

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

УТВЕРЖДЕНО

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

Д.А. Гаврилов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	OFDM-модуляция и цифровые системы вещания
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра мультимедийных технологий и телекоммуникаций
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: С.В. Дорохин, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры мультимедийных технологий и телекоммуникаций 23.01.2023

Аннотация

Данный курс предназначен для ознакомления обучающихся с основными принципами моделирования цифровых систем связи на основе систем, использующих мультиплексирование с ортогональным разделением частотных каналов, а также основных принципов построения и математических основ функционирования современных цифровых систем вещания.

В рамках первой части курса студенты изучат типовое строение приёмника и передатчика OFDM-системы, а также познакомятся с основными алгоритмами синхронизации сигналов в таких системах. Полученные знания закрепляются семинарскими занятиями по моделированию в среде MatLab и Simulink.

Вторая часть курса посвящена изучению структуры, параметров и принципов вещательных систем, а также обзору современных стандартов вещательных систем на основе OFDM.

Занятия проводятся в формате лекционных и семинарских занятий. Для успешного изучения данного курса необходимо посещение лекций и семинаров, выполнение практических работ, а также самостоятельная работа с рекомендованной литературой и программными моделями.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- Изучение основных принципов формирования сигнала, синхронизации и демодуляции в OFDM-системах;
- изучение основных принципов построения и математических основ функционирования современных цифровых систем вещания;
- изучение структуры и параметров применяемых в настоящее время систем цифрового звукового, мультимедийного и телевизионного вещания.

Задачи дисциплины

- Изучение основных принципов и алгоритмов цифровой системы передачи информации на основе сигнала OFDM;
- освоение обучающимися основных методов построения и моделирования систем передачи данных;
- приобретение практических навыков применения современных методов канального кодирования и модуляции в современных системах вещания;
- приобретение знаний для ориентации в современных системах вещания и выбора перспективных направлений.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
	ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)

(публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Общую структуру цифровых систем вещания;
- основы помехоустойчивого кодирования;
- методы модуляции цифровой информации в системах вещания;
- основные алгоритмы синхронизации в цифровых системах;
- системы цифрового телевизионного вещания первого и второго поколения;
- современные системы цифрового звукового и мультимедийного вещания.

уметь:

- Применять полученные теоретические знания при моделировании систем беспроводной связи;
- моделировать алгоритмы обработки сигналов в программном комплексе Matlab;
- применять знания по цифровым системам вещания при построении, эксплуатации и техническом обслуживании сетей цифрового вещания.

владеть:

- Базовыми теоретическими и экспериментальными методами организации беспроводной цифровой связи;
- методами реализации и анализа основных алгоритмов беспроводной связи;
- основными приемами настройки и выбора параметров при эксплуатации и техобслуживании оборудования цифровых систем вещания;
- теоретическими и экспериментальными методами исследования с целью изучения перспективных систем цифрового вещания.

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	Основы моделирования и построения цифровых систем передачи информации	2	2		7
2	Методы модуляции сигналов и мультиплексирования каналов	2	3		6
3	Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов	4	2		8
4	Методы снижения пик-фактора в OFDM-системах	4	3		8
5	Моделирование беспроводных каналов связи	4	3		5

6	Алгоритмы частотной и временной синхронизации OFDM-систем	5	2		8
7	Системы цифрового телевизионного вещания	3			5
8	Системы цифрового телевизионного вещания второго поколения	3			8
9	Системы звукового и мультимедийного вещания	3			5
Итого часов		30	15		60
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 8 (Весенний)

1. Основы моделирования и построения цифровых систем передачи информации

Теоретические основы приема и передачи сигналов. Знакомство с используемым программным обеспечением. Структура систем передачи информации. Прямое и обратное Фурье преобразование. Дискретное преобразование Фурье. Свёртка. Фильтрация сигнала.

2. Методы модуляции сигналов и мультиплексирования каналов

Цифровая модуляция сигналов. Амплитудно-фазовая модуляция (Amplitude Phase Shift Keying – APSK). Фазовая модуляция (Phase Shift Keying – PSK). Квадратурная амплитудная модуляция (Quadrature Amplitude Modulation – QAM) Сигнальное созвездие. Квадратурный и синфазный сигнал (IQ - сигнал). Отображение Грея. Структура системы цифрового вещания. Кодирование источника. Мультиплексирование видео и звуковой информации. Временное разделение каналов. Частотное разделение каналов. Кодовое разделение каналов. Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (Orthogonal frequency-division multiplexing – OFDM).

3. Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов

Структура приемника и передатчика OFDM. Преимущества и недостатки OFDM. Параметры OFDM. Понятия OFDM-символ, OFDM-кадр. Защитный интервал. Циклический префикс. Методы подавления внеполосового излучения OFDM сигнала. Алгоритмы демодуляции с мягким и жестким решением.

4. Методы снижения пик-фактора в OFDM-системах

Пик-фактор и метод его оценки. Функция распределения пик-фактора как случайной величины (CCDF – complementary-cumulative-distribution function). Рандомизатор на основе регистра сдвига с линейной обратной связью (РСЛОС). Методы снижения пик-фактора. Clipping-And-Filtering. Active Constellation Extension. Selective Mapping. Partial Transmit Sequence. Tone Reservation.

5. Моделирование беспроводных каналов связи

Линейные и нелинейные искажения сигнала. Теплый аддитивный шум приёмника. Многолучевое распространение сигнала. Доплеровское смещение. Доплеровское размытие и спектр Джейкса. Моделирование канальной характеристики. Модель канала Гауса. Модель канала Раиса. Модель канала Релея. Временная рассинхронизация приёмника и передатчика. Частотная рассинхронизация приёмника и передатчика.

6. Алгоритмы частотной и временной синхронизации OFDM-систем

Корреляционный анализ сигнала. Корреляция и автокорреляция. Алгоритмы грубой временной синхронизация с использованием защитного интервала и автокорреляционной функции сигнала. Частотная синхронизация сигнала. Пилотные сигналы в OFDM сигнале. Маска пилотных несущих. Постоянные и рассеянные пилоты. Эквализация сигнала. Тонкая временная синхронизация. Восстановление фазы сигнала. Восстановление амплитудно-частотной характеристики канала. Двухмерная эквализация с использованием рассеянной маски пилотов.

7. Системы цифрового телевизионного вещания

Стандарты цифрового телевизионного вещания DVB, ATSC, ISDB, DTMB. Система цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T. Система цифрового спутникового телевизионного вещания DVB-S. Система цифрового кабельного телевизионного вещания DVB-C.

8. Системы цифрового телевизионного вещания второго поколения

Система цифрового наземного ТВ вещания DVB-T2. Система цифрового спутникового ТВ вещания DVB-S2. Система цифрового кабельного ТВ вещания DVB-C2. Эффективность использования систем цифрового ТВ вещания в России.

9. Системы звукового и мультимедийного вещания

Система мобильного телевизионного вещания DVB-H. Система мобильного мультимедийного вещания T-DMB. Цифровое радиовещание DAB, DRM. Система цифрового наземного мультимедийного вещания РАВИС: общая структура, кодер источника, передатчик, приемник, конкурентные технологии.

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

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

В процессе практических занятий используются программные пакеты Matlab\Simulink.

Примеры расчетов типовых задач также приводятся в средах Matlab\Simulink.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Цифровые видеотелекоммуникационные системы (теория и практика) [Текст]/В. П. Дворкович, А. В. Дворкович, -М., Техносфера, 2012
2. Энциклопедия Wimax. Путь к 4G [Текст], [монография]/В. М. Вишневецкий, С. Л. Портной, И. В. Шахнович, -М., Техносфера, 2009

Дополнительная литература

1. Цифровая связь : Теоретические основы и практическое применение[Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Б. Скляр ; [пер. с англ. Е. Г. Грозы [и др.] ; под ред. А. В. Назаренко] .— 2-е изд., испр. — М. : Вильямс, 2007 .— 1104 с.
2. Cho Y. S. et al. MIMO-OFDM wireless communications with MATLAB. – John Wiley & Sons, 2010.

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.
4. <http://minsvyaz.ru/ru/documents/> – нормативно-правовые документы Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
5. <http://www.itu.int/pub/T-REC/> – Рекомендации Сектора стандартизации телекоммуникаций Международного союза электросвязи МСЭ-Т
6. <http://www.itu.int/pub/R-REC/> – Рекомендации Сектора радиосвязи Международного союза электросвязи МСЭ-R
7. <http://www.etsi.org/standards-search/> – стандарты Европейского института стандартизации телекоммуникаций ETSI
8. <http://www.ietf.org/rfc.html/> – документы инженерной рабочей группы Интернет RFC IETF

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

Практические работы по дисциплине выполняются с использованием программного обеспечения Matlab.

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

Успешное освоение курса требует большой 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, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях;
- выполнение лабораторных работ в выбранных программных средах;
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам;

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

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра мультимедийных технологий и телекоммуникаций
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Экзамен

Разработчик: С.В. Дорохин, ассистент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
	ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)
	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «OFDM-модуляция и цифровые системы вещания» обучающийся должен:

знать:

- Общую структуру цифровых систем вещания;
- основы помехоустойчивого кодирования;
- методы модуляции цифровой информации в системах вещания;
- основные алгоритмы синхронизации в цифровых системах;
- системы цифрового телевизионного вещания первого и второго поколения;
- современные системы цифрового звукового и мультимедийного вещания.

уметь:

- Применять полученные теоретические знания при моделировании систем беспроводной связи;
- моделировать алгоритмы обработки сигналов в программном комплексе Matlab;
- применять знания по цифровым системам вещания при построении, эксплуатации и техническом обслуживании сетей цифрового вещания.

владеть:

- Базовыми теоретическими и экспериментальными методами организации беспроводной цифровой связи;
- методами реализации и анализа основных алгоритмов беспроводной связи;
- основными приемами настройки и выбора параметров при эксплуатации и техобслуживании оборудования цифровых систем вещания;
- теоретическими и экспериментальными методами исследования с целью изучения перспективных систем цифрового вещания.

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

1. Структура цифровых систем связи.
2. Перенос сигнала на несущую частоту. Квадратурный модулятор.
3. Основные блоки и компоненты радиосистемы.
4. Непрерывное и дискретное преобразование Фурье.
5. Причины частотной рассинхронизации радиоустройств.
6. Методы цифровой манипуляции сигналами. APSK, PSK, QAM.
7. Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов. Структура приемника и передатчика OFDM
8. Структурные единицы сигнала. Поднесущая, спектр OFDM символа, OFDM-символ, OFDM-кадр.
9. Рандомизатор на основе регистра сдвига с линейной обратной связью (РСЛОС)
10. Защитный интервал и его назначение.
11. Моделирование канальной характеристики.
12. Тепловой аддитивный шум приёмника.
13. Понятие битовой ошибки в системах цифровой связи. Влияние шума и помех на производительность цифровых систем связи.
14. Причины частотной и временной расстройки принимаемого сигнала.
15. Доплеровское размытие и спектр Джексона.
16. Методы частотной, временной синхронизации OFDM сигналов.
17. Пилотный сигнал.
18. Маска пилотных несущих. Постоянные и рассеянные пилоты.
19. Эквализация сигнала. Тонкая временная синхронизация и восстановление амплитуды сигнала.
20. Интерполяция сигнала. Линейная интерполяция, квадратичная, кубическая.
21. Метрики сигнала, SNR, MER, dB, значение пик-фактора (Peak-to-average).
22. Кодирование источника. Основные стандарты кодирования видео- и звуковой информации в системах цифрового вещания.
23. Мультиплексирование видео и звуковой информации. Назначение, основные форматы.
24. Стандарты цифрового телевизионного вещания, их распространение.
25. Система цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T. Структурная схема, назначение и особенности основных блоков.
26. Основные параметры системы цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T (полосы, режимы и пр.).
27. Система цифрового спутникового телевизионного вещания DVB-S. Структурная схема и основные параметры.
28. Система цифрового кабельного телевизионного вещания DVB-C. Структурная схема и основные параметры.
29. Системы цифрового ТВ вещания второго поколения. Их необходимость и отличительные особенности.
30. Система цифрового наземного ТВ вещания DVB-T2. Структурная схема и назначение основных блоков.
31. Формирование кадров базовой полосы DVB-T2.
32. Канальное кодирование и перемежение в DVB-T2.
33. Кадровая структура DVB-T2. Символы P1 и P2. Части FEF.
34. Поворот созвездия с циклической задержкой в DVB-T2.
35. Методы снижения пик-фактора в DVB-T2.
36. Основные параметры системы цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T2.
37. Система цифрового спутникового ТВ вещания DVB-S2. Структурная схема и основные параметры.
38. Система цифрового кабельного ТВ вещания DVB-C2. Структурная схема и основные параметры.
39. Сравнение основных характеристик систем DVB-T и DVB-T2.
40. Система мобильного телевизионного вещания DVB-H. Структурная схема и основные параметры.
41. Система мобильного мультимедийного вещания T-DMB. Структурная схема и основные параметры.

42. Цифровое радиовещание DAB. Структурная схема и основные параметры.
43. Цифровое радиовещание DRM. Структурная схема и основные параметры.
44. Система РАВИС: общая структура, кодер источника, передатчик, приемник.

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

1. Общая структура системы цифрового вещания. Назначение основных блоков.
2. Кодирование источника. Основные стандарты кодирования видео- и звуковой информации в системах цифрового вещания.
3. Мультиплексирование видео и звуковой информации. Назначение, основные форматы.
4. Цифровая модуляция сигналов. Амплитудно-фазовая модуляция (Amplitude Phase Shift Keying – APSK). Фазовая модуляция (Phase Shift Keying – PSK).
5. Квадратурная амплитудная модуляция (Quadrature Amplitude Modulation – QAM) Сигнальное созвездие.
6. Прямое и обратное Фурье преобразование. Дискретное преобразование Фурье.
7. Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (Orthogonal frequency-division multiplexing – OFDM).
8. Структура приемника и передатчика OFDM.
9. Преимущества и недостатки OFDM. Понятия OFDM-символ, OFDM-кадр.
10. Квадратурный модулятор и снос на несущую частоту.
11. Рандомизатор на основе регистра сдвига с линейной обратной связью (РСЛОС).
12. Защитный интервал. Циклический префикс.
13. Теплый аддитивный шум приёмника.
14. Временная рассинхронизация приёмника и передатчика.
15. Частотная рассинхронизация приёмника и передатчика.
16. Многолучевое распространение сигнала.
17. Доплеровское размытие и спектр Джейкса.
18. Корреляция и автокорреляция. Грубая временная синхронизация с использованием защитного интервала и автокорреляционной функции сигнала. Частотная синхронизация сигнала.
19. Пилотные сигналы в OFDM сигнале. Маска пилотных несущих.
20. Постоянные и рассеянные пилоты. Эквилизация сигнала.
21. Тонкая временная синхронизация. Восстановление фазы сигнала.
22. Восстановление амплитудно-частотной характеристики канала.
23. Двухмерная эквилизация с использованием рассеянной маски пилотов
24. Стандарты цифрового телевизионного вещания, их распространение.
25. Система цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T. Структурная схема, назначение и особенности основных блоков.
26. Основные параметры системы цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T (полосы, режимы и пр.).
27. Система цифрового спутникового телевизионного вещания DVB-S. Структурная схема и основные параметры.
28. Система цифрового кабельного телевизионного вещания DVB-C. Структурная схема и основные параметры.
29. Системы цифрового ТВ вещания второго поколения. Их необходимость и отличительные особенности.
30. Система цифрового наземного ТВ вещания DVB-T2. Структурная схема и назначение основных блоков.
31. Формирование кадров базовой полосы DVB-T2.
32. Канальное кодирование и перемежение в DVB-T2.
33. Кадровая структура DVB-T2. Символы P1 и P2. Части FEF.
34. Поворот созвездия с циклической задержкой в DVB-T2.
35. Методы снижения пик-фактора в DVB-T2.
36. Основные параметры системы цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T2.

37. Система цифрового спутникового ТВ вещания DVB-S2. Структурная схема и основные параметры.
38. Система цифрового кабельного ТВ вещания DVB-C2. Структурная схема и основные параметры.
39. Сравнение основных характеристик систем DVB-T и DVB-T2.
40. Система мобильного телевизионного вещания DVB-H. Структурная схема и основные параметры.
41. Система мобильного мультимедийного вещания T-DMB. Структурная схема и основные параметры.
42. Цифровое радиовещание DAB. Структурная схема и основные параметры.
43. Цифровое радиовещание DRM. Структурная схема и основные параметры.
44. Система РАВИС: общая структура, кодер источника, передатчик, приемник.

Примеры билетов для проведения экзамена:

Билет 1.

1. Общая структура системы цифрового вещания. Назначение основных блоков.
2. Цифровое радиовещание DRM. Структурная схема и основные параметры.

Билет 2.

1. Кодирование источника. Основные стандарты кодирования видео- и звуковой информации в системах цифрового вещания.
2. Система РАВИС: общая структура, кодер источника, передатчик, приемник.

Критерии оценивания

- отлично (10) - 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;
- отлично (9) - выставляется студенту, показавшему свободное оперирование знаниями учебной программы дисциплины, выполнение заданий творческого характера;
- отлично (8) - выставляется студенту, показавшему владение программным учебным материалом с наличием несущественных ошибок в действиях, самостоятельно исправляемых учащимся;
- хорошо (7) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и, по существу, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускается в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- хорошо (6) - выставляется студенту если он осознает воспроизведение программного учебного материала, в том числе и различной степени сложности, с несущественными ошибками, затруднения в применении отдельных навыков;
- хорошо (5) - выставляется студенту если теоретическое содержание освоено не полностью, некоторые практические навыки сформированы недостаточно, в некоторых случаях были допущены ошибки;
- 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 владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- удовлетворительно (3) - выставляется студенту в случае большого количества недочетов и неправильных ответов, а также пассивной работе в ходе занятий, многие учебные задания не выполнены;

- неудовлетворительно (2) - выставляется студенту, который 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;

- неудовлетворительно (1) - выставляется студенту, который не освоил теоретическое и практическое содержание курса, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

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

Экзамен проводится в устной форме. При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 1 час на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена (зачета) обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой. Итоговая оценка за курс выставляется по результатам защиты практических заданий в соответствии с таблицей критериев оценивания.