

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Принципы функционирования оптико-электронной аппаратуры дистанционного зондирования Земли из космоса
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Космические технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра космического приборостроения
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет  
2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.А. Зайцев, преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры космического приборостроения 18.02.2025

## Аннотация

В рамках учебной дисциплины рассматриваются ключевые физические принципы, применяемые при создании оптико-электронной аппаратуры дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса, а также базовые методы цифровой обработки изображений. Курс существенным образом базируется на различных разделах общей физики и высшей математики.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- формирование у студента целостного понимания принципов функционирования оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ из космоса, развитие системного мышления и приобретение навыков решения практических задач.

#### Задачи дисциплины

- актуализация знаний, приобретенных ранее при освоении различных разделов общей физики и высшей математики;
- изучение особенностей ДЗЗ из космоса;
- изучение теоретических аспектов функционирования оптико-электронной аппаратуры;
- изучение базовых методов цифровой обработки изображений;
- формирование системного подхода к созданию оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ из космоса;
- приобретение навыков решения прикладных задач;
- формирование представления о возможности применения полученных знаний в профессиональной деятельности.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)

ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные задачи ДЗЗ;
- современные тенденции развития спутниковых систем ДЗЗ;
- назначение блоков оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ и функциональные связи между ними;
- методы калибровки оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ;
- основные методы цифровой обработки изображений;
- специфику профессиональной деятельности специалистов, разрабатывающих системы ДЗЗ.

уметь:

- делать оценки технических характеристик при анализе требований, предъявляемых к оптико-электронной аппаратуре ДЗЗ;
- рассчитывать параметры фотоприемного тракта с учетом особенностей ДЗЗ из космоса;
- предлагать концепции построения оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ и анализировать их особенности;
- разрабатывать алгоритмы коррекции информации с учетом особенностей функционирования конкретной оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ;
- рассчитывать параметры спутниковых группировок для решения задач глобального мониторинга.

владеть:

- системным подходом к проектированию оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ;
- методикой проведения математического моделирования, научного эксперимента и обработки результатов экспериментов с целью исследования характеристик оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ;
- навыками публичного выступления и ведения научной дискуссии.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение.	1	1		1
2	Орбитальные группировки КА ДЗЗ.	2	2		2
3	Принципы формирования изображения в аппаратуре ДЗЗ.	4	4		4
4	Излучение в оптическом диапазоне спектра.	4	4		4
5	Фотоприемный тракт.	4	4		4
6	Информационные характеристики аппаратуры ДЗЗ.	4	4		8
7	Радиометрическая и геометрическая калибровка аппаратуры ДЗЗ.	4	4		8
8	Служебные системы аппаратуры ДЗЗ и КА ДЗЗ.	2	2		4
9	Бортовая и наземная обработка сигнала.	4	4		8
10	Внешняя калибровка и валидация данных ДЗЗ.	1	1		2
Итого часов		30	30		45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 1 (Осенний)

###### 1. Введение.

Задачи дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса. Роль дистанционных исследований в изучении природной среды в глобальном масштабе, контроля и разведки объектов на поверхности Земли и в атмосфере.

Современные системы ДЗЗ из космоса. Системный подход к дистанционным исследованиям. Пространственное, спектральное, радиометрическое и временное разрешение данных ДЗЗ. Перспективы развития космических систем дистанционного зондирования.

Цепочка «Объект съемки — Аппаратура — Данные — Тематический продукт».

###### 2. Орбитальные группировки КА ДЗЗ.

Законы орбитального движения. Основные виды орбит КА ДЗЗ: солнечносинхронная, геостационарная, высокоэллиптическая. Параметры орбит. Изменение параметров орбиты в течение срока активного существования (САС) КА. Выбор орбит в зависимости от задач ДЗЗ.

###### 3. Принципы формирования изображения в аппаратуре ДЗЗ.

Геометрия съемки с околоземной орбиты. Системы трассовой съемки, системы со сканированием. Компоненты фотоприемного тракта. Способы спектроделения и формирования каналов.

#### 4. Излучение в оптическом диапазоне спектра.

Энергетические и фотометрические величины. Поглощение, отражение, рассеяние и преломление света. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело (АЧТ). Законы Стефана-Больцмана, Планка, Вина. Излучательная способность и радиационная температура. Излучательные, поглощательные и отражательные свойства нечерных поверхностей.

Собственное и рассеянное излучение. Спектр солнечного излучения. Особенности спектральных характеристик излучения и отражения природных и антропогенных образований в оптическом диапазоне спектра. Прохождение излучения через атмосферу.

#### 5. Фотоприемный тракт.

Основные законы оптики. Дифракционный предел разрешения. Критерий Рэлея. Светосила объектива. Хроматические и геометрические aberrации. Апертурная и полевая диафрагмы. Основные виды объективов.

Основные типы фотоприемников. Фотодиоды и фоторезисторы. Характеристики приемников оптического излучения. Спектральная характеристика чувствительности. Фотоэффект, квантовая эффективность. Длинноволновая граница чувствительности. Частотные свойства приемников излучения. Линейные и матричные ПЗС и КМОП-фотоприемники. Основные виды и источники шумов. Влияние охлаждения. Активные и пассивные системы охлаждения фотоприемников.

Усилители сигнала и аналогово-цифровые преобразователи (АЦП).

### Семестр: 2 (Весенний)

#### 6. Информационные характеристики аппаратуры ДЗЗ.

Радиометрические характеристики. Динамический диапазон выходного сигнала. Спектральная функция чувствительности. Градуировочная характеристика. Радиометрическое разрешение. Отношение сигнал/шум (ОСШ), эквивалентная шуму разность температур (ЭШРТ). Разрядность сигнала. Стабильность параметров выходного сигнала.

Геометрические характеристики. Функция рассеяния точки (ФРТ), оптическая передаточная функция (ОПФ). Функция передачи модуляции (ФПМ), коэффициент передачи модуляции (КПМ). Функция рассеяния линии (ФРЛ). Пространственное разрешение. Полоса захвата. Географическая привязка изображения.

#### 7. Радиометрическая и геометрическая калибровка аппаратуры ДЗЗ.

Средства и методы наземной и бортовой радиометрической калибровки. Измерение функций спектральной чувствительности. Имитаторы абсолютно черного тела. Стабильные источники коротковолнового излучения. Фотометрическая интегрирующая сфера. Диффузно рассеивающие оптические элементы. Компарирование бортового излучателя с внешним. Использование внешних источников излучения (космоса, Солнца, Луны) при бортовой калибровке. Учет особенностей фотоприемного тракта аппаратуры при калибровке. Контроль стабильности характеристик аппаратуры при калибровке.

Средства и методы геометрической калибровки. Методы измерения пространственно-частотных характеристик в процессе лабораторной настройки и штатной эксплуатации аппаратуры ДЗЗ. Принцип геометрической калибровки аппаратуры с многоэлементными приемниками излучения.

#### 8. Служебные системы аппаратуры ДЗЗ и КА ДЗЗ.

Блоки управления, обработки сигналов, сбора телеметрической информации. Вторичные источники питания. Системы термостабилизации, криогенные системы. Системы хранения и передачи информации.

Обеспечение работы аппаратуры ДЗЗ со стороны КА. Системы электроснабжения, ориентации, стабилизации, терморегуляции.

## 9. Бортовая и наземная обработка сигнала.

Уровни обработки данных ДЗЗ. Радиометрическая и геометрическая обработка изображений. Алгоритмы получения, обработки и использования калибровочных данных. Алгоритм двухточечной радиометрической коррекции сигнала. Принципы получения и устранения пространственной неоднородности чувствительности аппаратуры.

Бортовая обработка информации. Сжатие сигнала с потерями и без потерь. Основные форматы хранения изображений.

Артефакты на изображениях. Процедуры коррекции. Линейные фильтры. Свертка. Фильтры низких и высоких частот. Фильтры на основе преобразования Фурье. Статистические фильтры.

Тематические продукты на основе информации, получаемой аппаратурой ДЗЗ. Способы представления тематических продуктов. Основные типы картографических проекций.

## 10. Внешняя калибровка и валидация данных ДЗЗ.

Верификация радиометрических и пространственно-частотных характеристик аппаратуры ДЗЗ при летной эксплуатации. Проверка характеристик по наземным полигонам. Особенности проверки характеристик в зависимости от пространственного разрешения и спектрального диапазона. Калибровка по наземным полигонам. Интеркалибровка: GEO-GEO, GEO-LEO, LEO-LEO. Учет различий в аппаратуре ДЗЗ при интеркалибровке.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для семинарских занятий: учебная аудитория, персональные компьютеры и мультимедийное оборудование (проектор, интерактивная доска).

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

- 1) Шовенгердт, Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р.А. Шовенгердт. – М. : Техносфера, 2010. – 560 с.
- 2) Чернов, А.А. Орбиты спутников дистанционного зондирования Земли / А.А. Чернов, Г.М. Чернявский – М. : Радио и связь, 2004. – 200 с.
- 3) Хадсон, Р. Инфракрасные системы. / Р. Хадсон. – М. : Мир, 1972. – 535 с.
- 4) Госсорг, Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение / Ж. Госсорг. – М. : Мир, 1988. – 416 с.
- 5) Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.

### Дополнительная литература

- 1) Tang, H. Quantitative Remote Sensing in Thermal Infrared. Theory and Applications / H. Tang, Z. Li – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014 – 281 p.
- 2) Охоцимский, Д.Е. Основы механики космического полета / Д.Е. Охоцимский, Ю.Г. Сихарулидзе. – М. : Наука, 1990. – 448 с.
- 3) Формозов, Б.Н. Аэрокосмические фотоприемные устройства в видимом и инфракрасном диапазонах. Учебное пособие / Б.Н. Формозов. – СПб. : ГУАП, 2002. – 120 с.
- 4) Рогальский, А. Инфракрасные детекторы / А. Рогальский. – Новосибирск : Наука, 2003 – 636 с.
- 5) Современные технологии обработки данных дистанционного зондирования Земли / под ред. В.В. Еремеева. – М. : Физматлит, 2015. – 460 с.
- 6) Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М. : Энергия, 1977. — 344 с.
- 7) Блох А.Г. Теплообмен излучением / А.Г. Блох, Ю.А. Журавлев, Л.Н. Рыжков. – М. : Энергоатомиздат, 1991. — 432 с. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов в 5 т. Т. 1. Механика / Д.В. Сивухин. – М. : Физматлит, 2016. – 560 с.
- 8) Сивухин Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов в 5 т. Т. 1. Механика – 6-е изд., стереот. – М. : Физматлит, 2016. – 560 с.
- 9) Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов в 5 т. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика / Д.В. Сивухин. – М. : Физматлит, 2016. – 544 с.
- 10) Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов в 5 т. Т. 3. Электричество / Д.В. Сивухин. – М. : Физматлит, 2016. – 656 с.
- 11) Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов в 5 т. Т. 4. Оптика – / Д.В. Сивухин. – М. : Физматлит, 2016. – 792 с.
- 12) Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов в 5 т. Т. 5. Атомная и ядерная физика / Д.В. Сивухин. – М. : Физматлит, 2016. – 784 с.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха
2. Цифровая обработка сигналов. Часть 1. Сигналы и системы дискретного времени —<https://www.coursera.org/learn/cifrovaya-obrabotka-signalov-chast1>
3. Цифровая обработка сигналов. Часть 2. Дискретные и цифровые фильтры — <https://www.coursera.org/learn/cifrovaya-obrabotka-signalov-chast2>
4. Обработка изображений — <https://stepik.org/1280>

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Windows Media Player), Access 2010, Outlook, Win Rar, информационная справочная система OSCAR — <https://space.oscar.wmo.int>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса «Принципы функционирования оптико-электронной аппаратуры дистанционного зондирования Земли из космоса» требует большой самостоятельной работы студента, осознания связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин. В программе дисциплины приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (семинаров, учебной и научной литературе).

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа пройденного материала, а также индивидуальных консультаций.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Прикладные математика и физика  
**профиль подготовки:** Космические технологии  
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий  
кафедра космического приборостроения  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет  
2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** А.А. Зайцев, преподаватель

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Принципы функционирования оптико-электронной аппаратуры дистанционного зондирования Земли из космоса» обучающийся должен:

**знать:**

- основные задачи ДЗЗ;
- современные тенденции развития спутниковых систем ДЗЗ;
- назначение блоков оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ и функциональные связи между ними;
- методы калибровки оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ;
- основные методы цифровой обработки изображений;
- специфику профессиональной деятельности специалистов, разрабатывающих системы ДЗЗ.

**уметь:**

- делать оценки технических характеристик при анализе требований, предъявляемых к оптико-электронной аппаратуре ДЗЗ;
- рассчитывать параметры фотоприемного тракта с учетом особенностей ДЗЗ из космоса;
- предлагать концепции построения оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ и анализировать их особенности;
- разрабатывать алгоритмы коррекции информации с учетом особенностей функционирования конкретной оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ;
- рассчитывать параметры спутниковых группировок для решения задач глобального мониторинга.

**владеть:**

- системным подходом к проектированию оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ;
- методикой проведения математического моделирования, научного эксперимента и обработки результатов экспериментов с целью исследования характеристик оптико-электронной аппаратуры ДЗЗ;
- навыками публичного выступления и ведения научной дискуссии.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Текущий контроль осуществляется в форме самостоятельных работ или тестов в письменной форме по каждой теме.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Аттестация по дисциплине «Принципы функционирования оптико-электронной аппаратуры дистанционного зондирования Земли из космоса» осуществляется в форме дифференцированного зачета в 9 семестре и в форме экзамена (устного) в 10 семестре.

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 9 семестре:

1. Задачи ДЗЗ из космоса. Цепочка «Объект съемки — Аппаратура — Данные — Тематический продукт».
2. Пространственное, спектральное, радиометрическое и временное разрешение данных ДЗЗ.
3. Основные виды орбит спутников ДЗЗ. Выбор орбит в зависимости от задач ДЗЗ.
4. Геометрия съемки с околоземной орбиты. Компоненты фотоприемного тракта.
5. Назначение и виды средств бортовой калибровки.
6. Энергетические и фотометрические величины.
7. АЧТ. Законы Стефана-Больцмана, Планка, Вина.
8. Излучательная способность и радиационная температура.
9. Собственное и рассеянное излучение. Спектр солнечного излучения.
10. Дифракционный предел разрешения. Светосила объектива.
11. Линейные и матричные ПЗС и КМОП-фотоприемники. Характеристики приемников оптического излучения.
12. Основные виды и источники шумов.

Примерный перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 10 семестре:

1. Радиометрические характеристики. Стабильность параметров выходного сигнала.
2. Геометрические характеристики. Пространственное разрешение.
3. Средства и методы наземной и бортовой радиометрической калибровки.
4. Использование внешних источников излучения при бортовой калибровке.
5. Средства и методы геометрической калибровки.
6. Служебные блоки аппаратуры ДЗЗ.
7. Уровни обработки данных ДЗЗ. Радиометрическая и геометрическая обработка изображений.
8. Алгоритмы получения, обработки и использования калибровочных данных.
9. Сжатие сигнала с потерями и без потерь.
10. Артефакты на изображениях. Процедуры коррекции.
11. Валидация радиометрических и пространственно-частотных параметров аппаратуры ДЗЗ при летной эксплуатации.
12. Интеркалибровка.

Примерные экзаменационные билеты:

Экзаменационный билет № 1

1. Уровни обработки данных ДЗЗ. Радиометрическая и геометрическая обработка изображений.
2. Геометрические характеристики. Пространственное разрешение.

Экзаменационный билет № 2

1. Алгоритмы получения, обработки и использования калибровочных данных.
2. Уровни обработки данных ДЗЗ. Радиометрическая и геометрическая обработка изображений.

Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при выполнении курсовой работы, домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при выполнении курсовой работы, домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при выполнении курсовой работы, домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении курсовой работы и домашних заданий, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении курсовой работы и домашних заданий, но допускает в ответе или в решении задач много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении курсовой работы и домашних заданий, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, при выполнении курсовой работы и домашних заданий он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, при выполнении курсовой работы и домашних заданий он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Дифференцированный зачет проводится по итогам текущей успеваемости: по результатам контрольных, самостоятельных работ/тестов по каждой теме.

Дифференцированный зачет по дисциплине проводится путем организации специального опроса в устной форме по вопросам.

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном зачете не должен превышать одного астрономического часа.

Во время проведения дифференцированного зачета при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций и любой другой литературой.

Во время проведения дифференцированного зачета при ответе обучающегося на вопросы по билету он не может пользоваться конспектами лекций и любой другой литературой.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется до 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Преподавателю предоставляется право, помимо теоретических вопросов студентам дополнительные вопросы, уточняющие понимание содержания курса.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций и любой другой литературой.

Во время проведения экзамена при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины, он не может пользоваться конспектами лекций и любой другой литературой.