



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Факультет оптического приборостроения
Кафедра прикладной оптики



**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
А. Л. Степанченко
18 апреля 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ТЕХНОЛОГИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ
«Б1.В.05.06 ОСНОВЫ РАСЧЕТА ДОПУСКОВ НА ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»**

Уровень высшего образования: специалитет

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

Направленность(профиль) подготовки: Электронные и оптико-электронные приборы и
системы дистанционного зондирования Земли

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2025

Срок получения образования: 5 лет 6 месяца(-ев)

Объем:
в зачетных единицах: 2 з.е.
в академических часах: 72 ак.ч.

Москва, 2025

Разработчики:

Заведующий кафедрой Прикладной оптики, к.н., доцент Филонов
А. С.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения, утвержденного приказом Минобрнауки от 09.08.2018 № 93

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет Оптического приборостроения	Председатель ученого совета факультета	Торшина И. П.	Рассмотрено	15.01.2025, № 2/24-25

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)
2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы
3. Место дисциплины в структуре ОП
4. Объем дисциплины и виды учебной работы
5. Содержание дисциплины
 - 5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий
 - 5.2. Содержание разделов, тем дисциплины и формы текущего контроля
6. Оценочные материалы текущего контроля
7. Оценочные материалы промежуточной аттестации
8. Порядок проведения промежуточной аттестации
9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины
 - 9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы
 - 9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся
 - 9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
 - 9.4. Оборудование и технические средства обучения
10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - освоение обучающимися компетенций, связанным с теорией оптических систем, с использованием перспективных компьютерных методов с целью разработки расчета допусков на изготовление оптических систем разных классов для оптических и оптико-электронных приборов

Задачи изучения дисциплины:

- получение обучающимися теоретических знаний по методам расчета допусков на изготовление оптических систем;
- целесообразность введения операции юстировки в процесс сборки оптических систем..

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ОПК-1 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем и применять методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения

ОПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем в инженерной деятельности

Знать:

ОПК-1.1/Зн16 Принципы конструирования оптико-электронных приборов

ОПК-1.1/Зн19 Принципы построения и состав оптических систем в оптико-электронных и оптических приборах и комплексах

Уметь:

ОПК-1.1/Ум15 Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемой оптической системы оптикоэлектронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов

Владеть:

ОПК-1.1/Нв13 Методикой расчета допусков на оптические системы

ОПК-1.2 Применяет методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности

Знать:

ОПК-1.2/Зн10 Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

ОПК-1.2/Зн11 Принципы конструирования оптико-электронных приборов

ОПК-1.2/Зн13 Основы проектирования, конструирования и производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ОПК-1.2/Ум12 Рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые оптические системы, приборы, детали и узлы оплотехники на схемотехническом и элементном уровнях.

ОПК-1.2/Ум13 Представлять информацию в систематизированном виде

ОПК-1.2/Ум14 Разрабатывать конструкторскую документацию.

Владеть:

ОПК-1.2/Нв9 Навыком обоснованно выбирать принципиальную оптическую схему, выполнять габаритный расчет и анализировать полученные результаты

ОПК-6 Способен участвовать в разработке текстовой и конструкторско-технической документации в соответствии с требованиями нормативной документации

ОПК-6.1 Участвует в разработке текстовой документации в соответствии с требованиями нормативной документации.

Знать:

ОПК-6.1/Зн9 Принципы построения и состав оптических систем в оптико-электронных и оптических приборах и комплексах Принципы конструирования оптико-электронных приборов

Уметь:

ОПК-6.1/Ум9 Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемой оптической системы оптикоэлектронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов

Владеть:

ОПК-6.1/Нв7 Методикой расчета допусков на оптические системы

ОПК-6.2 Участвует в разработке конструкторско-технической документации в соответствии с требованиями нормативной документации.

Знать:

ОПК-6.2/Зн10 Принципы построения и состав оптических и оптикоэлектронных приборов и комплексов Принципы конструирования оптико-электронных приборов Основы проектирования, конструирования и производства оптических и оптикоэлектронных приборов и комплексов

Уметь:

ОПК-6.2/Ум8 Представлять информацию в систематизированном виде Разрабатывать конструкторскую документацию. Рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые оптические системы, приборы, детали и узлы оплотехники на схемотехническом и элементном уровнях.

Владеть:

ОПК-6.2/Нв8 Навыком обоснованно выбирать принципиальную оптическую схему, выполнять габаритный расчет и анализировать полученные результаты

ПК-3 Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оплотехники на схемотехническом и элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования

ПК-3.1 Разрабатывает функциональные и структурные схемы оплотехники, определяет физические принципы действия устройств в соответствии с техническими требованиями с использованием теоретических методов и программных средств проектирования и конструирования

Знать:

ПК-3.1/Зн30 Основные области и специфику применения оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Принципы конструирования оптико-электронных приборов.

Уметь:

ПК-3.1/Ум26 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемой оплотехнике, оптическим и оптико-электронным приборам и комплексам с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов. Работать с научно-технической информацией и испытывать перспективные методы автоматизированного проектирования. Обосновывать предлагаемые решения.

Владеть:

ПК-3.1/Нв23 Владеть навыками габаритного расчета типовых оптических систем и анализа полученных результатов, так как на следующих этапах разработки оптической системы прибора оплотехники может возникнуть проблема технической осуществимости.

ПК-3.2 Рассчитывает, визуализирует и моделирует действие оптических элементов и систем с использованием специализированного программного обеспечения, обрабатывает и анализирует результаты расчета с использованием специализированного программного обеспечения

Знать:

ПК-3.2/Зн23 Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования оптических систем приборов оплотехники, работать с базами данных и технической информацией, разрабатывать техническую документацию на отдельные оптические детали и всю оптическую систему в целом

Уметь:

ПК-3.2/Ум22 Современный инженерный опыт при исследовании и разработке оптических систем с использованием деталей из новой элементной базы при проектировании оптических и оптико-электронных приборов.

Владеть:

ПК-3.2/Нв22 Навыками использования специализированного программного обеспечения синтеза оптических систем приборов оплотехники, работы с базами данных и поиском оптических систем прототипов, разработки технической документации

ПК-3.3 Разрабатывает проектно-конструкторскую и техническую документацию на всех этапах жизненного цикла оптических, оптико-электронных приборов, механических блоков, узлов и деталей в соответствии с требованиями технического задания, стандартов качества, надежности, безопасности и технологичности с использованием систем автоматизированного проектирования

Знать:

ПК-3.3/Зн17 Разрабатывать конструкторскую документацию на узлы сложных оптических систем, защищать и обосновывать предлагаемые технические решения.

Уметь:

ПК-3.3/Ум20 Расчет и проектирование в соответствии с техническим заданием типовые системы на элементном и схмотехническом уровнях. Компьютерное моделирование оптических систем с учетом прогнозирования используемых технологий производства и сборки.

Владеть:

ПК-3.3/Нв18 Разработкой технической и проектно-конструкторской документации на всех этапах, Методами расчета и проектирования типовых оптических систем в соответствии с техническим заданием для приборов схмотехники.

ПК-3.4 Согласовывает разработанную проектно-конструкторскую документацию с другими подразделениями, организациями и представителями заказчиков в установленном порядке, в том числе с применением современных средств электронного документооборота

Знать:

ПК-3.4/Зн6 Осуществлять исследование и анализ несоответствия в конструкторской документации

Уметь:

ПК-3.4/Ум6 Согласование разработанной конструкторской документации с технологической с учетом особенностей технологического маршрутизатора изготовления оптических, оптико-электронных блоков, узлов приборов оптотехники.

Владеть:

ПК-3.4/Нв6 Разработкой проектноконструкторской документации на приборы оптотехники в соответствии с нормативными требованиями

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.05.06 «Основы расчета допусков на оптические системы» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 5.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
5 семестр	72	2	13	16	43	Зачет
Всего	72	2	13	16	43	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотношенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Источники возникновения погрешностей изготовления оптических систем	24	4	6	14	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-6.1 ОПК-6.2

Тема 1.1. Погрешности изготовления оптических систем	24	4	6	14	ПК-3.4
Раздел 2. Децентрировка поверхности как погрешность изготовления оптического прибора.	22	4	4	14	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 2.1. Влияние децентрировок поверхностей на aberrации оптической системы	22	4	4	14	
Раздел 3. Определение допустимых погрешностей изготовления оптических систем	26	5	6	15	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 3.1. Расчет допусков на изготовление оптических деталей и сборку оптических систем	26	5	6	15	
Итого	72	13	16	43	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Источники возникновения погрешностей изготовления оптических систем

Тема 1.1. Погрешности изготовления оптических систем

Лекция № 1. Причины возникновения погрешностей изготовления оптических деталей. Общие вопросы оптического производства. Техническая документация на изготовление оптических систем.

Практическое занятие № 1. Оформление чертежей оптических деталей.

Лекция № 2. Оценка качества изображения по геометрическим aberrациям. Влияния изменения конструктивных параметров на aberrации. Требования к оптическим материалам.

Практическое занятие № 2. Расчет таблиц влияния изменения параметров.

Раздел 2. Децентрировка поверхности как погрешность изготовления оптического прибора.

Тема 2.1. Влияние децентрировок поверхностей на aberrации оптической системы

Лекция № 3. Децентрировка поверхности как векторная величина. Aberrации второго порядка, графическое представление.

Практическое занятие № 3. Расчет таблиц влияния децентрировок поверхностей на aberrации оптической системы.

Лекция № 4. Сравнительный анализ aberrаций третьего порядка центрированной системы и aberrаций второго порядка децентрированной системы

Практическое занятие № 4. Определение допустимых значений aberrаций, вызванных децентрировкой..

Лекция № 5. Aberrации, вызванные децентрировкой, как случайные величины. Векторное суммирование aberrаций, вызванных децентрировкой. Закон распределения и доверительный интервал значений суммарных aberrаций.

Практическое занятие № 5. Расчет допусков на децентрировку.

Раздел 3. Определение допустимых погрешностей изготовления оптических систем

Тема 3.1. Расчет допусков на изготовление оптических деталей и сборку оптических систем

Лекция № 6. Погрешности изготовления оптических систем как случайные величины. Законы распределения. Суммирование аберраций.

Практическое занятие № 6. Расчёт допусков на децентрировку фотообъектива.

Лекция № 7. Определение допустимых значений аберраций, вызванных погрешностями изготовления. Определение доверительных интервалов. Рекомендуемые изменения конструктивных параметров.

Практическое занятие № 7. Расчет допусков на конструктивные параметры.

Лекция № 8. Определение допусков на изготовление углов призм и пирамидальность. Допуски на клиновидность пластин.

Практическое занятие № 8. Оформление оптического выпуска.

6. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:

- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».

- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Зачет, 5 семестр.

при проведении промежуточной аттестации, применяется среднее арифметическое значения оценок, полученных за каждый элемент оценивания, указанный в билете (вопрос и два практических задания). Итоговая оценка по дисциплине (модулю) рассчитывается как отношение суммы оценок, полученных обучаемым за каждый вопрос и задания в билете (вопрос и 2 задания, далее - элемент контроля) поделенное на количество полученных оценок (3). При проведении оценивания по вопросам и заданиям, указанным в билете, в ходе промежуточной аттестации, преподаватель может учитывать результаты текущего контроля

7. Оценочные материалы текущего контроля

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

5 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-6.1 ПК-3.1 ОПК-1.2 ОПК-6.2 ПК-3.2 ПК-3.3 ПК-3.4

Вопросы/Задания:

1. Определение допустимых погрешностей изготовления оптических систем

1. Причины возникновения погрешностей изготовления оптических деталей. Рекомендуемые требования к изготовлению.

2. Техническая документация на изготовление оптических систем.
3. Оценка качества изображения по геометрическим aberrациям.
4. Таблицы влияния параметров на aberrации.
5. Требования к оптическим материалам.
6. Погрешности изготовления оптических систем как случайные величины. Законы распределения.
7. Определение допустимых значений aberrаций, вызванных погрешностями изготовления. Суммирование aberrаций. Доверительные интервалы.
8. Рекомендуемые изменения конструктивных параметров.
9. Расчет допусков на конструктивные параметры.
10. Децентрировка поверхности как погрешность изготовления оптического прибора.
11. Aberrации второго порядка, графическое представление.
12. Сравнительный анализ aberrаций третьего порядка центрированной системы и aberrаций второго порядка децентрированной системы.
13. Децентрировка поверхностей как векторная величина.
14. Векторное суммирование aberrаций второго порядка.
15. Aberrации, вызванные децентрировкой, как случайные величины. Закон распределения и доверительный интервал значений суммарных aberrаций.
16. Определение допустимых значений aberrаций, вызванных децентрировкой.
17. Расчет допустимых значений децентрировок поверхностей.
18. Определение допусков на изготовление углов призм и пирамидальность.
19. Определение допусков на клиновидность плоскопараллельных пластин.

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: Учебное пособие. / С.М. Латыев. - Издательство Политехника, 2007. - 579 - 5-7325-0563-6. - Текст: непосредственный.
2. Запрягаева Л.А. Расчет и проектирование оптических систем: Учебник для вузов в 2-х частях. Часть 2. / Л.А. Запрягаева, И.С. Свешникова. - 2-е издание исправленное и дополненное. - МИИГАиК, 2009. - 258 - 978-5-91188-018-7. - Текст: непосредственный.
3. Русинов М.М. Вычислительная оптика: Справочник / М.М. Русинов, А.П. Грамматин, П.Д. Иванов и др.; М. М. Русинов, А. П. Грамматин, П.Д. Иванов и др. ;. - Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1984. - 423 с.: ил. - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Слюсарев Г.Г. Расчёт оптических систем. / Г.Г. Слюсарев. - Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1975. - 640 - Текст: непосредственный.

9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. <https://journalgeo.ru/> - Научный журнал Известия высших учебных заведений «Геодезия и аэрофотосъёмка».
2. <http://vestnikprib.ru/> - Научно-теоретический и прикладной журнал Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроения»

3. <https://pribor.ifmo.ru/> - Научно-технический журнал «Известия высших учебных заведений. Приборостроение»
4. <https://www.photonics.su/> - Научно-технический журнал «Фотоника»
5. <https://izmt.ru/> - Научно-технический журнал «Измерительная техника»
6. <http://www.computeroptics.ru/> - Научный журнал «Компьютерная оптика»

9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения

(обновление производится по мере появления новых версий программы)

Не используется.

Перечень информационно-справочных систем

(обновление выполняется еженедельно)

Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Для практических занятий

Автоматизированное рабочее место (АРМ) - 10 шт.

Меловая доска - 1 шт.

МФУ - 1 шт.

Лекционная аудитория

Интерактивная доска - 1 шт.

Интерактивная панель - 1 шт.

Меловая доска - 1 шт.

Проектор - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

С целью успешного освоения данного предмета студенту необходимо выполнять домашние работы по указанным преподавателям темам и представленным на занятиях материалам. Для более успешного выполнения работы студенту предлагается использование учебно-методических материалов, соответствующих указанной теме.

Самостоятельная работа студентов описывается и регулируется методическими рекомендациями по дисциплине.

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.