронных систем, комплексов различного функционального назначения <b>Владеет:</b> Методами строительства простейших физических и математических моделей приборов оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных систем, комплексов различного функционального назначения
	<b>ПК-1.2</b> Использует стандартные программные средства их компьютерного моделирования	<b>Знает:</b> Как использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования <b>Умеет:</b> использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования <b>Владеет:</b> Методами использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования



### Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	лекционные занятия 17 шт. по 2 часа: 1.1 Задачи и содержание дисциплины. Понятие модели, и виды моделирования 1.2 Графические модели и графическое моделирование ОС 1.3 Параметры и характеристики оптических систем 1.4 Структурные и функциональные схемы ОП 1.5 Содержание проектных задач 1.6 Содержание задач синтеза и анализа ОС 1.7 Методология разработки математических моделей 1.8 Разработка математических моделей задач синтеза и анализа ОС 1.9 Содержание и методы решения задач оптимизации оптических систем 1.10 Анализ оптимизационных моделей оптических компонентов 1.11 Решение задач по оптимизации ОС 1.12 Задач оптимизации в среде <i>Zemax</i> 1.13 Возможности, достоинства и недостатки программы <i>Zemax</i> 1.14 Решение задач синтеза и анализа ОС в программе <i>Zemax</i> 1.15 Решение задач оптимизации ОС в программе <i>Zemax</i> 1.16 Разработка аналитического описания и алгоритма решения задач синтеза типовых оптических компонентов и систем 1.17 Разработка аналитического описания и алгоритма решения задач анализа типовых оптических компонентов и систем
2	лабораторные работы 4 шт. по 4 часа: 2.1 Изучение содержания меню <i>Siste Zemax</i> 2.2 Синтез ОС в тонких компонентах 2.3 Синтез и оптимизация 2-х линзового компонента в <i>Zemax</i> 2.4 Итоговое занятие
3	<b>Практические занятия</b>
4	Самостоятельная работа студентов: 4.1 Изучение вопроса о терминах и определениях дисциплины 4.2 Изучение принципов построения и теории ОС 4.3 Содержание задач синтеза и анализа ОС 4.4 Изучение принципов и разработка математических моделей задач синтеза и анализа ОС 4.5 Принципы построения оптимизационных моделей ОС 4.6 Разработка математической модели проектной задачи ОС и реализация ее в <i>Zemax</i>

**Текущий контроль:** опрос по темам лекционных занятий, защита лабораторных работ.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Классическая (традиционная, информационная)

		лекция Лекция, составленная на основе результатов научных исследований, в том числе с учётом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине
2	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде) Технология обучения в сотрудничестве (командная, групповая работа) Допуск к лабораторной работе
3	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений.
4	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
5	Контроль (промежуточная аттестация: зачет или экзамен)	Технология устного опроса Технология письменного контроля, в том числе тестирование

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Вопросы текущего контроля

1. Как задать число поверхностей
2. Как задать радиусы кривизны поверхностей
3. Как задать расстояния между поверхностями по оси
4. Как задать толщину линзы по краю
5. Как задать зеркальную поверхность
6. Как установить наклонное зеркало
7. Как учесть экранирование главного зеркала
8. Какие типы асферических поверхностей доступны в ZEMAX?
9. Как добавить к оптической системе тонкую линзу
10. Как задать положение апертурной диафрагмы (АД)
11. Как задать марку стекла и длины волн
12. Как задать линейное поле (или координаты точек в предметной плоскости)
13. Как исправить дефокусировку

14. Как выполнить оптимизацию линзы
15. Как выполнить оптимизацию 2-хлинзового компонента
16. Как выполнить оптимизацию телескопической системы
17. Как оптимизировать асферическую поверхность
18. Как оптимизировать 2-хзеркальную систему Кассегрена
19. Как оптимизировать расстояние между компонентами
20. Как выполнить оптимизацию объектива Шмидта
21. Какими достоинствами и недостатками обладают склеенный и несклеенный компоненты?
22. Какие aberrации исправляют в склеенном и несклеенном компонентах?
23. Что понимают под геометрической, волновой, монохроматической и хроматической aberrациями?
24. Какие характеристики и параметры двухлинзового компонента могут быть оптимизированы?
25. Как в двухлинзовых компонентах исправляют хроматизм?
26. В каком отношении находятся радиус кривизны и фокусное расстояние зеркальной поверхности?
27. Почему геометрическая aberrация зеркала не зависит от длины волны, а волновая зависит?
28. В каком соотношении находятся aberrации объективов Кассегрена и Грегори?
29. Что понимают под aberrациями третьего порядка и остаточными?
30. Достоинства и недостатки зеркальных и зеркально-линзовых объективов?
31. Сформулировать определение aberrаций кома и астигматизм?
32. Какие свойства объектива определяют ФПМ, ФЧХ?
33. Какие характеристики и параметры ТС Кеплера определяют ее качество и требуют оптимизации?
34. В каком соотношении находится разрешающая способность ТС в пространстве предметов и изображений?
35. В каких единицах оценивают разрешающую способность ТС?
36. Где в ТС Кеплера и Галилея устанавливают ПД?
37. Какой компонент в зрительной трубе с ТС Галилея выполняет функции АД?
38. Какую оптическую деталь называют линзой? Какую линзу называют оптимальной?
39. Какие параметры линзы относятся к конструктивным? Какие к оптическим?

#### Вопросы к промежуточной аттестации

1. Общие сведения о проектировании? Ветви проектирования ОС?
2. Содержание, цель и задачи функционального проектирования ОС?
3. Содержание и методы решения задач структурного синтеза ОС?
4. Содержание и методы решения задач параметрического синтеза ОС?
5. Содержание и примеры прямых и обратных проектных задач анализа ОС?
6. Содержание и примеры задач оптимизации ОС?
7. Методы решения задач оптимизации ОС?
8. Понятие и компоненты оптимизационной модели ОС?
9. Понятие и примеры оптимизируемых функций и параметров ОС?
10. Оптимизируемые функции и параметры ОС в области aberrаций 3-го порядка?
11. Оптимизируемые функции и параметры ОС в области остаточных aberrаций?
12. Понятие, примеры, достоинства и недостатки физического и математического моделирования ОС?
13. Этапы разработки математических моделей проектных задач? Их содержание?



14. Понятие и примеры графических моделей ОС?
15. Оптические системы как объект проектирования
16. Функциональная схема, характеристики и параметры ОС микроскопа?
17. Функциональная схема, характеристики и параметры ТС?
18. Функциональная схема, характеристики и параметры проекционной ОС?
19. Функциональная схема, характеристики и параметры фотографической ОС?
20. Функциональная схема, характеристики и параметры ОС для коллимации и концентрации излучения лазера?
21. Энергетические и геометрические параметры лазерных пучков и способы их описания?
22. Определение, классификация, параметры и характеристики световодов?
23. Принципы построения ОС со световодами?
24. Моделирование оптических систем в ZEMAX
25. Компоненты интерфейса Zemax?
26. Назначение меню Analysis? Меню Reports?
27. Содержание меню Sistem?
28. Какие параметры (данные) ОС вводят в окне General?
29. Какие типы апертур доступны в Zemax?
30. Какие типы поверхностей доступны в Zemax?
31. Какими параметрами задают поверхность типа Standard?
32. Какие типы асферических поверхностей доступны в Zemax?
33. Как взаимосвязаны эксцентриситет и коническая константа асферической поверхности?
34. Содержание меню Tools?
35. В каких редакторах вводят параметры компонентов при последовательном и непоследовательном моделировании ОС?
36. Каковы преимущества и недостатки задания оценочной функции по умолчанию?
37. Какое свойство ОС характеризует понятие «аподизация»?
38. Какие функции выполняют граничные операнды при оптимизации ОС?
39. В чем заключается принципиальная особенность оптимизации стекол?
40. Какие инструменты Zemax доступны для анализа схемы ОС?
41. Какие инструменты Zemax применяют для абберационного анализа ОС?
42. Что понимают под диском Эйри? Какие свойства ОС он характеризует?
43. Какие свойства ОС определяют ФПМ, ФЧХ? Как они взаимосвязаны?

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – зачет с оценкой

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на во-

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
	<p>просы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».</p>
<p>«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»</p>	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом не принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».</p>
<p>«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»</p>	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».</p>
<p>«неудовлетворительно»/ не зачтено</p>	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</p>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной.

Для проведения занятий лабораторного типа используются специализированные лаборатории: лаборатория В-212 «**Лаборатория компьютерного моделирования ОЭП**», расположенная по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр., д.1, Здание энергетического института (лабораторный корпус № 2).

Лаборатория оснащена четырьмя лабораторными стендами.

В основное оборудование лаборатории входят следующая аппаратура, необходимая для проведения лабораторных работ по дисциплине «Моделирование оптических систем»: персональные компьютеры, программный пакет *Zemax* и др. вспомогательное оборудование.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

## **8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

### **для слепых и слабовидящих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

### **для глухих и слабослышащих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

### **для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;

- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**для слепых и слабовидящих:**

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

**для глухих и слабослышащих:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

**для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

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

### **Основная литература.**

1. Гавриленков В.А., Старостин Е.М. Моделирование оптических компонентов в программе ZEMAX. Учебное пособие. Смоленск, РИО филиала МЭИ в г. Смоленске, 2013, 126 с.
2. Гавриленков В.А., Старостин Е.М. Теория и расчет оптических систем. Учебное пособие. Смоленск, ГОУ ВПО СФМЭИ (ТУ), 2010, 120.
3. Агапов, Н.А. Прикладная оптика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.А. Агапов. — Электрон. дан. — Томск: ТПУ, 2017. — 286 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106743>. (дата обращения 03.03.2024)

### **Дополнительная литература.**

1. Заказнов, Н.П. Прикладная оптика [Электронный ресурс]: учебное пособие. Электрон.дан. СПб: Лань, 2009. 313 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=148](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=148) (дата обращения 03.03.2024)

### **Список авторских методических разработок.**

1. Гавриленков В.А., Старостин Е.М. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Моделирование оптических компонентов в программе ZEMAX". - Смоленск, РИО филиала МЭИ в г. Смоленске, 2012. - 36 с.

*Специальность 12.05.01 «Электронные и оптико-электронные приборы и системы  
специального назначения»  
РПД Б1.В.10 «Моделирование оптических систем»*



2. Гавриленков В.А., Старостин Е.М. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Моделирование оптических систем". - Смоленск, РИО филиала МЭИ в г. Смоленске, 2006.  
- 32 с.

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- мене- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- нен- ных	заме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10