

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**ИО директора физтех-школы  
радиотехники и компьютерных  
технологий**

**Д.А. Гаврилов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Беспроводные сети для интернета вещей
<b>по направлению:</b>	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
<b>профиль подготовки:</b>	Телекоммуникационные сети и системы Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: Д.В. Банков, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем передачи информации и анализа данных 22.03.2021

## Аннотация

В данном курсе студенты познакомятся с концепцией Интернета вещей и основными технологиями беспроводной связи, используемыми для её реализации. Студенты изучат базовые аспекты беспроводных сетей для Интернета вещей, а также получат подробные знания об устройстве таких технологий, как Wi-Fi HaLow, LoRa/LoRaWAN, SigFox, RPMA, ZigBee, EC-GSM-IoT, NB-IoT. Много внимания также будет уделяться вопросам математического моделирования данных технологий, а также открытым научным задачам, касающимся беспроводных сетей для Интернета вещей.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

Овладение студентами принципами построения беспроводных сетей для Интернета вещей, а также математическими методами, применяемыми для оценки производительности таких сетей с особенностями сценариев Интернета вещей.

### Задачи дисциплины

- изучение современных технологий, применяемых в современных сетях Интернета вещей;
- освоение и анализ методов обеспечения связи для большого числа устройств, методов передачи данных с низкими затратами энергии и методов снижения задержки при доставке данных;
- обучение студентов приемам моделирования беспроводных сетей для Интернета вещей, описание процесса передачи данных в сетях с большим числом устройств, передающих не-насыщенные потоки данных, методам оценки надёжности, задержки при передаче данных и энергопотребления;
- оказание консультаций студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований беспроводных сетей для Интернета вещей.

## 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-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные и прикладные научные знания в области естественных наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности

ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.2 Владеет навыками реализации новых принципов и методов исследования в современных инфокоммуникационных системах и сетях
ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций при поиске научно-технической информации в своей профессиональной деятельности

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные технологии, применяемые для построения сетей Интернета вещей;
- методы передачи данных в беспроводной сети, состоящей из большого числа устройств, имеющих ограниченное энергопотребление;
- базовые математические модели беспроводных сетей для Интернета вещей, их протоколов и компонент.

уметь:

- строить математические модели функционирования беспроводных сетей, учитывающие особенности сценариев Интернета вещей;
- применять математический аппарат различных разделов теории вероятностей и математического анализа для построения математических моделей беспроводных сетей для Интернета вещей и их эффективного решения;
- анализировать и проектировать беспроводные сети для сценариев Интернета вещей.

владеть:

- навыком освоения большого объема информации;
- навыками постановки научно-исследовательских задач и аналитического моделирования процессов и явлений в области беспроводных сетей для Интернета вещей.

### 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	Концепция Интернета вещей.	2			3
2	Использование технологии Wi-Fi для Интернета вещей.	6			3
3	Сотовые технологии для Интернета вещей.	8			3
4	Беспроводные энергоэффективные сети дальнего радиуса действия.	8			3
5	Персональные вычислительные сети для Интернета вещей.	6			3
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	45 час., 1 зач.ед.
--------------------	--------------------

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

Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Концепция Интернета вещей.

Определение Интернета вещей. Сенсоры и актуаторы. Беспроводные сенсорные сети. Основные сценарии Интернета вещей. Особенности устройств Интернета вещей. Основные задачи, решаемые при построении беспроводных сетей Интернета вещей.

##### 2. Использование технологии Wi-Fi для Интернета вещей.

Недостатки IEEE 802.11-2016 при использовании в Интернете вещей. Стандарт IEEE 802.11ah. Физический уровень технологии Wi-Fi HaLow. Окно ограниченного доступа: описание и модель процесса передачи. Протоколы управления присоединением устройств к сети Wi-Fi HaLow: централизованное управление и распределённое. Математическое моделирование процесса присоединения к сети Wi-Fi HaLow. Методы энергосбережения в сетях Wi-Fi. Механизм сегментации транспортной карты в сетях Wi-Fi HaLow. Механизм заданного времени пробуждения устройств в сетях Wi-Fi HaLow. Передача гетерогенных потоков данных в сетях Wi-Fi HaLow.

##### 3. Сотовые технологии для Интернета вещей.

Использование сотовых сетей в сценариях Интернета вещей. LTE Release 13. Технологии eMTC, NB-IoT и EC-GSM-IoT. Методы снижения энергопотребления в сотовых сетях. Методы обслуживания большого числа устройств в сотовых сетях.

##### 4. Беспроводные энергоэффективные сети дальнего радиуса действия.

Понятие энергоэффективной сети дальнего радиуса действия (LPWAN). Технология LoRaWAN. Физический уровень технологии LoRaWAN: модуляция LoRa. Уровень доступа к сети технологии LoRaWAN. Модель процесса передачи устройств в сети LoRaWAN. Задача назначения сигнально-кодовых конструкций в сетях LoRaWAN. Технология SigFox. Модель процесса передачи устройств в сетях SigFox.

##### 5. Персональные вычислительные сети для Интернета вещей.

ZigBee. Физический уровень технологии ZigBee. Метод доступа к каналу в сети ZigBee: описание и моделирование. Процесс присоединения устройств к сети ZigBee. Bluetooth Low Energy: физический и канальный уровень. Методы снижения энергопотребления в сетях BLE. 6LoWPAN. RFID.

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

Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектор или плазменная панель), доской.

#### 6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. Evgeny Khorov, Andrey Lyakhov, Alexander Krotov and Andrey Guschin. A survey on IEEE 802.11ah: An enabling networking technology for smart cities //Computer Communications. – 2015. – Vol. 58. – PP. 53-69.
2. Dmitry Bankov, Evgeny Khorov, Andrey Lyakhov On the limits of LoRaWAN channel access //Engineering and Telecommunication (EnT), 2016 International Conference on. – IEEE, 2016. – PP. 10-14.
3. Liberg, Olof, Marten Sundberg, Eric Wang, Johan Bergman, and Joachim Sachs. Cellular Internet of Things: Technologies, Standards, and Performance. Academic Press, 2017

#### Дополнительная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. Vejlgard, B., Lauridsen, M., Nguyen, H., Kovacs, I. Z., Mogensen, P., & Sorensen, M. (2017). Coverage and Capacity Analysis of Sigfox, LoRa, GPRS, and NB-IoT. 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)
2. The Making of RPMA ebook by Ingenu
3. Čolaković A., Hadžialić M. Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues //Computer Networks. – 2018
4. Evgeny Khorov, Alexander Krotov, Andrey Lyakhov. Modelling Machine Type Communication in IEEE 802.11ah networks // IEEE International Conference on Communications (ICC), 8-12 Jun., 2015, London, UK.
5. Baronti P. et al. Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15. 4 and ZigBee standards //Computer communications. – 2007. – V. 30. – №. 7. – PP. 1655-1695.

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

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/standards.jsp>

<http://www.rle.mit.edu/rgallager/notes.htm>

<https://tools.ietf.org/html/>

#### **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.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общими понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные понятия и утверждения теории массового обслуживания, теории случайных процессов, современные направления развития теории вероятностей.

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

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам занятий, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения, решение задач;
- подготовка к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов следует обращаться за консультациями к лектору.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
<b>профиль подготовки:</b>	Телекоммуникационные сети и системы Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	Д.В. Банков, ассистент

## 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-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные и прикладные научные знания в области естественных наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.2 Владеет навыками реализации новых принципов и методов исследования в современных инфокоммуникационных системах и сетях
ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций при поиске научно-технической информации в своей профессиональной деятельности

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Беспроводные сети для интернета вещей» обучающийся должен:

### знать:

- основные технологии, применяемые для построения сетей Интернета вещей;
- методы передачи данных в беспроводной сети, состоящей из большого числа устройств, имеющих ограниченное энергопотребление;
- базовые математические модели беспроводных сетей для Интернета вещей, их протоколов и компонент.

### уметь:

- строить математические модели функционирования беспроводных сетей, учитывающие особенности сценариев Интернета вещей;
- применять математический аппарат различных разделов теории вероятностей и математического анализа для построения математических моделей беспроводных сетей для Интернета вещей и их эффективного решения;
- анализировать и проектировать беспроводные сети для сценариев Интернета вещей.

### владеть:

- навыком освоения большого объема информации;
- навыками постановки научно-исследовательских задач и аналитического моделирования процессов и явлений в области беспроводных сетей для Интернета вещей.

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

Для контроля усвоения курса после каждого тематического блока занятий студенты должны будут в устной форме ответить на ряд вопросов из списка.

Примерный перечень вопросов:

1. Какие сходства и различия между PHY технологий 802.11ac и 802.11ah?
2. Каковы плюсы и минусы использования частот ниже 1 ГГц по сравнению с "традиционными" для Wi-Fi 2.4 ГГц и 5 ГГц?
3. В каких случаях возможно использование всего двух адресов в кадре? А трёх? Когда нужны все четыре адреса?
4. Что такое NDP MAC кадры? Чем они отличаются от обычных? Зачем они нужны?
5. В чём особенность биконов в 802.11ah и как они используются?
6. Что такое RID? Какие бывают типы ответов на кадры? Как реализуется виртуальная занятость канала в каждом случае?
7. Что такое Bi-Directional TXOP и как он реализуется (флаги, RID)?
8. Как устроен механизм секторизации устройств в 802.11ah и зачем он нужен?
9. Как работает базовый механизм Power Management в Wi-Fi?
10. Как работает механизм TIM Slicing в 802.11ah?
11. Как работает механизм TWT в 802.11ah? Чем поведение станции, использующей стандартный Power Management отличается от поведения станции, использующей TWT?
12. Как устроен механизм NDP Paging? Зачем он нужен?
13. Каким образом устройства 802.11ah строят топологию сети при использовании ретрансляторов?
14. Что такое TXOP-sharing и какие бывают разновидности? В чем их преимущества и недостатки по сравнению друг с другом?
15. Зачем нужен Flow Control в 802.11ah и как он работает?
16. Из каких этапов состоит процесс установки соединения в сетях Wi-Fi?
17. Как устроен протокол централизованного управления процессом аутентификации?
18. Как следует устанавливать порог присоединения для того, чтобы уменьшить время присоединения устройств? Какие есть алгоритмы (кратко идею)?
19. Как устроен протокол распределённого управления процессом аутентификации?
20. К какому параметру протокол распределённого управления процессом аутентификации является не чувствительным и почему?
21. Какие плюсы и минусы есть у протоколов централизованного и распределённого управления процессом присоединения относительно друг друга?
22. В чём основная идея механизма RAW? Зачем он нужен?
23. Каким образом точка доступа выделяет RAW группе станций и как они распределяются по слотам?
24. Что происходит с функцией EDCA при пересечении границ RAW-слота?
25. Что такое Cross Slot Boundary? В чём преимущества и недостатки его использования?
26. В чём отличие модели Кротова от модели Бьянки?
27. Какое ключевое предположение модели Кротова?
28. Какие два случайных процесса рассматриваются в модели Кротова? Как описываются их состояния? Какие у них поглощающие состояния?
29. В чём польза деления устройств на группы? Как показать это с помощью модели Кротова?
30. Какая СКК используется в Sigfox для передачи данных в восходящем и нисходящем потоке?
31. Какой метод доступа используется в Sigfox?
32. Каким образом в Sigfox достигается надёжность передачи данных?
33. Чем обусловлено ограничение на число отправляемых пакетов в Sigfox?
34. Чем технология xNB отличается от Sigfox?
35. Какая СКК используется в RPMA?
36. Как устроен множественный доступ в RPMA?



37. Как устроен нисходящий канал в RPMA?
38. Как устройства определяют используемую мощность и скорость передачи в RPMA?
39. Как снижается интерференция между соседними сетями в RPMA?
40. Как устроен механизм подтверждения передач в RPMA?
41. Как устройства синхронизируются с сетью в RPMA?
42. Какие требования выдвигаются к технологиям CIoT по бюджету канала связи, ёмкости сети и энергопотреблению?
43. Как в рамках CIoT достигается большая дальность действия?
44. Что такое Access Class Barring?
45. Как устроен режим Power Save в сотовых сетях?
46. Что такое eDRX?
47. В чём разница между Power Save и eDRX? Какие сравнительные преимущества и недостатки каждого?
48. Какие СКК используются в EC-GSM?
49. Как устроены логические каналы в EC-GSM?
50. Чем отличаются разные Coverage Class'ы в EC-GSM?
51. Как можно снизить энергопотребление устройств, использующих разные CC?
52. Как в EC-GSM избежать уменьшения ёмкости сети при использовании больших CC?
53. Как устройства выбирают CC для передачи вверх и вниз?
54. Как в EC-GSM организован пейджинг при том что сеть может не знать текущий CC устройства?
55. Каким образом была улучшена процедура (пере)выбора соты в EC-GSM в сравнении с eGPRS?
56. Как могут быть развёрнуты сети NB-IoT?
57. Какие особенности имеют сигналы NB-IoT в восходящем потоке в сравнении с LTE?
58. Как в NB-IoT снижается PAPR?
59. Какие физические каналы имеются в NB-IoT и зачем они нужны?
60. От чего зависит кодовая скорость в SCH?
61. Какой механизм используется базовой станцией NB-IoT для определения частотного сдвига устройства?
62. Чем различаются разные Coverage Class'ы в NB-IoT?
63. Зачем нужны transmission gap'ы при передаче данных вверх и вниз в NB-IoT?
64. В каком порядке устройство прослушивает сообщения при подключении к сети NB-IoT?
65. Когда может быть обнаружена и разрешена коллизия в при передаче в NPRACH?
66. Какие ограничения есть на планирование ресурсов в DL и UL NB-IoT?
67. Как устанавливается мощность передачи в NB-IoT?
68. Как была увеличена скорость передачи для устройств Cat-N2?
69. Какие типы устройств есть в стандарте 802.15.4?
70. Какую топологию могут иметь сети стандарта 802.15.4?
71. Какой PHY используется в сетях 802.15.4?
72. Какую структуру имеют суперкадры в 802.15.4?
73. Какого типа CSMA используются в сетях 802.15.4 и почему?
74. Почему устройства ждут два пустых интервала перед передачей?
75. Как передаются данные "вверх" и "вниз" в 802.15.4?
76. Какие методы доступа в 802.15.4?
77. Как устроен CSMA-CA в 802.15.4?
78. Как устроен TSCH в 802.15.4?
79. Каким образом производится синхронизация во времени в TSCH?
80. Какие механизмы для экономии энергии используются в 802.15.4?

За ответы на вопросы студенты получают оценку в соответствии с таблицей критерия оценивания.

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

Перечень контрольных вопросов к дифференцированному зачёту:

1. Определение Интернета вещей, основные сценарии Интернета вещей, особенности устройств Интернета вещей.
2. Физический уровень технологии Wi-Fi HaLow.
3. Окно ограниченного доступа: описание протокола.
4. Модель окна ограниченного доступа.
5. Протоколы управления присоединением устройств к сети Wi-Fi HaLow: централизованное управление и распределённое.
6. Математическое моделирование процесса присоединения к сети Wi-Fi HaLow.
7. Методы энергосбережения в сетях Wi-Fi.
8. Механизм сегментации транспортной карты в сетях Wi-Fi HaLow.
9. Механизм заданного времени пробуждения устройств в сетях Wi-Fi HaLow.
10. Модель передачи гетерогенных потоков данных в сетях Wi-Fi HaLow.
11. Описание технологии eMTC.
12. Описание технологии NB-IoT.
13. Описание технологии EC-GSM-IoT.
14. Методы снижения энергопотребления в сотовых сетях.
15. Методы обслуживания большого числа устройств в сотовых сетях.
16. Физический уровень технологии LoRaWAN: модуляция LoRa.
17. Уровень доступа к сети технологии LoRaWAN.
18. Модель процесса передачи устройств в сети LoRaWAN.
19. Задача назначения сигнально-кодовых конструкций в сетях LoRaWAN.
20. Технология SigFox.
21. Модель процесса передачи устройств в сетях SigFox.
22. Физический уровень технологии ZigBee.
23. Метод доступа к каналу в сети ZigBee: описание.
24. Модель метода доступа к каналу в сети ZigBee.
25. Процесс присоединения устройств к сети ZigBee.
26. Модель процесса присоединения устройств к сети ZigBee.
27. Bluetooth Low Energy: физический уровень.
28. Bluetooth Low Energy: канальный уровень.
29. Методы снижения энергопотребления в сетях BLE.
30. Описание технологии 6LoWPAN.
31. Описание технологии RFID.

#### 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 недочётами.

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 проводится в устной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на дифференцированном зачете не должен превышать 45 мин.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой и проч.