

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

А.В. Дворкович

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Теоретические основы радиолокации и радиосвязи
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиолокации, управления и информатики
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 105 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составили:

К.Ю. Гаврилов, д-р техн. наук

М.Б. Митяшев, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

Программа обсуждена на заседании кафедры радиолокации, управления и информатики 01.03.2020

Аннотация

Основные понятия и определения. Схемы РЛС. Дальность действия РЛС. Критерии обнаружения. Оптимальная обработка сигналов. Виды радиолокационных сигналов. Разрешающая способность и точность измерения параметров. Методы измерения координат и скорости цели.

Основные типы систем мобильной связи. Форматы цифровых стандартов и режимы работы. Построение и режимы работы систем сотовой и спутниковой связи.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

изучение основ теории современных систем и средств радиолокации.

Задачи дисциплины

- приобретение теоретических знаний о принципах построения систем радиолокации;
- приобретение базовых знаний в области анализа и моделирования характеристик систем и средств радиолокации;
- освоение навыков синтеза современных систем и средств радиолокации различного назначения;
- получение представления о способах и методах измерения характеристик систем радиолокации.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.3 Умеет составлять аннотации, рефераты, библиографические перечни и обзоры информации в области своей профессиональной деятельности
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ☐ основные понятия теории радиолокации;
- ☐ основополагающие характеристики систем радиолокации, характерные величины основных параметров;
- ☐ основные типы современных систем радиолокации;
- ☐ проблемы и тенденции развития систем радиолокации.

уметь:

- ☐ пользоваться своими знаниями для решения задач теории и техники радиолокации;
- ☐ производить численные оценки характеристик систем радиолокации;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ основными методами анализа систем радиолокации и расчета их характеристик;
- ☐ навыками самостоятельной работы и получения специальной информации в Интернете;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов численного расчета и моделирования и сопоставления с теоретическими данными.

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	Основные понятия и определения. Общая характеристика видов и назначения радиолокационных систем.	2	1		4
2	Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) цели. ЭПР тел простой формы.	4	2		4
3	Дальность действия РЛС в свободном пространстве. Влияние атмосферы на дальность действия РЛС. Влияние Земли на дальность действия РЛС.	3	1		4
4	Импульсный метод измерения дальности. Принцип действия импульсной РЛС кругового обзора. Разрешающая способность РЛС кругового обзора.	3	1		5
5	Частотный метод измерения дальности. Фазовый метод измерения дальности.	3	2		5
6	Амплитудные методы измерения угловых координат. Частотный метод измерения угловых координат. Фазовый метод измерения угловых координат.	3	2		5

7	Основные положения теории обнаружения сигналов. Обнаружение пачек радиоимпульсов. Многоканальная обработка при обнаружении-измерении	4	2		5
8	Сведения из теории точности измерений. Потенциальная точность измерения параметров сигналов.	4	2		5
9	Основные определения и свойства сложных сигналов. Обработка сложных сигналов.	2	1		4
10	РЛС с синтезированием апертуры (РСА). Назначение и принцип действия.	2	1		4
11	Основные понятия и определения. Архитектура современных сетей связи.	2	1		6
12	Эволюция систем мобильной радиосвязи. Основные типы систем мобильной связи.	4	2		6
13	Распространение сигналов радиосвязи в свободном пространстве. Основные виды помех в канале связи.	3	2		6
14	Критерии выбора модуляционных форматов при цифровой передаче данных. Модуляционные форматы цифровых стандартов современных сетей связи.	3	1		7
15	Основные виды множественного доступа. Организация дуплексного режима в мобильных системах.	3	2		7
16	Помехоустойчивое кодирование на основе блоковых кодов. Помехоустойчивое кодирование на основе сверточных кодов.	3	1		7
17	Принципы построения систем сотовой связи. Сотовая телефония стандарта GSM.	4	2		7
18	Назначение и классификация систем спутниковой связи. Структуры различных систем спутниковой связи.	4	2		7
19	Типы сетей WLAN. Методы модуляции сигналов. Стандарты сетей типа WLAN.	4	2		7
Итого часов		60	30		105
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

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

1. Основные понятия и определения. Общая характеристика видов и назначения радиолокационных систем.

Основные понятия и определения из теории радиолокационных систем. Общая характеристика состава, видов и назначения РЛС. Диапазоны частот, используемые в радиолокации. Области применения РЛС. Физические основы радиообнаружения и определения местоположения объектов. Методы определения местоположения объектов.

2. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) цели.

ЭПР тел простой формы.

ЭПР целей – определение. Общая характеристика радиолокационных целей. ЭПР тел простой формы. ЭПР тел, соизмеримых с длиной волны. ЭПР тел малых размеров по сравнению с длиной волны. ЭПР тел с размерами, значительно превышающих длину волны. Примеры вычисления ЭПР некоторых тел. Искусственные отражатели. Групповые цели. Вероятностные характеристики ЭПР. Поляризационные характеристики ЭПР. Поверхностно-распределенные и объемно-распределенные цели.

3. Дальность действия РЛС в свободном пространстве.

Влияние атмосферы на дальность действия РЛС.

Влияние Земли на дальность действия РЛС.

Дальность действия РЛС в свободном пространстве. Уравнение дальности в свободном пространстве – основное уравнение радиолокации. Влияние атмосферы на дальность действия РЛС: затухание радиоволн в атмосфере, влияние рефракции. Влияние Земли на дальность действия: дальность прямой видимости, дальность действия с учетом интерференции радиоволн.

4. Импульсный метод измерения дальности.

Принцип действия импульсной РЛС кругового обзора.

Разрешающая способность РЛС кругового обзора.

Импульсный метод измерения дальности: принцип измерения, условие однозначности измерения, минимальная и максимальная дальности действия РЛС. Принцип действия импульсной РЛС кругового обзора, структурная схема. Выбор частоты вращения (сканирования) антенны. Разрешающая способность импульсной РЛС по дальности и углу. Понятие разрешаемого объема.

5. Частотный метод измерения дальности.

Фазовый метод измерения дальности.

Частотный метод измерения дальности с помощью частотно-модулированных сигналов. Структурная схема измерителя, максимальная дальность и погрешность измерения. Фазовый метод измерения дальности. Структурная схема измерителя, погрешности измерения.

6. Амплитудные методы измерения угловых координат.

Частотный метод измерения угловых координат.

Фазовый метод измерения угловых координат.

Амплитудные методы измерения угловых координат: метод максимума, метод минимума, метод сравнения, равносигнальный метод. Частотный метод измерения угловых координат. Фазовый метод измерения угловых координат, многошкальные системы. Моноимпульсная радиолокация.

7. Основные положения теории обнаружения сигналов.

Обнаружение пачек радиоимпульсов. Многоканальная обработка при обнаружении-измерении

Обнаружение сигналов как статистическая задача. Основные положения теории обнаружения сигналов. Показатели качества обнаружения. Обнаружение одиночного радиоимпульса. Обнаружение пачек радиоимпульсов: когерентная и некогерентная пачки. Пороговая мощность сигнала. Многоканальная обработка при обнаружении-измерении.

8. Сведения из теории точности измерений.

Потенциальная точность измерения параметров сигналов.

Сведения из теории точности измерений. Вычисление потенциальной точности измерений параметров сигналов с помощью неравенства Крамера-Рао. Потенциальная точность измерения дальности, угловых координат, радиальной скорости.

9. Основные определения и свойства сложных сигналов.

Обработка сложных сигналов.

Функция неопределенности. Вычисление разрешающей способности для простых сигналов. Обработка сложных сигналов: радиоимпульс с линейной частотной модуляцией, импульсы с дискретным изменением частоты, фазоманипулированные сигналы.

10. РЛС с синтезированием апертуры (РСА). Назначение и принцип действия.

Описание метода синтезирования апертуры при фазовой коррекции принимаемых сигналов. Синтезирование антенны на основе метода фильтрации доплеровских частот. Выбор параметров РСА. Цифровая обработка сигналов в РСА. Источники погрешностей в РСА.

Семестр: 8 (Весенний)

11. Основные понятия и определения. Архитектура современных сетей связи.

Основные понятия и определения из теории радиосвязи. Краткий исторический очерк по радиосвязи. Архитектура современных сетей связи. Понятие о модели взаимодействия открытых систем.

12. Эволюция систем мобильной радиосвязи.

Основные типы систем мобильной связи.

Эволюция систем мобильной связи. Виды классификации систем радиосвязи. Характеристика основных видов систем мобильной связи: транкинговые системы связи, системы персонального радиовызова, системы персональной спутниковой связи, сотовые системы мобильной связи, системы беспроводного доступа к локальным вычислительным сетям.

13. Распространение сигналов радиосвязи в свободном пространстве.

Основные виды помех в канале связи.

Распространение сигналов радиосвязи в свободном пространстве. Влияние многолучевости на распространение сигнала. Канал передачи в системах подвижной связи. Моделирование потерь при распространении сигнала. Влияние канала радиосвязи на передачу сигналов с различной шириной спектра. Разнесенный прием.

14. Критерии выбора модуляционных форматов при цифровой передаче данных.
Модуляционные форматы цифровых стандартов современных сетей связи.

Критерии выбора видов модуляции в цифровых системах мобильной связи: повышение помехоустойчивости, повышение спектральной эффективности сигналов. Описание основных модуляционных форматов цифровых стандартов радиосвязи: бинарная фазовая манипуляция (BPSK), квадратурная фазовая манипуляция (QPSK), квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом (OQPSK), минимальная частотная манипуляция (MSK), гауссовская минимальная частотная манипуляция (GMSK).

15. Основные виды множественного доступа.
Организация дуплексного режима в мобильных системах.

Множественный доступ с частотным разделением каналов. Множественный доступ с временным разделением каналов. Множественный доступ с кодовым разделением каналов. Оценка емкости канала связи при использовании различных методов множественного доступа. Организация дуплексного режима в мобильных системах: дуплексный разнос по частоте (FDD), дуплексный разнос по времени (TDD).

16. Помехоустойчивое кодирование на основе блоковых кодов.
Помехоустойчивое кодирование на основе сверточных кодов.

Задачи помехоустойчивого кодирования. Определение скорости передачи и избыточности кода сообщения. Основные виды блоковых кодов. Линейные циклические коды, методы обнаружения ошибок. Сверточные рекуррентные коды. Понятие сверточной решетки кода.

17. Принципы построения систем сотовой связи. Сотовая телефония стандарта GSM.

Принципы построения систем сотовой связи. Структура сети, методы организации сот. Сотовая телефония GSM – архитектура и системные аспекты. Передача данных в системе GSM: организация и услуги передачи данных, передача коротких сообщений (SMS), пакетная передача данных (GPRS).

18. Назначение и классификация систем спутниковой связи.
Структуры различных систем спутниковой связи.

Назначение и классификация систем спутниковой связи. Состав и основные характеристики систем спутниковой связи с подвижными объектами. Энергетический расчет систем спутниковой связи. Описание систем персональной спутниковой связи: Инмарсат, Иридиум, Глобалстар.

19. Типы сетей WLAN.
Методы модуляции сигналов.
Стандарты сетей типа WLAN.

Критерии классификации широкополосных беспроводных систем радиосвязи: по территориальному охвату, по топологии построения, по методу множественного доступа. Методы модуляции сигналов в цифровых системах радиодоступа: PSK, QPSK, MPSK, QAM, OFDM. Стандарты IEEE 802.11 для сетей WLAN.

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

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Основы радиолокации [Текст] : учебник для вузов гражд. авиации / М. И. Финкельштейн .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Радио и связь, 1983 .— 536 с.
2. П.А. Бакулев, Радиолокационные системы, М., Радиотехника, 2004 г.
3. М. Скольник, Справочник по радиолокации в 4-х томах, пер. с англ., М., Сов. Радио, 1976 – 1979 г.г.

Дополнительная литература

1. Системы мобильной связи: учебное пособие для вузов / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов. Под ред. В.П. Ипатова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003.
2. Прокис Дж. Цифровая связь. – М.: Радио и связь, 2000.
3. Весоловский К. Системы подвижной радиосвязи / Пер. с польск. И.Д. Рудинского; под ред. А.И. Ледовского. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006.
4. Сакалема Д.Ж. Подвижная радиосвязь / Под ред. О.И. Шелухина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012.
5. Теоретические основы радиолокации. Я.Д. Ширман, В.Н. Голиков, И.Н. Бусыгин и др. Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Сов. Радио, 1970.

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

1. <http://lib.mipt.ru> – электронная библиотека Физтеха.
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> – библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

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

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций (Microsoft PowerPoint).

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

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях,
- подготовку к практическим занятиям, дифференцированному зачёту и экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме контроля выполнения домашнего задания, письменных и устных индивидуальных ответов на вопросы в ходе проведения практических занятий.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения.

В начале практического занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обязательным требованием является выполнение домашних заданий

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиолокации, управления и информатики
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Экзамен

Разработчики:

К.Ю. Гаврилов, д-р техн. наук

М.Б. Митяшев, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.3 Умеет составлять аннотации, рефераты, библиографические перечни и обзоры информации в области своей профессиональной деятельности
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теоретические основы радиолокации и радиосвязи» обучающийся должен:

знать:

- ☐ основные понятия теории радиолокации;
- ☐ основополагающие характеристики систем радиолокации, характерные величины основных параметров;
- ☐ основные типы современных систем радиолокации;
- ☐ проблемы и тенденции развития систем радиолокации.

уметь:

- ☐ пользоваться своими знаниями для решения задач теории и техники радиолокации;
- ☐ производить численные оценки характеристик систем радиолокации;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ основными методами анализа систем радиолокации и расчета их характеристик;
- ☐ навыками самостоятельной работы и получения специальной информации в Интернете;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов численного расчета и моделирования и сопоставления с теоретическими данными.

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

* примерный перечень вопросов к контрольной работе, примеры заданий контрольных работ:

7 семестр:

1. Основные понятия и определения. Общая характеристика видов и назначения радиолокационных систем.

понятия и определения из теории радиолокационных систем. Общая

Основные характеристика состава, видов и назначения РЛС. Диапазоны частот, используемые в радиолокации. Области применения РЛС. Физические основы радиообнаружения и определения местоположения объектов. Методы определения местоположения объектов.

2. Дальность действия РЛС в свободном пространстве.

Влияние атмосферы на дальность действия РЛС.

Влияние Земли на дальность действия РЛС.

Дальность действия РЛС в свободном пространстве. Уравнение дальности в свободном пространстве – основное уравнение радиолокации. Влияние атмосферы на дальность действия РЛС: затухание радиоволн в атмосфере, влияние рефракции. Влияние Земли на дальность действия: дальность прямой видимости, дальность действия с учетом интерференции радиоволн.

3. Импульсный метод измерения дальности.

Принцип действия импульсной РЛС кругового обзора.

Разрешающая способность РЛС кругового обзора.

Импульсный метод измерения дальности: принцип измерения, условие однозначности измерения, минимальная и максимальная дальности действия РЛС. Принцип действия импульсной РЛС кругового обзора, структурная схема. Выбор частоты вращения (сканирования) антенны. Разрешающая способность импульсной РЛС по дальности и углу. Понятие разрешаемого объема.

4. Частотный метод измерения дальности.

Фазовый метод измерения дальности.

Частотный метод измерения дальности с помощью частотно-модулированных сигналов.

Структурная схема измерителя, максимальная дальность и погрешность измерения. Фазовый метод измерения дальности. Структурная схема измерителя, погрешности измерения.

5. Амплитудные методы измерения угловых координат.

Частотный метод измерения угловых координат.

Фазовый метод измерения угловых координат.

Амплитудные методы измерения угловых координат: метод максимума, метод минимума, метод сравнения, равносигнальный метод. Частотный метод измерения угловых координат. Фазовый метод измерения угловых координат, многошкальные системы. Моноимпульсная радиолокация.

6. Основные положения теории обнаружения сигналов.

Обнаружение пачек радиоимпульсов. Многоканальная обработка при обнаружении-измерении

Обнаружение сигналов как статистическая задача. Основные положения теории обнаружения сигналов. Показатели качества обнаружения. Обнаружение одиночного радиоимпульса.

Обнаружение пачек радиоимпульсов: когерентная и некогерентная пачки. Пороговая мощность сигнала. Многоканальная обработка при обнаружении-измерении.

7. Сведения из теории точности измерений.

Потенциальная точность измерения параметров сигналов.

Сведения из теории точности измерений. Вычисление потенциальной точности измерений параметров сигналов с помощью неравенства Крамера-Рао. Потенциальная точность измерения дальности, угловых координат, радиальной скорости.

8. Основные определения и свойства сложных сигналов.

Обработка сложных сигналов.

Функция неопределенности. Вычисление разрешающей способности для простых сигналов.

Обработка сложных сигналов: радиоимпульс с линейной частотной модуляцией, импульсы с дискретным изменением частоты, фазоманипулированные сигналы.

8 семестр:

9. Основные понятия и определения. Архитектура современных сетей связи.

Основные понятия и определения из теории радиосвязи. Краткий исторический очерк по радиосвязи. Архитектура современных сетей связи. Понятие о модели взаимодействия открытых систем.

10. Эволюция систем мобильной радиосвязи.

Основные типы систем мобильной связи.

Эволюция систем мобильной связи. Виды классификации систем радиосвязи. Характеристика основных видов систем мобильной связи: транкинговые системы связи, системы персонального радиовызова, системы персональной спутниковой связи, сотовые системы мобильной связи, системы беспроводного доступа к локальным вычислительным сетям.

11. Распространение сигналов радиосвязи в свободном пространстве.

Основные виды помех в канале связи.

Распространение сигналов радиосвязи в свободном пространстве. Влияние многолучевости на распространение сигнала. Канал передачи в системах подвижной связи. Моделирование потерь при распространении сигнала. Влияние канала радиосвязи на передачу сигналов с различной шириной спектра. Разнесенный прием.

12. Критерии выбора модуляционных форматов при цифровой передаче данных.

Модуляционные форматы цифровых стандартов современных сетей связи.

Критерии выбора видов модуляции в цифровых системах мобильной связи: повышение помехоустойчивости, повышение спектральной эффективности сигналов. Описание основных модуляционных форматов цифровых стандартов радиосвязи:

13. Основные виды множественного доступа.

Организация дуплексного режима в мобильных системах.

Множественный доступ с частотным разделением каналов. Множественный доступ с временным разделением каналов. Множественный доступ с кодовым разделением каналов. Оценка емкости канала связи при использовании различных методов множественного доступа. Организация дуплексного режима в мобильных системах: дуплексный разнос по частоте (FDD), дуплексный разнос по времени (TDD).

14. Помехоустойчивое кодирование на основе блоковых кодов.

Помехоустойчивое кодирование на основе сверточных кодов.

Задачи помехоустойчивого кодирования. Определение скорости передачи и избыточности кода сообщения. Основные виды блоковых кодов. Линейные циклические коды, методы обнаружения ошибок. Сверточные рекуррентные коды. Понятие сверточной решетки кода.

15. Принципы построения систем сотовой связи. Сотовая телефония стандарта GSM.

Структура сети, методы организации сот.

Сотовая телефония GSM – архитектура и системные аспекты. Передача данных в системе GSM: организация и услуги передачи данных, передача коротких сообщений (SMS), пакетная передача данных (GPRS).

16. Назначение и классификация систем спутниковой связи.

Структуры различных систем спутниковой связи.

Назначение и классификация систем спутниковой связи. Состав и основные характеристики систем спутниковой связи с подвижными объектами. Энергетический расчет систем спутниковой связи. Описание систем персональной спутниковой связи: Инмарсат, Иридиум, Глобалстар.

Примерный перечень заданий к выполнению расчетно-аналитической работы:

1. Какова длительность сигнала, отраженного от самолета с максимальным линейным размером 20 м при облучении его на дальности 150 км импульсами длительностью 1 мкс, если ширина диаграммы направленности антенны РЛС в обеих плоскостях равна 0,01 рад?
2. Будет ли отражение в сторону радиолокатора при наклонном облучении поверхности с размером неровностей 5 см, если длина волны равна 10 см, а угол падения радиоволн относительно вертикали равен 60°?
3. Определите длительность отраженного сигнала от облака дипольных отражателей, если его протяженность вдоль линии визирования составляет 6 км, а длительность зондирующего сигнала равна 1 мкс.

4. Определите ширину спектра сигнала, отраженного от самолета с максимальным линейным размером 20 м, летящего на дальности 1 км со скоростью 300 м/с при его сопровождении РЛС, излучающей монохроматическое колебание с длиной волны 3 см.
 5. Определите максимальную частоту в спектре амплитудных флуктуаций сигналов и время (интервал) корреляции сигналов, отраженных от самолета, летящего со скоростью 300 м/с и совершающего вираж радиуса 4,6 км, если длина самолета равна 30 м, а длина волны 10 см.
 6. Рассчитайте дальность действия импульсной РЛС в свободном пространстве при обнаружении цели с ЭПР 5 м², если излучаемая мощность 150 кВт, эффективная площадь антенны 1 м², длина волны 3 см, пороговая мощность $5 \cdot 10^{-13}$ Вт.
 7. Во сколько раз изменится дальность действия когерентной и некогерентной РЛС кругового обзора в свободном пространстве при переходе от быстрого обзора со скоростью вращения антенны 15 об/мин к медленному обзору со скоростью 3 об/мин ?
 8. Какова дальность действия РЛС сантиметрового диапазона, антенна которой поднята над поверхностью Земли на 100 м по цели, летящей на высоте 1 км, если дальность обнаружения в свободном пространстве составляет 150 км.
 9. Определите дальность прямой видимости цели, летящей на высоте 1 км, если антенна РЛС поднята на высоту 100 м, а градиент коэффициента преломления атмосферы $\text{grad} = -10^{-8} \text{ 1/м}$.
 10. Рассчитайте мощность передатчика активной импульсной РЛС в атмосфере с коэффициентом затухания 0,05 дБ/км, если известно, что дальность действия этой РЛС должна составлять 100 км, и для обеспечения такой же дальности действия в свободном пространстве необходимая мощность передатчика составляет 100 кВт.
 11. Как изменится дальность действия РЛС, если чувствительность приемника РЛС повысилась в 16 раз ?
- За каждое задание студент получает оценку в соответствии с таблицей критерия оценивания).

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

1. Основные тактико-технические характеристики РЛС.
2. Физические основы радиообнаружения и определения местоположения объектов.
3. Определение ЭПР цели. Методы расчета ЭПР тел различных форм.
4. Искусственные отражатели. Их виды и назначение.
5. Вероятностные характеристики ЭПР целей.
6. Поляризационные характеристики ЭПР целей.
7. Методика расчета ЭПР поверхностно- и объемно-распределенных целей.
8. Дальность действия РЛС в свободном пространстве.
9. Влияние атмосферы на дальность действия РЛС.
10. Влияние Земли на дальность действия РЛС.
11. Принцип действия импульсных РЛС кругового обзора.
12. Разрешающая способность РЛС кругового обзора.
13. Импульсный метод измерения дальности.
14. Частотный метод измерения дальности.
15. Фазовый метод измерения дальности.
16. Амплитудные методы измерения угловых координат.
17. Частотные методы измерения угловых координат.
18. Фазовые методы измерения угловых координат.
19. Моноимпульсная радиолокация.
20. Основные положения теории обнаружения сигналов.
21. Обнаружение одиночного радиоимпульса со случайной начальной фазой и амплитудой.
22. Обнаружение когерентной пачки радиоимпульсов.
23. Обнаружение некогерентной пачки радиоимпульсов.
24. Пороговая мощность сигнала.
25. Многоканальная обработка при обнаружении-измерении.
26. Методика вычисления потенциальной точности измерения параметров радиосигналов.

27. Потенциальная точность измерения дальности.
28. Потенциальная точность измерения угловых координат.
29. Потенциальная точность измерения радиальной скорости.
30. Сложные сигналы. Функция неопределенности. Согласованная фильтрация.
31. Использование сигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ).
32. Использование сигналов с фазовой манипуляцией (ФМН).
33. Метод синтезирования апертуры в РЛС бокового обзора (РСА).
34. Источники погрешностей в РСА.

Примеры контрольных заданий:

1. Какова длительность сигнала, отраженного от самолета с максимальным линейным размером 20 м при облучении его на дальности 150 км импульсами длительностью 1 мкс, если ширина диаграммы направленности антенны РЛС в обеих плоскостях равна 0,01 рад?
2. Будет ли отражение в сторону радиолокатора при наклонном облучении поверхности с размером неровностей 5 см, если длина волны равна 10 см, а угол падения радиоволны относительно вертикали равен 60°?
3. Определите длительность отраженного сигнала от облака дипольных отражателей, если его протяженность вдоль линии визирования составляет 6 км, а длительность зондирующего сигнала равна 1 мкс.
4. Определите ширину спектра сигнала, отраженного от самолета с максимальным линейным размером 20 м, летящего на дальности 1 км со скоростью 300 м/с при его сопровождении РЛС, излучающей монохроматическое колебание с длиной волны 3 см.
5. Определите максимальную частоту в спектре амплитудных флуктуаций сигналов и время (интервал) корреляции сигналов, отраженных от самолета, летящего со скоростью 300 м/с и совершающего вираж радиуса 4,6 км, если длина самолета равна 30 м, а длина волны 10 см.
6. Рассчитайте дальность действия импульсной РЛС в свободном пространстве при обнаружении цели с ЭПР 5 м², если излучаемая мощность 150 кВт, эффективная площадь антенны 1 м², длина волны 3 см, пороговая мощность $5 \cdot 10^{-13}$ Вт.
7. Во сколько раз изменится дальность действия когерентной и некогерентной РЛС кругового обзора в свободном пространстве при переходе от быстрого обзора со скоростью вращения антенны 15 об/мин к медленному обзору со скоростью 3 об/мин?
8. Какова дальность действия РЛС сантиметрового диапазона, антенна которой поднята над поверхностью Земли на 100 м по цели, летящей на высоте 1 км, если дальность обнаружения в свободном пространстве составляет 150 км.
9. Определите дальность прямой видимости цели, летящей на высоте 1 км, если антенна РЛС поднята на высоту 100 м, а градиент коэффициента преломления атмосферы $\text{grad} = -10^{-8} \text{ 1/м}$.
10. Рассчитайте мощность передатчика активной импульсной РЛС в атмосфере с коэффициентом затухания 0,05 дБ/км, если известно, что дальность действия этой РЛС должна составлять 100 км, и для обеспечения такой же дальности действия в свободном пространстве необходимая мощность передатчика составляет 100 кВт.
11. Как изменится дальность действия РЛС, если чувствительность приемника РЛС повысилась в 16 раз?

Примеры экзаменационных билетов (заданий, тестов и др. материалов, используемых для проведения зачета, экзамена):

Билет № 1

1. Импульсный метод измерения дальности: принцип измерения и условие однозначности измерения дальности.
2. Фазоманипулированные сигналы (ФМС). Согласованный фильтр для ФМС сигнала.

Билет № 2

1. Диапазоны частот, используемые в радиолокации. Физические основы радиообнаружения и определения местоположения объектов.
2. Принцип действия импульсной РЛС кругового обзора: структурная схема РЛС, выбор частоты вращения антенн.

Билет № 3

1. Основные тактико-технические характеристики РЛС.
2. Критерий разрешения Рэлея. Разрешающая способность РЛС кругового обзора по дальности и по углу.

Билет № 4

1. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) целей. Методы вычисления ЭПР реальных целей. ЭПР тел простой формы. Понятие блестящей точки.
2. Обнаружение радиолокационных сигналов. Показатели качества обнаружения. Понятие характеристики обнаружения. Основные положения теории обнаружения сигналов.

Билет № 5

1. Искусственные отражатели: уголкового отражатели, линза Лунеберга. Групповые цели. ЭПР двухточечной цели. Угловая и дальномерная ошибки двухточечной цели. Скорость флуктуаций ЭПР.
2. Обнаружение одиночного радиоимпульса со случайной фазой и амплитудой. Структурная схема обнаружителя.

Билет № 6

1. Вероятностная оценка ЭПР для модели цели в виде совокупности блестящих точек. Поляризационные характеристики целей.
2. Обнаружение когерентной пачки радиоимпульсов. Структурная схема обнаружителя и характеристики обнаружения.

Билет № 7

1. Поверхностно распределенные и объемно распределенные цели. Условие зеркального отражения и диффузного рассеяния электромагнитных волн на границе раздела сред.
2. Радиоимпульс с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ). Согласованный фильтр для ЛЧМ импульса.

Билет № 8

1. Дальность действия РЛС в свободном пространстве. Вывод основного уравнения радиолокации. Влияние атмосферы на дальность действия РЛС: явление рефракции, затухание радиоволн в атмосфере.
2. Обнаружение некогерентной пачки радиоимпульсов. Структурная схема обнаружителя и характеристики обнаружения.

Билет № 9

1. Пороговая мощность сигнала. Многоканальная обработка радиолокационных сигналов.
2. Сложные радиолокационные сигналы. Функция неопределенности. Вычисление разрешающей способности для простых сигналов: прямоугольный радиоимпульс, когерентная пачка радиоимпульсов.

Билет № 10

1. Дальность действия РЛС с учетом влияния Земли: дальность прямой видимости, дальность действия при отражении радиоволн от Земли.
2. Неравенство Крамера-Рао для потенциальной точности измерений. Потенциальная точность измерения дальности, угловых координат и радиальной скорости целей.

Перечень контрольных вопросов:

1. Основные типы систем мобильной радиосвязи (СМР). Классификационные признаки СМР. Принципы построения и назначение следующих СМР: транкинговые системы связи (ТСС), системы персонального радиовызова (СПРВ), системы беспроводной телефонии, сотовые системы связи (ССС), системы персональной спутниковой связи (СПСС).

2. Распространение сигнала в свободном пространстве: коэффициент направленного действия (КНД) антенны, коэффициент усиления (КУ) антенны, расчет мощности принятого сигнала в свободном пространстве, потери на распространение в свободном пространстве, понятие вероятности ошибки символа (ВОС).
3. Влияние многолучёвости на распространение сигнала. Расчет мощности принятого сигнала при двухлучевой модели распространения. Формула для расчета мощности принятого сигнала в реальных системах. Понятие медленных и быстрых замираний сигнала.
4. Модель канала передачи сигнала в системах подвижной радиосвязи. Спектральная плотность мощности сигнала в случае различных видов местности.
5. Моделирование потерь распространения сигнала в реальных системах радиосвязи: модель Ли, модель Окамуры, модель Хата, модель распространения сигнала внутри помещений.
6. Влияние канала радиосвязи на передачу сигналов с различной шириной спектра.
7. Разнесенный прием радиосигналов. Пространственное, частотное, временное и поляризационное разнесения. Понятие многолучевого разнесения и принцип работы RAKE-приемника.
8. Общая модель цифровой системы радиосвязи, ее составные части.
9. Речевые кодеры и декодеры. Методы кодирования речи: импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ), адаптивная ДИКМ, дельта модуляция (ДМ), адаптивная ДМ. Вокодеры.
10. Канальное кодирование информации: модели каналов для канального кодирования, понятие избыточного кодирования, классификация кодов.
11. Блочные коды и их полиномиальное описание.
12. Сверточные коды.
13. Помехоустойчивое кодирование на основе перемежения символов.
14. Каскадное кодирование и турбокодирование.
15. Модуляция сигналов в цифровых системах радиосвязи. Классификация сигналов по параметру широкополосности.
16. Бинарная фазовая манипуляция (BPSK) и квадратурная фазовая манипуляция (QPSK).
17. Виды модуляций сигналов в ССС второго и третьего поколений: квадратурная амплитудная модуляция (QAM), квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом (OQPSK), манипуляция с минимальным частотным сдвигом (MSK), гауссовская MSK (GMSK).
18. Организация множественного доступа: частотное разделение каналов (FDMA), временное разделение каналов (TDMA), кодовое разделение каналов (CDMA). Оценка числа абонентов (каналов) для каждого метода множественного доступа.
19. Расчет абонентской емкости с учетом трафика.
20. Организация дуплексного режима радиосвязи. Частотный и временной дуплекс.
21. Принципы построения ССС. Понятия сектора, соты и кластера. Различные виды территориальных покрытий сетью сот. Обобщенная структура ССС.
22. История развития ССС. Поколения и стандарты ССС.
23. Стандарт ССС GSM: общая характеристика стандарта; назначение идентификаторов IMEI, IMSI, модуля SIM, кодов PIN, PUK и ключа KI; структура и общий алгоритм функционирования. Процедура аутентификации абонента.
24. Радиоинтерфейс в системе GSM. Логические и физические каналы. Структура кадра, назначение и виды каналов трафика и управления.
25. Алгоритм асинхронного случайного множественного доступа типаALOHA. Вызов абонентов и эстафетная передача обслуживания (Handover) в стандарте GSM.
26. Принципы позиционирования мобильных станций в ССС. Общие положения: методы позиционирования на основе MC, с поддержкой сети и на базе сети. Описание методов позиционирования: A-GPS, Cell-ID (по идентификатору соты), Cell-ID + TA (по идентификатору соты и времени упреждения), Cell-ID + RTT (по идентификатору соты и времени приема-передачи сигналов управления), Cell-ID +OTDoA (по идентификатору соты и разности времен приема пилотных сигналов от базовых станций), U-TDOA (по разности моментов времени прихода сигналов по линии «вверх»).
27. Радиоинтерфейс в системе CdmaOne (IS-95). Общая характеристика системы: архитектура линии «вниз», архитектура линии «вверх», эстафетная передача – мягкий Handover.
28. Системы CDMA2000 и LTE – стандарты третьего (3G) и четвертого поколений (4G).
29. Системы персональной спутниковой связи: основные службы СПСС, виды орбит, параметры земных и космических станций, диапазоны частот.

30. Характеристики служб СПСС: фиксированная спутниковая служба (ФСС), подвижная спутниковая служба (ПСС), радиовещательная спутниковая служба (РСС). Описание современных СПСС: Inmarsat, Thuraya, Iridium, GlobalStar.

Примеры экзаменационных билетов (заданий, тестов и др. материалов, используемых для проведения экзамена):

Экзаменационный билет № 1

1. Основные типы систем мобильной радиосвязи (СМР). Классификационные признаки СМР. Принципы построения и назначение следующих СМР: транкинговые системы связи (ТСС), системы персонального радиовызова (СПРВ), системы беспроводной телефонии, сотовые системы связи (ССС), системы персональной спутниковой связи (СПСС).
2. Свёрточные коды.

Экзаменационный билет № 2

1. Распространение сигнала в свободном пространстве: коэффициент направленного действия (КНД) антенны, коэффициент усиления (КУ) антенны, расчет мощности принятого сигнала в свободном пространстве, потери на распространение в свободном пространстве, понятие вероятности ошибки символа (ВОС).
2. Помехоустойчивое кодирование на основе перемежения символов.

Экзаменационный билет № 3

1. Влияние многолучёвости на распространение сигнала. Расчет мощности принятого сигнала при двухлучевой модели распространения. Формула для расчета мощности принятого сигнала в реальных системах. Понятие медленных и быстрых замираний сигнала.
2. Принципы позиционирования мобильных станций в СССР. Общие положения: методы позиционирования на основе МС, с поддержкой сети и на базе сети. Описание методов позиционирования: A-GPS, Cell-ID (по идентификатору соты), Cell-ID + TA (по идентификатору соты и времени упреждения), Cell-ID + RTT (по идентификатору соты и времени приема-передачи сигналов управления), Cell-ID + OTDoA (по идентификатору соты и разности времен приема пилотных сигналов от базовых станций), U-TDOA (по разности моментов времени прихода сигналов по линии «вверх»).

Экзаменационный билет № 4

1. Модель канала передачи сигнала в системах подвижной радиосвязи. Спектральная плотность мощности сигнала в случае различных видов местности.
2. Блочные коды и их полиномиальное описание.

Экзаменационный билет № 5

1. Моделирование потерь распространения сигнала в реальных системах радиосвязи: модель Ли, модель Окамуры, модель Хата, модель распространения сигнала внутри помещений.
2. Бинарная фазовая манипуляция (BPSK) и квадратурная фазовая манипуляция (QPSK).

Экзаменационный билет № 6

1. Влияние канала радиосвязи на передачу сигналов с различной шириной спектра.
2. Принципы построения СССР. Понятия сектора, соты и кластера. Различные виды территориальных покрытий сетью сот. Обобщенная структура СССР.

Экзаменационный билет № 7

1. Разнесенный прием радиосигналов. Пространственное, частотное, временное и поляризационное разнесения. Понятие многолучевого разнесения и принцип работы RAKE-приемника.
2. История развития СССР. Поколения и стандарты СССР.

Экзаменационный билет № 8

1. Общая модель цифровой системы радиосвязи, ее составные части.

2. Организация множественного доступа: частотное разделение каналов (FDMA), временное разделение каналов (TDMA), кодовое разделение каналов (CDMA). Оценка числа абонентов (каналов) для каждого метода множественного доступа.

Экзаменационный билет № 9

1. Речевые кодеры и декодеры. Методы кодирования речи: импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ), адаптивная ДИКМ, дельта модуляция (ДМ), адаптивная ДМ. Вокодеры.
2. Организация дуплексного режима радиосвязи. Частотный и временной дуплекс.

Экзаменационный билет № 10

1. Канальное кодирование информации: модели каналов для канального кодирования, понятие избыточного кодирования, классификация кодов.
2. Радиоинтерфейс в системе CdmaOne (IS-95). Общая характеристика системы: архитектура линии «вниз», архитектура линии «вверх», эстафетная передача – мягкий Handover.

Экзаменационный билет № 11

1. Каскадное кодирование и турбокодирование.
2. Системы персональной спутниковой связи: основные службы СПСС, виды орбит, параметры земных и космических станций, диапазоны частот.

Экзаменационный билет № 12

1. Модуляция сигналов в цифровых системах радиосвязи. Классификация сигналов по параметру широкополосности.
2. Стандарт CCC GSM: назначение идентификаторов IMEI, IMSI, модуля SIM, кодов PIN, PUK и ключа KI. Процедура аутентификации абонента.

Экзаменационный билет № 13

1. Виды модуляций сигналов в CCC второго и третьего поколений: квадратурная амплитудная модуляция (QAM), квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом (OQPSK), манипуляция с минимальным частотным сдвигом (MSK), гауссовская MSK (GMSK).
2. Характеристики служб СПСС: фиксированная спутниковая служба (ФСС), подвижная спутниковая служба (ПСС), радиовещательная спутниковая служба (РСС). Описание современных СПСС: Inmarsat, Thuraya, Iridium, GlobalStar.

Экзаменационный билет № 14

1. Расчет абонентской емкости с учетом трафика.
2. Радиоинтерфейс в системе GSM. Логические и физические каналы. Структура кадра, назначение и виды каналов трафика и управления.

Экзаменационный билет № 15

1. Алгоритм асинхронного случайного множественного доступа типа ALOHA. Вызов абонентов и эстафетная передача обслуживания (Handover) в стандарте GSM.
2. Речевые кодеры и декодеры. Методы кодирования речи: импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ), адаптивная ДИКМ, дельта модуляция (ДМ), адаптивная ДМ. Вокодеры.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Дифференцированный зачет и экзамен проводятся в устной форме.

При проведении устного дифференцированного зачета и экзамена обучающемуся предоставляется не менее 1 часа на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном зачете не должен превышать двух астрономических часов.

Во время подготовки к ответу обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций и справочной литературой из перечня, указанного в программе дисциплины.