



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 оптико-электронных приборов



**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.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Б1.В.ДВ.04.01 ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ»**

Уровень высшего образования: специалитет

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

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

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2026

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

Объем:
в зачетных единицах: 5 з.е.
в академических часах: 180 ак.ч.

Москва, 2026

Разработчики:

Старший преподаватель кафедры Оптико-электронных приборов
Откупман Д. Г.

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	10.02.2026, № 5/25-26

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 - формирование студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области оптико-электронного приборостроения для реализации первых этапов расчета и проектирования современных тепловизионных приборов и систем специального назначения.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование у студентов понятий об основах проектирования, конструирования и производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов;
- освоение студентами компьютерных технологий и программных средств проектирования и конструирования;
- формирование у студентов способностей к доказательству основных результатов в этих направлениях.

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

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/Зн1 Основы проектирования, конструирования и производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-3.1/Ум1 Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов и системы электронного документооборота Разрабатывать отдельные программы и подпрограммы для решения различных задач проектирования, конструирования, исследования и контроля оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Владеть:

ПК-3.1/Нв1 Методикой энергетического расчета типовых систем, приборов, деталей и узлов оплотехники с учетом требований к параметрам и характеристикам приемников излучения

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.ДВ.04.01 «Тепловизионные системы» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 7, 8.

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)
7 семестр						
8 семестр	180	5	32	32	116	Зачет с оценкой
Всего	180	5	32	32	116	

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, соответствующие результатам освоения программы
Раздел 1. Приёмники излучения ИК диапазона спектра	12	4	4	4	ПК-3.1
Тема 1.1. Параметры и характеристики приёмников	12	4	4	4	
Раздел 2. Электронный тракт тепловизионных систем	10	2	4	4	ПК-3.1
Тема 2.1. Элементы электронного тракта	10	2	4	4	
Раздел 3. Видеоконтрольные устройства	46	8	8	30	ПК-3.1
Тема 3.1. Параметры и характеристики приёмников излучения	8	2	2	4	
Тема 3.2. Фотонные приёмники излучения и их охлаждение (криостаты, криокулеры)	12	2	2	8	
Тема 3.3. Тепловые приёмники излучения и калибровка	12	2	2	8	
Тема 3.4. Обзор современного рынка ИК матричных фотоприёмных устройств	14	2	2	10	

Раздел 4. Представление и обработка ИК-изображений	36	8	6	22	ПК-3.1
Тема 4.1. Требования, задачи и примеры выполняемых функций электронного тракта	10	4	2	4	
Тема 4.2. Элементы электронного тракта	12	2	2	8	
Тема 4.3. Основные источники шума	14	2	2	10	
Раздел 5. Исследования и испытания тепловизоров	27	6	3	18	ПК-3.1
Тема 5.1. Параметры и основные типы систем отображения информации	15	4	1	10	
Тема 5.2. Матричные экраны, микродисплеи	12	2	2	8	
Раздел 6. Компьютерные модели тепловизионных систем	26	4	4	18	ПК-3.1
Тема 6.1. Цифровое представление термограмм	12	2	2	8	
Тема 6.2. Обработка изображений	14	2	2	10	
Раздел 7. Применение, современные тенденции развития и совершенствования тепловизионных систем	23		3	20	ПК-3.1
Тема 7.1. Тенденции развития и совершенствования тепловизионных систем	23		3	20	
Итого	180	32	32	116	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Приёмники излучения ИК диапазона спектра

Тема 1.1. Параметры и характеристики приёмников

Параметры и характеристики приёмников

Раздел 2. Электронный тракт тепловизионных систем

Тема 2.1. Элементы электронного тракта

Элементы электронного тракта

Раздел 3. Видеоконтрольные устройства

Тема 3.1. Параметры и характеристики приёмников излучения

Разновидности и сравнение типов ИК детекторов. Особенности, параметры и характеристики (спектральные, геометрические, эксплуатационные) приёмников излучения тепловизионных систем. Особенности, параметры и характеристики (спектральные, геометрические, эксплуатационные) приёмников излучения тепловизионных систем.

Тема 3.2. Фотонные приёмники излучения и их охлаждение (криостаты, криокулеры)

Особенности фотонных приёмников излучения. Микрокриогенные системы в составе приёмников излучения

Тема 3.3. Тепловые приёмники излучения и калибровка

Особенности тепловых приёмников излучения. Калибровка матричных приёмников излучения.

Тема 3.4. Обзор современного рынка ИК матричных фотоприёмных устройств

Отечественные и зарубежные предприятия по производству ИК приёмников. Обзор серийной продукции. Выбор матричного приёмника излучения тепловизионной системы.

Раздел 4. Представление и обработка ИК-изображений

Тема 4.1. Требования, задачи и примеры выполняемых функций электронного тракта

Теория обработки сигналов. Требования и задачи электронного тракта тепловизионной системы. Типовые задачи, решаемые при помощи электронного тракта.

Тема 4.2. Элементы электронного тракта

Мультиплексор, схема считывания, технологии исполнения (изготовления) фото-приёмных устройств. Интерфейсы тепловизионных модулей.

Тема 4.3. Основные источники шума

Полное описание пространственно-временного шума. Расчёт эквивалентной шуму разности температур и минимально разрешаемой разности температур.

Раздел 5. Исследования и испытания тепловизоров

Тема 5.1. Параметры и основные типы систем отображения информации

Чувствительность глаза, текстурные признаки. Классификация и основные отличия видеоконтрольных устройств.

Тема 5.2. Матричные экраны, микродисплеи

Миниатюрные системы отображения информации носимых тепловизоров. Выбор матричного дисплея тепловизионной системы

Раздел 6. Компьютерные модели тепловизионных систем

Тема 6.1. Цифровое представление термограмм

Дискретизация изображения Глубина цвета, кодирование и сжатие изображений. Определение динамического диапазона наблюдения. Анализ тепловизионных изо-бражений (термограмм)

Тема 6.2. Обработка изображений

Методы повышения качества изображений, фильтрация, изменение разрешения, компенсация дефектов. Выбор оптимального набора методов цифровой обработки видеопотока.

Раздел 7. Применение, современные тенденции развития и совершенствования тепловизионных систем

Тема 7.1. Тенденции развития и совершенствования тепловизионных систем

Тенденции и развитие тепловизионных систем

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 с оценкой, 8 семестр.

При организации и проведении промежуточной аттестации, исходя из перечня планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), по каждой компетенции или связанным несколькими компетенциям, в формировании которых участвует учебная дисциплина (модуль), кафедрой формируются фонд оценочных средств к экзамену:

- примерный перечень вопросов к экзамену для оценивания результатов обучения в виде ЗНАНИЙ. При этом, за каждым вопросом в скобках указываются(ются) компетенции(я), уровень сформированности которых(ой) будет оцениваться;
- примерный перечень простых практических контрольных заданий к экзамену для оценивания результатов обучения в виде УМЕНИЙ.
- примерный перечень комплексных практических контрольных заданий к экзамену для оценивания результатов обучения в виде ВЛАДЕНИЙ. при этом, за каждым заданием в скобках указываются(ются) компетенции(я), уровень сформированности которых(ой) будет оцениваться;

Для проведения промежуточной аттестации, исходя из сформированных перечней (вопросов к

экзамену, простых ПКЗ, комплексных ПКЗ) формируются билеты к экзамену (соответственно - диф. зачету или зачету).

Сформированные перечни (вопросы к экзамену, простые ПКЗ, комплексные ПКЗ) должны в совокупности охватывать все компетенции и заявленные в программе основные результаты обучения по дисциплине (модулю) на уровне ЗНАТЬ, УМЕТЬ, ВЛАДЕТЬ.

Билеты формируются случайной выборкой из приведенных выше перечней, а итоговый результат оценивания соотносится на весь заявленный в программе перечень результатов обучения по дисциплине (модулю).

Каждый билет включает:

Вопрос для оценивания результатов обучения в виде ЗНАНИЙ;

Простое практическое контрольное задание для оценивания результатов обучения в виде УМЕНИЙ;

Комплексное практическое контрольное задание для оценивания результатов обучения в виде ВЛАДЕНИЙ.

Методика оценивания: при проведении промежуточной аттестации, как правило, 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.

Устанавливаются следующие шкалы оценивания уровней освоения компетенций, предусмотренных рабочей программой при проведении экзамена:

«ПОВЫШЕННЫЙ» - выставляется оценка - 5 «ОТЛИЧНО», если среднее арифметическое значение оценок по элементам контроля находится в интервале от 4.5-5.0;

«БАЗОВЫЙ» - выставляется оценка - 4 «ХОРОШО», если среднее арифметическое значение оценок по элементам контроля находится в интервале от 3.5 - 4.4;

«Пороговый» - выставляется оценка - 3 «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», если среднее арифметическое значение оценок по элементам контроля находится в интервале от 2.5 - 3.4.

«НЕДОСТАТОЧНЫЙ» - выставляется оценка - 2 «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», если среднее арифметическое значение оценок по элементам контроля менее 2.5.

7. Оценочные материалы текущего контроля

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

8 семестр, Зачет с оценкой

Контролируемые ИДК: ПК-3.1

Вопросы/Задания:

1. Отличия поколений тепловизоров.
2. Структурная схема «смотрящей» тепловизионной системы.
5. Основные критерии качества и показатели эффективности тепловизионных систем.
6. Параметры и характеристики матричных приёмников излучения, применяемых в тепловизионных системах.
7. Основные требования к охлаждающим устройствам приёмников излучения.

8. Виды шумов матричных приёмников излучения, применяемых в тепловизионных системах.

10. Интерфейсы тепловизионных приборов.

11. Типы и основные характеристики видеоконтрольных устройств.

12. Способы цифрового представления тепловизионных изображений (термокарт). Динамический диапазон.

14. Комплексирование изображений.

15. Тепловизионные приборы в медицине.

16. Тепловой неразрушающий контроль.

17. Тепловая маскировка объектов-целей и средства оптико-электронной борьбы.

18. Тепловизионные системы военного применения.

19. Достоинства и недостатки тепловизоров.

21. Виды сканирования. Макро- и микросканирование.

22. Классификация матричных приёмников излучения, применяемых в тепловизионных системах.

23. Калибровка матричных приёмников излучения.

24. Коррекция неоднородности матричных приёмников излучения.

25. Методы цифровой фильтрации изображений.

26. Ахроматизация и атермализация оптических систем.

28. Методы автономного распознавания.

29. Метрологическое обеспечение тепловизионных систем.

31. Виды испытаний тепловизионных систем.

32. Компьютерное моделирование тепловизионных систем.

33. Принципы работы и особенности двух- и многодиапазонных (многоспектральных) фотоприёмных устройств.

35. Оптические элементы сканирующих устройств. Сравнительная характеристика.

36. Сравнительная характеристика охлаждаемых и неохлаждаемых фотоприёмных устройств.

38. Основные назначения и требования, предъявляемые к электронному тракту (модулю электронной обработки) тепловизионного прибора.

39. Назначение и методы цифровой обработки тепловизионных изображений.

40. Основные задачи тепловизионных систем, решаемые программными средствами.

41. Определение геометрических параметров и характеристик тепловизионных систем.

42. Особенности оптических схем тепловизионных систем с охлаждаемыми приёмниками.

43. Эффект Нарцисса и способы его устранения.

45. Тепловизионная система в виде набора линейных апериодических звеньев.

46. Имитационное моделирование тепловизионных изображений.

47. Варианты обработки изображений разного спектрального состава.

49. Тенденции развития и совершенствования тепловизионных систем.

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Мирошников М. М. Теоретические основы оптико-электронных приборов / М. М. Мирошников. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 704 с. - 978-5-8114-1036-1. - Текст: электронный // Издательство Лань: [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210497> - Режим доступа: по подписке

2. Тарасов В.В. Введение в проектирование оптико - электронных приборов: системный подход: Учебник. / В.В. Тарасов, Ю.Г. Якушенков; В. В. Тарасов, Ю. Г. Якушенков ;. - Университетская книга, 2016. - 488 - 978-5-98699-164-1. - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Соломатин В.А. Оптико - электронные сканеры и спектрометры космических аппаратов: Учебное пособие для вузов. / В.А. Соломатин. - "Инновационное машиностроение", 2021. - 154 - 978-5-907104-89-1. - Текст: непосредственный.

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

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. http://modtran.spectral.com/modtran_home - Modtran
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0 - Wikipedia
3. https://www.spectralcalc.com/blackbody_calculator/blackbody.php - SpectralCalc.com
4. <https://www.iprbookshop.ru/> - IPR SMART
5. <https://pribor.ifmo.ru/> - Приборостроение
6. <https://www.photonics.su/> - Фотоника

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

Специализированная лаборатория

- Вертикальный линейный транслятор L490/M - 1 шт.
- Интерактивная доска - 1 шт.
- Интерактивная панель - 1 шт.
- Интерферометр Майкельсона - 1 шт.
- Комплект для проведения экспериментов Фурье-оптики (Thorlabs) - 1 шт.
- МФУ - 1 шт.
- Оптическая скамья - 1 шт.

Лекционная аудитория

- LED-экран - 1 шт.
- Автоматизированное рабочее место (АРМ) - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

При изучении курса следует постоянно связывать изучаемый материал со сведениями из разделов оптики, теории оптико-электронных систем, физики, электроники, источникам и приемникам излучения.

Систематически готовиться к занятиям, повторять изучаемый материал. Студент, пропустивший занятия, обязан пройти собеседование по материалу пропущенных занятий. Вопросы по материалу пропущенных занятий в обязательном порядке входят в промежуточную аттестацию. Особенностью дисциплины является необходимость в периодическом до-полнении курса лекций, для актуализации используемых в тепловизионных системах материалов и технологий. Повествование дисциплины сопровождается большим количеством иллюстративной части (графики, схемы, рисунки и т.д.), которую рекомендуется демонстрировать в виде электронных презентаций или раздаточного материала.

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.