



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
15 мая 2026 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)
«Б1.В.11 ОРТОГОНАЛЬНЫЕ АБЕРРАЦИИ»**

Уровень высшего образования: магистратура

Направление подготовки: 12.04.02 Оптотехника

Направленность(профиль) подготовки: Оптико-электронные приборы и системы

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2026

Срок получения образования: 2 года

Объем:
в зачетных единицах: 3 з.е.
в академических часах: 108 ак.ч.

Москва, 2026

Разработчики:

Профессор кафедры Прикладной оптики, д.н., профессор
Бездидько С. Н.

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) составлен в соответствии с требованиями
ФГОС ВО по направлению подготовки 12.04.02 Опотехника, утвержденного приказом
Минобрнауки от 19.09.2017 № 941

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет Оптического приборостроения	Председатель ученого совета факультета	Торшина И. П.	Рассмотрено	10.02.2026, № 5/25-26

1. Планируемые результаты обучения, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ПК-4 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

ПК-4.1 Определяет перечень проблем в области получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем

Знать:

ПК-4.1/Зн6 Взаимосвязь классических и ортогональных волновых aberrаций. Методы оценки aberrаций высших порядков и потенциальных возможностей оптических систем в зависимости от их основных характеристик.

Уметь:

ПК-4.1/Ум5 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим системам, Анализировать aberrационные характеристики оптических систем и основные характеристики качества изображения. Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования оптических систем и анализа их aberrационных свойств.

Владеть:

ПК-4.1/Нв6 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

ПК-4.2 Осуществляет поиск имеющихся технологий получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем

Знать:

ПК-4.2/Зн6 Методы проведения патентных исследований с использованием автоматизированных баз данных готовых оптических систем LensView и Zebase

Уметь:

ПК-4.2/Ум6 Производить патентный поиск. Работать с научно-технической информацией Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора и оптического тракта. Работать с базами данных и источниками информации

Владеть:

ПК-4.2/Нв6 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

ПК-4.3 Проводит сравнительный анализ изделий-аналогов

Знать:

ПК-4.3/Зн6 Основные области и специфика 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 Компьютерные технологии проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-4.3/Ум7 Производить патентный поиск Работать с научно-технической информацией Обосновывать предлагаемые решения Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов

Владеть:

ПК-4.3/Нв7 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

ПК-4.5 Разрабатывает и исследует новые способы и принципы функционирования оптических и оптико- электроннх приборов и систем получения, хранения и обработки информации

Знать:

ПК-4.5/Зн6 Основные области и специфика 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 Компьютерные технологии проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-4.5/Ум6 Производить патентный поиск Работать с научно-технической информацией Обосновывать предлагаемые решения Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов

Владеть:

ПК-4.5/Нв7 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

2. Показатели и критерии оценивания компетенций

Планируемые результаты освоения программы	Уровень овладения	Критерии оценивания (перечень сформированных ИДК/ЗУВ по уровням освоения)
ПК-4 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	Повышенный	ИДК ПК-4.1 Определяет перечень проблем в области получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем Знать: ПК-4.1/Зн6 Взаимосвязь классических и ортогональных волновых aberrаций. Методы оценки aberrаций высших порядков и потенциальных возможностей оптических систем в зависимости от их основных характеристик. Уметь: ПК-4.1/Ум5 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим системам, Анализировать aberrационные характеристики оптических систем и основные характеристики качества изображения. Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования оптических систем и анализа их aberrационных свойств. Владеть: ПК-4.1/Нв6 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

ИДК ПК-4.2 Осуществляет поиск имеющихся технологий получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем

Знать:

ПК-4.2/Зн6 Методы проведения патентных исследований с использованием автоматизированных баз данных готовых оптических систем LensView и Zebase

Уметь:

ПК-4.2/Ум6 Производить патентный поиск. Работать с научно-технической информацией Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора и оптического тракта. Работать с базами данных и источниками информации

Владеть:

ПК-4.2/Нв6 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

ИДК ПК-4.3 Проводит сравнительный анализ изделий-аналогов

Знать:

ПК-4.3/Зн6 Основные области и специфика 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 Компьютерные технологии проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-4.3/Ум7 Производить патентный поиск Работать с научно-технической информацией Обосновывать предлагаемые решения Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов

Владеть:

ПК-4.3/Нв7 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.

	ИДК ПК-4.5 Разрабатывает и исследует новые способы и принципы функционирования оптических и оптико- электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации Знать: ПК-4.5/Зн6 Основные области и специфика 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 Компьютерные технологии проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов Уметь: ПК-4.5/Ум6 Производить патентный поиск Работать с научно-технической информацией Обосновывать предлагаемые решения Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов Владеть: ПК-4.5/Нв7 Методикой составления технического задания на проектирование новых оптических систем и основными принципами их построения и расчета.
Базовый	ИДК ПК-4.1 Определяет перечень проблем в области получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем Знать: ПК-4.1/Зн6 Взаимосвязь классических и ортогональных волновых aberrаций. Методы оценки aberrаций высших порядков и потенциальных возможностей оптических систем в зависимости от их основных характеристик. Уметь: ПК-4.1/Ум5 Анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим системам, Анализировать aberrационные характеристики оптических систем и основные характеристики качества изображения. Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования оптических систем и анализа их aberrационных свойств.

ИДК ПК-4.2 Осуществляет поиск имеющихся технологий получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем

Знать:

ПК-4.2/Зн6 Методы проведения патентных исследований с использованием автоматизированных баз данных готовых оптических систем LensView и Zebase

Уметь:

ПК-4.2/Ум6 Производить патентный поиск. Работать с научно-технической информацией Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора и оптического тракта. Работать с базами данных и источниками информации

ИДК ПК-4.3 Проводит сравнительный анализ изделий-аналогов

Знать:

ПК-4.3/Зн6 Основные области и специфика 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 Компьютерные технологии проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-4.3/Ум7 Производить патентный поиск Работать с научно-технической информацией Обосновывать предлагаемые решения Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов

	ИДК ПК-4.5 Разрабатывает и исследует новые способы и принципы функционирования оптических и оптико- электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации Знать: ПК-4.5/Зн6 Основные области и специфика 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 Компьютерные технологии проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов Уметь: ПК-4.5/Ум6 Производить патентный поиск Работать с научно-технической информацией Обосновывать предлагаемые решения Анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов
Пороговый	ИДК ПК-4.1 Определяет перечень проблем в области получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем Знать: ПК-4.1/Зн6 Взаимосвязь классических и ортогональных волновых aberrаций. Методы оценки aberrаций высших порядков и потенциальных возможностей оптических систем в зависимости от их основных характеристик. ИДК ПК-4.2 Осуществляет поиск имеющихся технологий получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем Знать: ПК-4.2/Зн6 Методы проведения патентных исследований с использованием автоматизированных баз данных готовых оптических систем LensView и Zebase

		ИДК ПК-4.3 Проводит сравнительный анализ изделий-аналогов Знать: ПК-4.3/Зн6 Основные области и специфика 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 Компьютерные технологии проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов ИДК ПК-4.5 Разрабатывает и исследует новые способы и принципы функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации Знать: ПК-4.5/Зн6 Основные области и специфика 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 Компьютерные технологии проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
--	--	---

3. Шкала оценивания

Оценка	Критерии оценивания (перечень сформированных ИДК/ЗУВ)
Зачтено	ПК-4.1 Определяет перечень проблем в области получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем ПК-4.1/Зн6 Взаимосвязь классических и ортогональных волновых aberrаций. Методы оценки aberrаций высших порядков и потенциальных возможностей оптических систем в зависимости от их основных характеристик. ПК-4.2 Осуществляет поиск имеющихся технологий получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем ПК-4.2/Зн6 Методы проведения патентных исследований с использованием автоматизированных баз данных готовых оптических систем LensView и Zebase

	ПК-4.3 Проводит сравнительный анализ изделий-аналогов ПК-4.3/Зн6 Основные области и специфика 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 и комплексов Компьютерные технологии проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов ПК-4.5 Разрабатывает и исследует новые способы и принципы функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации ПК-4.5/Зн6 Основные области и специфика 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 и комплексов Компьютерные технологии проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
Не зачтено	Результаты обучения не сформированы на достаточном уровне

4. Контрольные мероприятия по дисциплине

Вид контроля	Форма контроля/Оценочное средство
Текущий контроль	Практическая работа
Промежуточная аттестация	Контрольная работа Зачет

№ п/п	Наименование раздела	Контролируемые ИДК	Вид контроля/ используемые оценочные материалы	
			Текущий	Промежут. аттестация
1	Этапы процесса проектирования. Классическое представление абберационной функции и отдельные абберрации различных порядков. Ортогональные полиномы Цернике.	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.5	Практическая работа	Зачет
2	Определение ортогональных аббераций. Методы вычисления ортогональных аббераций и определение основных абберационных характеристик качества изображения оптических систем.	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.5	Практическая работа	Зачет
3	Основные свойства ортогональных аббераций. Методы определения коррекционных возможностей оптических систем.	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.5	Практическая работа	Зачет
4	Определение предельно достижимых абберационных характеристик исследуемых оптических систем. Основные принципы построения баз знаний по оптическим системам	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.5	Практическая работа	Зачет

5	Локальная ограниченность программ оптимизации оптических систем и использование ортогональных aberrаций при создании новых глобальных методов оптимизации.	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.5		Зачет
---	--	--------------------------------	--	-------

5. 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, 1 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

6. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Этапы процесса проектирования. Классическое представление aberrационной функции и отдельные aberrации различных порядков. Ортогональные полиномы Цернике.
Контролируемые ИДК: ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.5

Тема 1.1. Введение. Общий анализ aberrаций оптических систем

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Разбор конкретных ситуаций, компьютерные симуляции

Раздел 2. Определение ортогональных aberrаций. Методы вычисления ортогональных aberrаций и определение основных aberrационных характеристик качества изображения оптических систем.

Контролируемые ИДК: ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.5

Тема 2.2. Определение ортогональных aberrаций.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Разбор конкретных ситуаций, компьютерные симуляции

Тема 2.3. Вычисления абберрационных коэффициентов и характеристик качества изображения

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Разбор конкретных ситуаций, компьютерные симуляции

Раздел 3. Основные свойства ортогональных аббераций. Методы определения коррекционных возможностей оптических систем.

Контролируемые ИДК: ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.5

Тема 3.4. Основные свойства ортогональных абберации

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Разбор конкретных ситуаций, компьютерные симуляции

Тема 3.5. Абберационные свойства оптических систем

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Разбор конкретных ситуаций, компьютерные симуляции

Раздел 4. Определение предельно достижимых абберационных характеристик исследуемых оптических систем. Основные принципы построения баз знаний по оптическим системам

Контролируемые ИДК: ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.5

Тема 4.6. Методика определение предельно возможных значений углового поля зрения и относительного отверстия исследуемых оптических систем.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Разбор конкретных ситуаций, компьютерные симуляции

Тема 4.7. Основные принципы построения интеллектуальных баз знаний по оптическим системам.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Разбор конкретных ситуаций, компьютерные симуляции

7. Оценочные материалы промежуточной аттестации

1 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.5

Вопросы/Задания:

1. 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¶

1. Полиномы Цернике и их применение в вычислительной оптике.

2. Структура и свойства ортогональных полиномов Цернике.

3. Коэффициент Штреля и его представление в случае малых аббераций.

4. Вид классического представления волновых aberrаций. Порядок отдельной классической aberrации.
 5. Ортогональность функций. Определение ортогональных полиномов в трехмерной области.
 6. Ортогональное представление волновой aberrации.
 7. Отдельные ортогональные aberrации и их порядок.
 8. Структура отдельных ортогональных aberrаций.
 9. Методика вычисления коэффициентов $Alkm$ разложения волновой aberrации по ортогональным полиномам.
- Интегральная характеристика качества изображения по области по-ле-зрачок.
10. Средний квадрат отклонения волнового фронта (aberrационный функционал) и его представление через ортогональные aberrации.
 11. Разделение вклада aberrаций различных порядков в средний квадрат отклонения волнового фронта.
 12. Определение степени aberrационного полинома по каждой из пе-ременных (методика выбора наиболее значимых отдельных aberrаций).
 13. Влияние изменения конструктивных параметров на изменение aberrаций различных порядков.
 14. Влияние локальной оптимизации на aberrационные характери-стики оптических систем.
 15. Основные свойства ортогональных aberrаций.
 16. Использование ортогональных aberrаций при выборе исходной схемы - прототипа для проектирования оптической системы.
 17. Коэффициент подобия оптических систем по aberrационным ха-рактеристикам.
 18. Новые подходы к оптимизации оптических систем на базе исполь-зования ортогональных aberrаций.
 19. Определение предельных значений углового поля и светосилы для различных типов оптических систем.
 20. Определение предельно возможного качества изображения опти-ческих систем различной сложности, используя базы данных опти-ческих систем.
 21. Коэффициент сложности требований технического задания на проектирование.
 22. Причины локальной ограниченности программ оптимизации.