

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии

Направленность (специальность) 05.11.07 Оптические и оптико- электронные приборы и комплексы

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

специальной дисциплины

«Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ОД.2

Всего: 252 часа

Семестр 5, 144 часа, в том числе 6 часов – контактная работа,
138 часа – самостоятельная работа,

Семестр 6, 108 часов, в том числе 6 часов – контактная работа,
66 часов – самостоятельная работа,
36 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки
12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии

код и название направления

утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 2014 г.
№ 877 и паспорта специальности 05.11.07 Оптические и оптико-
электронные приборы и комплексы

шифр и название специальности

номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

Формула специальности:

Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы – специальность в области науки и техники, занимающаяся использованием оптического диапазона электромагнитных волн для создания исследовательских, измерительных, коммуникационных и технологических приборов, систем и комплексов, а также разработкой способов применения таких приборов, систем и комплексов. Значение решения научных и технических проблем в данной области состоит в создании новых методов и аппаратуры для физических исследований с использованием оптического излучения, высокоточных измерений, средств передачи и обработки информации, обработки материалов и решения других задач народно-хозяйственного и оборонного назначения, требующих использования оптической и оптико-электронной техники.

Области исследований:

1. Исследование и разработка новых методов и процессов, которые могут быть положены в основу создания оптических и оптико-электронных приборов, систем и комплексов различного назначения.
2. Разработка, совершенствование и исследование характеристик приборов, систем и комплексов с использованием электромагнитного излучения оптического диапазона волн, предназначенных для решения задач:
 - измерения геометрических и физических величин;

- исследования и контроля параметров различных сред и объектов, в том числе при решении технологических, экологических и биологических задач;
- передачи, приема, обработки и отображения информации;
- управления работой технологического оборудования и контроля производственных процессов;
- создания оптических и оптико-электронных приборов и систем для медицины;
- создания оптического и оптико-электронного оборудования для научных исследований в различных областях науки и техники.

Примечание:

Специальность не включает исследования в области: фундаментальных процессов взаимодействия излучения с веществом; общих физических свойств электромагнитного излучения оптического диапазона волн и методов генерации оптического излучения, включая лазерное излучение; физических процессов при преобразовании оптического излучения методами нелинейной оптики; разработки элементов и подсистем, которые не связаны непосредственно со специфическими свойствами оптико-электронных приборов и комплексов, а именно вычислительных устройств, систем электропитания и охлаждения и т. п.; разработки и совершенствования теории абберационных расчетов оптических систем. Эти области исследований включены соответственно в специальности «Физическая электроника», «Оптика», «Квантовая электроника».

Отрасль науки, по которой диссертация представляется на защиту:

технические науки, физико-математические науки

В процессе освоения дисциплины формируются следующие **компетенции:**

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.
- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности;
- готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития светотехники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;
- способность к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;
- способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения;
- способность анализировать состояние научно-технической проблемы путём подбора, изучения и анализа литературы и патентных источников.

В результате изучения дисциплины аспиранты должны:

знать:

- теорию, методы и системы формирования оптического изображения;
- методы и аппаратуру генерации, передачи и приема оптических сигналов;

- физические принципы генерации и приема оптического излучения, основные типы систем и их характеристики;
- оптические системы формирования изображения;
- методы энергетического, абберационного и габаритного расчета оптико-электронных приборов;
- методы выделения сигналов на фоне помех.

уметь:

- рассчитывать оптико-электронные типа различного назначения;
- проводить измерения характеристик оптико-электронных систем;

владеть:

- навыками проектирования оптико-электронных систем.

ПРОГРАММА

Вводные положения (3 часа)

Роль оптических и оптико-электронных приборов и комплексов (ОиО-ЭПиК) в развитии науки и техники. Краткий исторический обзор и роль отечественных ученых и инженеров в развитии оптического и оптико-электронного приборостроения. Перспективы и тенденции развития ОиО-ЭПиК.

Основы оптики (42 часа)

Электромагнитная и квантовая природа оптического излучения. Основные законы оптического излучения. Приближения геометрической оптики.

Распространение света в изотропных и анизотропных средах. Поляризация. Двойное лучепреломление. Применение поляризации.

Интерференция. Когерентность. Применение интерференции. Многолучевая интерференция.

Дифракция. Применение дифракции. Разрешающая способность.

Голография и ее применение в оптике.

Распространение оптического излучения в атмосфере и других поглощающих, рассеивающих, преломляющих и турбулентных средах.

Прикладная оптика (42 часа)

Основные законы и понятия геометрической оптики. Принцип Ферма. Условия получения идеального изображения.

Основные положения и формулы идеальной оптической системы и оптики параксиальных лучей. Инварианты: Аббе, Лагранжа-Гельмгольца, Юнга-Гульстранда.

Ограничение пучков лучей в оптических системах.

Инвариант Штраубеля. Яркость и освещенность изображения.

Теория aberrаций оптических систем. Хроматические и монохроматические aberrации. Эйконал Шварцшильда. Методы aberrационного расчета оптических систем. Выбор aberrаций, подлежащих исправлению. Особенности aberrационного расчета оптических систем с асферическими поверхностями.

Типовые оптические детали и их характеристики.

Классификация оптических систем и их основные характеристики. Основные задачи, решаемые при габаритном расчете оптических систем. Габаритный расчет основных типов оптических систем: лупы, микроскопа, телескопических, проекционных, фотоэлектрических и голографических приборов.

Особенности лазерной оптики, формирование лазерного излучения оптическими системами. Оптические системы для фокусирования, коллимирования, изменения диаграмм направленности и согласования лазерного излучения.

Волоконно-оптические системы и их особенности.

Интегральная оптика и перспективы ее развития. Дифракционные оптические элементы и системы.

Оценка качества изображения, даваемого оптической системой. Критерии качества. Вычисление и методы экспериментального определения оптической передаточной функции.

Этапы автоматизированного проектирования оптических систем. Программное обеспечение. Структурная схема САПР оптических систем. Методы автоматизированного расчета оптических систем. Оценочная функция.

Основы расчета допусков в оптических системах.

Источники и приемники оптического излучения (25 часов)

Основные виды источников оптического излучения. Параметры и характеристики источников. Некогерентные искусственные излучатели. Естественные источники излучения.

Современные лазеры: принципы действия, принципиальные схемы, режимы работы, параметры и характеристики.

Основные виды приемников оптического излучения. Глаз человека как приемник излучения и измерительной информации. Свойства Зрительного анализатора.

Параметры и характеристики приемников оптического излучения. Многоэлементные приемники излучения. Схемы включения приемников излучения и согласующие цепи.

Оптические измерения (25 часов)

Основы метрологии применительно к оптическим измерениям. Методы и приборы для измерения и контроля основных параметров и характеристик оптических материалов, оптических деталей и оптических систем.

Оптические измерения в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра. Фотометрия и радиометрия. Принципы работы и схемы основных типов фотометров, радиометров, спектрофотометров и спектрора-диометров.

Способы измерения параметров и характеристик лазерного излучения.

Прием и преобразование сигналов в оптических и оптико-электронных приборах и комплексах (25 часов)

Пространственное, временное, пространственно-частотное и частотно-временное представление оптических сигналов. Статистические параметры и вероятностное описание оптических полей и сигналов. Модели фона.

Анализаторы оптического изображения. Преобразование многомерных оптических сигналов в одномерные электрические.

Сканирование в оптико-электронных приборах. Типы сканирующих систем.

Математические модели отдельных типовых звеньев и оптико-электронной системы в целом.

Методы фильтрации сигналов в ОиОЭПиК. Спектральная, пространственная и пространственно-временная фильтрация. Оптимальная фильтрация в когерентных и некогерентных оптических системах.

Модуляция и демодуляция сигнала в ОиОЭПиК. Основные виды модуляторов; их параметры и характеристики.

Оптическая корреляция. Схемы некогерентных и когерентных оптико-электронных корреляторов.

Математические операции, осуществляемые с помощью оптических систем. Оптические анализаторы спектра. Цифровая обработка оптических изображений.

Проектирование оптических и оптико-электронных приборов и комплексов (25 часов)

Основные критерии оценки качества ОиОЭПиК как объектов проектирования. Основные принципы системного подхода к проектированию ОиОЭПиК. Уровни проектирования. Конструктивные и технологические требования. Моделирование и применение САПР при проектировании. Обобщенная методика энергетического расчета. Основные виды энергетических расчетов (расчет отношения сигнал/шум, расчет к.п.д. прибора, расчет дальности действия и пороговой чувствительности). Особенности энергетического расчета лазерных приборов.

Методика выполнения точностных расчетов. Методы и средства компенсации погрешностей в ОиОЭПиК.

Особенности расчета и конструирования типовых кинематических узлов ОиОЭПиК.

Метрологические параметры и характеристики ОиОЭПиК; аттестация и сертификация ОиОЭПиК.

Испытания и исследования ОиОЭПиК. Методы и аппаратура для проведения испытаний ОиОЭПиК.

Применение эргономики при проектировании ОиОЭПиК.

Основы технологии оптического и оптико-электронного приборостроения (10 часов)

Конструкционные материалы, применяемые в современном оптическом и оптико-электронном приборостроении. Современные методы и средства изготовления типовых деталей и элементов ОиОЭПиК.

Методы сборки, юстировки и контроля в процессе изготовления типовых деталей, узлов и ОиОЭПиК в целом.

Современное состояние и перспективы развития оптического и оптико-электронного приборостроения (10 часов)

Основные классы и типы ОиОЭПиК, применяемые в промышленности и на транспорте, медицине и биологии, научных исследованиях, контроле окружающей среды, военной технике, строительстве и геодезии, космических исследованиях, разведке природных ресурсов; перспективы их совершенствования и развития. Развитие двойных технологий в оптическом и оптико-электронном приборостроении.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Вопросы для самоконтроля:

1. Основные законы оптического излучения.
2. Приближения геометрической оптики.
3. Поляризация.
4. Двойное лучепреломление.
5. Интерференция. Когерентность.
6. Многолучевая интерференция.
7. Дифракция.
8. Голография и ее применение в оптике.
9. Основные законы и понятия геометрической оптики.
10. Условия получения идеального изображения.
11. Основные положения и формулы идеальной оптической системы и оптики параксиальных лучей.
12. Инварианты: Аббе, Лагранжа-Гельмгольца, Юнга-Гульстранда.
13. Ограничение пучков лучей в оптических системах.
14. Инвариант Штраубеля. Яркость и освещенность изображения.

15. Хроматические и монохроматические aberrации.
16. Эйконал Шварцшильда.
17. Методы aberrационного расчета оптических систем.
18. Классификация оптических систем и их основные характеристики.
19. Основные задачи, решаемые при габаритном расчете оптических систем.
20. Габаритный расчет основных типов оптических систем: лупы, микроскопа, телескопических, проекционных, фотоэлектрических и голографических приборов.
21. Особенности лазерной оптики, формирование лазерного излучения оптическими системами.
22. Оптические системы для фокусирования, коллимирования, изменения диаграмм направленности и согласования лазерного излучения.
23. Волоконно-оптические системы и их особенности.
24. Оценка качества изображения, даваемого оптической системой.
25. Вычисление и методы экспериментального определения оптической передаточной функции.
26. Этапы автоматизированного проектирования оптических систем. Программное обеспечение.
27. Основы расчета допусков в оптических системах.
28. Основные виды источников оптического излучения.
29. Параметры и характеристики источников.
30. Некогерентные искусственные излучатели.
31. Естественные источники излучения.
32. Современные лазеры: принципы действия, принципиальные схемы, режимы работы, параметры и характеристики.
33. Основные виды приемников оптического излучения.
34. Глаз человека как приемник излучения и измерительной информации.
35. Параметры и характеристики приемников оптического излучения.
36. Многоэлементные приемники излучения.
37. Схемы включения приемников излучения и согласующие цепи.

38. Методы и приборы для измерения и контроля основных параметров и характеристик оптических материалов, оптических деталей и оптических систем.
39. Принципы работы и схемы основных типов фотометров, радиометров, спектрофотометров и спектрорадиометров.
40. Способы измерения параметров и характеристик лазерного излучения.
41. Пространственное, временное, пространственно-частотное и частотно-временное представление оптических сигналов.
42. Статистические параметры и вероятностное описание оптических полей и сигналов.
43. Модели фона.
44. Анализаторы оптического изображения.
45. Преобразование многомерных оптических сигналов в одномерные электрические.
46. Сканирование в оптико-электронных приборах. Типы сканирующих систем.
47. Математические модели отдельных типовых звеньев и оптико-электронной системы в целом.
48. Методы фильтрации сигналов в ОиОЭПиК.
49. Оптимальная фильтрация в когерентных и некогерентных оптических системах.
50. Модуляция и демодуляция сигнала в ОиОЭПиК. Основные виды модуляторов; их параметры и характеристики.
51. Математические операции, осуществляемые с помощью оптических систем.
52. Основные критерии оценки качества ОиОЭПиК как объектов проектирования.
53. Обобщенная методика энергетического расчета.
54. Основные виды энергетических расчетов (расчет отношения сигнал/шум, расчет к.п.д. прибора, расчет дальности действия и пороговой чувствительности).

55. Методика выполнения точностных расчетов М. Методы и средства компенсации погрешностей в ОиОЭПиК.
56. Особенности расчета и конструирования типовых кинематических узлов ОиОЭПиК.
57. Метрологические параметры и характеристики ОиОЭПиК; аттестация и сертификация ОиОЭПиК.
58. Испытания и исследования ОиОЭПиК.
59. Конструкционные материалы, применяемые в современном оптическом и оптико-электронном приборостроении.
60. Методы сборки, юстировки и контроля в процессе изготовления типовых деталей, узлов и ОиОЭПиК в целом.
61. Основные классы и типы ОиОЭПиК, применяемые в промышленности и на транспорте, медицине и биологии, научных исследованиях, контроле окружающей среды, военной технике, строительстве и геодезии, космических исследованиях, разведке природных ресурсов

Вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов:

1. Основные законы оптического излучения. Приближения геометрической оптики. Распространение света в изотропных и анизотропных средах. Поляризация. Двойное лучепреломление. Применение поляризации.
2. Интерференция. Когерентность. Применение интерференции. Многолучевая интерференция. Дифракция. Применение дифракции. Разрешающая способность. Голография и ее применение в оптике.
3. Распространение оптического излучения в атмосфере и других поглощающих, рассеивающих, преломляющих и турбулентных средах.
4. Основные законы и понятия геометрической оптики. Принцип Ферма. Условия получения идеального изображения. Основные положения и формулы идеальной оптической системы и оптики параксиальных лучей. Инварианты: Аббе, Лагранжа-Гельмгольца, Юнга-Гульстранда.
5. Ограничение пучков лучей в оптических системах. Инвариант Штраубеля. Яркость и освещенность изображения.

6. Теория aberrаций оптических систем. Хроматические и монохроматические aberrации. Эйконал Шварцшильда. Методы aberrационного расчета оптических систем. Выбор aberrаций, подлежащих исправлению. Особенности aberrационного расчета оптических систем с асферическими поверхностями.
7. Классификация оптических систем и их основные характеристики. Основные задачи, решаемые при габаритном расчете оптических систем. Габаритный расчет основных типов оптических систем: лупы, микроскопа, телескопических, проекционных, фотоэлектрических и голографических приборов.
8. Особенности лазерной оптики, формирование лазерного излучения оптическими системами. Оптические системы для фокусирования, коллимирования, изменения диаграмм направленности и согласования лазерного излучения.
9. Волоконно-оптические системы и их особенности. Интегральная оптика и перспективы ее развития. Дифракционные оптические элементы и системы.
10. Оценка качества изображения, даваемого оптической системой. Критерии качества. Вычисление и методы экспериментального определения оптической передаточной функции.
11. Этапы автоматизированного проектирования оптических систем. Программное обеспечение. Структурная схема САПР оптических систем. Методы автоматизированного расчета оптических систем. Оценочная функция.
12. Основы расчета допусков в оптических системах.
13. Основные виды источников оптического излучения. Параметры и характеристики источников. Некогерентные искусственные излучатели. Естественные источники излучения.
14. Современные лазеры: принципы действия, принципиальные схемы, режимы работы, параметры и характеристики.

15. Основные виды приемников оптического излучения. Глаз человека как приемник излучения и измерительной информации. Свойства Зрительного анализатора.
16. Параметры и характеристики приемников оптического излучения. Многоэлементные приемники излучения. Схемы включения приемников излучения и согласующие цепи.
17. Основы метрологии применительно к оптическим измерениям. Методы и приборы для измерения и контроля основных параметров и характеристик оптических материалов, оптических деталей и оптических систем.
18. Оптические измерения в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра. Фотометрия и радиометрия. Принципы работы и схемы основных типов фотометров, радиометров, спектрофотометров и спектрометрических радиометров.
19. Способы измерения параметров и характеристик лазерного излучения.
20. Пространственное, временное, пространственно-частотное и частотно-временное представление оптических сигналов. Статистические параметры и вероятностное описание оптических полей и сигналов. Модели фона.
21. Анализаторы оптического изображения. Преобразование многомерных оптических сигналов в одномерные электрические. Сканирование в оптико-электронных приборах. Типы сканирующих систем.
22. Математические модели отдельных типовых звеньев и оптико-электронной системы в целом. Методы фильтрации сигналов в ОиО-ЭПиК. Спектральная, пространственная и пространственно-временная фильтрация. Оптимальная фильтрация в когерентных и некогерентных оптических системах.
23. Модуляция и демодуляция сигнала в ОиОЭПиК. Основные виды модуляторов; их параметры и характеристики.
24. Оптическая корреляция. Схемы некогерентных и когерентных оптико-электронных корреляторов.

25. Математические операции, осуществляемые с помощью оптических систем. Оптические анализаторы спектра. Цифровая обработка оптических изображений.
26. Основные критерии оценки качества ОиОЭПиК как объектов проектирования. Конструктивные и технологические требования. Обобщенная методика энергетического расчета: расчет отношения сигнал/шум, расчет к.п.д. прибора, расчет дальности действия и пороговой чувствительности. Особенности энергетического расчета лазерных приборов.
27. Методика выполнения точностных расчетов. Методы и средства компенсации погрешностей в ОиОЭПиК. Особенности расчета и конструирования типовых кинематических узлов ОиОЭПиК.
28. Метрологические параметры и характеристики ОиОЭПиК; аттестация и сертификация ОиОЭПиК. Испытания и исследования ОиОЭПиК. Методы и аппаратура для проведения испытаний ОиОЭПиК.
29. Конструкционные материалы, применяемые в современном оптическом и оптико-электронном приборостроении. Современные методы и средства изготовления типовых деталей и элементов ОиОЭПиК.
30. Методы сборки, юстировки и контроля в процессе изготовления типовых деталей, узлов и ОиОЭПиК в целом.
31. Основные классы и типы ОиОЭПиК, применяемые в промышленности и на транспорте, медицине и биологии, научных исследованиях, контроле окружающей среды, военной технике, строительстве и геодезии, космических исследованиях, разведке природных ресурсов; перспективы их совершенствования и развития. Развитие двойных технологий в оптическом и оптико-электронном приборостроении.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Handbook of optics. Volume 1. Geometrical and Physical Optics, Polarized Light, Components and Instruments / Ed. Michael Bass. The McGraw-Hill, 2010.

2. Handbook of optics. Volume 2. Design, Fabrication, and Testing; Sources and Detectors; Radiometry and Photometry / Ed. Michael Bass. The McGraw-Hill, 2010.
3. Handbook of optics. Volume 3. Vision and Vision Optics / Ed. Michael Bass. The McGraw-Hill, 2010.
4. Handbook of optics. Volume 4. Optical Properties of Materials, Nonlinear Optics, Quantum Optics / Ed. Michael Bass. The McGraw-Hill, 2010.
5. Handbook of optics. Volume 5. Atmospheric Optics, Modulators, Fiber Optics, X-Ray and Neutron Optic / Ed. Michael Bass. The McGraw-Hill, 2010.
6. IESNA Lighting Handbook, 10 edition /, Eds. David DiLaura, Kevin Houser, Richard Mistrick, Gary Steffy. – IESNA, 2012.
7. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов. 4-е изд. перераб. и доп. М.: Логос, 2011.
8. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Знак, 2006.
9. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, .1970.
10. Заказное Н.П., Кирюшин С.И., Кузичев В.И. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1992.
11. Запрягаева Л.А., Свешникова И.С. Расчет и проектирование оптических систем. – М.: Логос, 2000.
12. Проектирование оптико-электронных приборов / Ю.Б. Парвулюсов, С.А. Родионов, В.П. Солдатов и др. Под общ. ред. Ю.Г. Якушенкова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2000.
13. Зубаков В.Г., Семибратов М.Н., Штандель С.К. Технология оптических деталей. – М.: Машиностроение, 1985.