

**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

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Моделирование современных систем связи
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 60 час.

Самостоятельная работа: 120 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составили:

А.А. Куреев, ассистент

А.А. Белогаев, ассистент

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

Аннотация

Работа телекоммуникационных сетей обеспечивается совокупностью большого количества различных протоколов и компонент. Изучение каждой компоненты требует структурированного подхода и глубокого погружения в тему исследования. Данный курс позволяет не только изучить, но и поэкспериментировать с различными алгоритмами, исследовать влияние различных параметров на работу сети в целом, а также понять место и значение каждого протокола в формировании сложной структуры современных систем связи. Важной особенностью курса является то, что он сочетает в себе использование как относительно высокоуровневых инструментов моделирования работы сетевых протоколов, так и моделирование передачи, цифровой обработки и кодирования сигналов.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Овладение студентами основными инструментами, применяемыми для оценки производительности современных сетей передачи данных, их протоколов и компонент.

Задачи дисциплины

- изучение основных подходов к формализации работы современных телекоммуникационных сетей, их протоколов и компонент;
- освоение современных систем имитационного моделирования беспроводных сетей, их протоколов и компонент;
- обучение студентов приемам формального описания работы беспроводных сетей, их протоколов и компонент; выработка умения выделять наиболее существенные особенности работы современных беспроводных сетей, их протоколов и компонент с целью разработки их математических моделей, обеспечивающих приемлемую точность и ресурсоемкость оценки производительности;
- оказание консультаций студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований телекоммуникационных сетей и систем.

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-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации

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 подходы к формализации работы современных беспроводных сетей, их протоколов и компонент;
- основные понятия и утверждения теории оценки производительности беспроводных сетей;
- базовые математические модели современных беспроводных сетей, их протоколов и компонент.

уметь:

- строить математические модели функционирования беспроводных сетей, учитывающие особенности современных протоколов уровня доступа к среде и протоколов сетевого уровня;
- применять математический аппарат различных разделов теории вероятностей и математического анализа для построения математических моделей беспроводных сетей и их эффективного решения;
- применять современные системы имитационного моделирования беспроводных сетей, их протоколов и компонент для анализа их производительности и надежности.

владеть:

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

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	Анализ эффективности метода случайного доступа к каналу в сетях Wi-Fi			6	15
2	Разработка систем связи с помощью программно-реконфигурируемого радио			6	15
3	Приём и передача аналоговых сигналов методами цифровой обработки сигналов			6	15
4	Коды с малой плотностью проверок			12	15
5	Исследование многошаговых сетей Wi-Fi			6	15
6	Анализ эффективности механизмов поддержки качества обслуживания в сетях Wi-Fi			6	15
7	Исследование плотных сетей Wi-Fi			6	15
8	Практикум по основам физического уровня цифровой радиосвязи			12	15
Итого часов				60	120

Подготовка к экзамену	0 час.
Общая трудоёмкость	180 час., 4 зач.ед.

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

Семестр: 7 (Осенний)

1. Анализ эффективности метода случайного доступа к каналу в сетях Wi-Fi

Измерение пропускной способности сети Wi-Fi в режиме насыщения в среде NS-3. Анализ эффективности механизма RTS/CTS. Исследование явления интерференции прямых соединений в Wi-Fi с помощью NS-3.

2. Разработка систем связи с помощью программно-реконфигурируемого радио

Использование программируемых логических интегральных схем для обработки сигналов Wi-Fi. Экспериментальное изучение влияния интерференции на производительность сетей Wi-Fi.

3. Приём и передача аналоговых сигналов методами цифровой обработки сигналов

Основы обработки, анализа и синтеза сигналов, включая синтез цифровых фильтров. Приём сигнала радиовещательного УКВ-радио. Декодирование стереоразностного сигнала, восстановление стереосигнала. В процессе будут выполнены практическая реализация цифровых передискретизации (децимации и интерполяции), фильтрации и методов аналоговой модуляции и демодуляции.

4. Коды с малой плотностью проверок

Выбор кода, принадлежащего заданному ансамблю, с помощью алгоритмов PEG и ACE. Анализ средней корректирующей способности ансамбля с помощью методов Эволюции плотностей распределений. Реализация декодеров SumProduct и Normalized MinSum.

Семестр: 8 (Весенний)

5. Исследование многошаговых сетей Wi-Fi

Исследование пропускной способности цепочки станций с помощью NS-3. Анализ влияния механизма RTS/CTS и размера пакетов на пропускную способность. Анализ эффективности протокола управления соединениями с помощью NS-3. Оценка вероятности открытия/закрытия соединений в зависимости от скорости движения узлов и параметров протокола управления соединениями.

6. Анализ эффективности механизмов поддержки качества обслуживания в сетях Wi-Fi

Анализ эффективности передачи видеопотоков реального времени в сетях Wi-Fi в условиях отказов канала с помощью NS-3. Исследование различных политик управления очередью. Методика оценки качества видеопотока, воспроизводимого на получателе. Исследование структуры адаптивных видеопотоков (DASH-видеопотоков), генерируемых реальными серверами видео-по-запросу. Исследование работы алгоритмов адаптации качества видеопотока при различных состояниях сетевого соединения (ограничение скорости загрузки, случайные задержки и потери пакетов).

7. Исследование плотных сетей Wi-Fi

Анализ влияния механизмов управления мощностью передачи и порогом занятости среды на пропускную способность плотных сетей Wi-Fi с помощью NS-3. Анализ эффективности механизма RTS/CTS в плотных сетях. Исследование различных методов снижения интерференции в плотных сетях Wi-Fi.

8. Практикум по основам физического уровня цифровой радиосвязи

Синтез, передача и приём цифровых модуляций. Демодуляция. Приём символов модуляции с мягким решением. Основы методов синхронизации в цифровой связи. Передача информации с помощью одночастотной передачи с экваларизацией в частотной области (SC-DFE). Передача информации с помощью ортогонального частотного разделения по поднесущим (OFDM). Применение помехоустойчивого кодирования; исправление ошибок, возникших при передаче.

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

Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектор или плазменная панель), доской, ноутбуком. Компьютерный класс с установленной средой имитационного моделирования Network Simulator 3.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. Лоу А., Кельтон В. Имитационное моделирование: Питер, 2004.
2. NS-3 Documentation. Электронный ресурс: <https://www.nsnam.org/documentation/>
3. Учебный курс LabVIEW. Электронный ресурс: <http://e-lib.kemtipp.ru/uploads/25/eteo156.pdf>

Дополнительная литература

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. Диденко А.А., Банков Д.В., Хоров Е.М. Планирование канальных ресурсов для минимизации задержки при передаче данных в сетях IEEE 802.11ax // Сборник трудов конференции "Информационные Технологии и Системы (ИТиС) 2017", Уфа, Россия, 14-18 сентября 2017.
2. Куреев А.А., Левицкий И.А. Локализация в помещениях с помощью сетей Wi-Fi // Сборник трудов конференции "Информационные Технологии и Системы (ИТиС) 2017", Уфа, Россия, 14-18 сентября 2017.
3. Khorov E., Kiryanov A., Krotov A., Gallo P., Garlisi D., Tinnirello I. Joint Usage of Dynamic Sensitivity Control and Time Division Multiple Access in Dense 802.11ax Networks Multiple Access Communications: 9th International Workshop, MACOM 2016, Aalborg, Denmark, November 21-22, 2016, Proceedings. Pp. 57-71. Springer.
4. Ivanov A., Khorov E., Kuznetsov E., Lyakhov A. Mathematical Model of QoS-aware Multicast Transmission via Periodic Reservations // In proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2016), Doha, Qatar, 2016.
5. Кириянов А.Г., Хоров Е.М. Wi-Fi: четверть века – это только начало // ИнформКурьер-Связь — №3-4, С.60-63.

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

<http://standards.ieee.org/about/get/>

<https://www.nsnam.org/>

<https://www.python.org/>

<http://www.ni.com/documentation/en/labview-comms/latest/manual/labview-comms-manual/>

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

На лабораторных занятиях используются персональные компьютеры и специализированное программное обеспечение Network Simulator 3.

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 преподавателю.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

А.А. Куреев, ассистент

А.А. Белогаев, ассистент

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-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
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 «Моделирование современных систем связи» обучающийся должен:

знать:

- основные подходы к формализации работы современных беспроводных сетей, их протоколов и компонент;
- основные понятия и утверждения теории оценки производительности беспроводных сетей;
- базовые математические модели современных беспроводных сетей, их протоколов и компонент.

уметь:

- строить математические модели функционирования беспроводных сетей, учитывающие особенности современных протоколов уровня доступа к среде и протоколов сетевого уровня;
- применять математический аппарат различных разделов теории вероятностей и математического анализа для построения математических моделей беспроводных сетей и их эффективного решения;
- применять современные системы имитационного моделирования беспроводных сетей, их протоколов и компонент для анализа их производительности и надежности.

владеть:

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

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

7 семестр (Осенний):

1. Анализ эффективности метода случайного доступа к каналу в сетях Wi-Fi. Измерение пропускной способности сети Wi-Fi в режиме насыщения в зависимости от числа станций в среде NS-3. Сравнение результатов имитационного и аналитического моделирования. Анализ эффективности механизма RTS/CTS.

Контрольные вопросы:

- a. Каким образом осуществляется измерение пропускной способности в эксперименте?
 - b. Чему равно значение пропускной способности в случае одной станции?
 - c. Построить график зависимости числа пакетов, доставленных на n-ой попытке передачи, в зависимости от числа станций. Как оценить ту же зависимость аналитически?
2. Исследование интерференции соединений в сетях Wi-Fi в среде NS-3 на примере взаимного влияния друг на друга пары соединений. Измерение пропускной способности обоих соединений в зависимости от расстояния между ними в сонаправленном и противонаправленном случаях. Аналитическая оценка пропускной способности соединений в случае, когда одно из соединений полностью подавляет передачу данных по другому соединению.

Контрольные вопросы:

- a. Как определяются границы уверенного приема, детектирования передачи и интерференции?
 - b. Почему пропускная способность соединений меняется только при пересечении границ?
 - c. Почему в сонаправленном случае пропускные способности соединений отличаются, тогда как в противонаправленном случае они совпадают?
3. Поля Галуа и алгоритмы кодирования и декодирования недвоичных циклических кодов. Алгоритмы Горенштейна-Петерсона-Цирлера и Евклида. Имплементация алгоритмов кодирования и декодирования.
4. Введение в язык программирования LabVIEW. Знакомство с типами данных LabVIEW, реализациями циклов for, while, операторов if/else. Реализация механизма скользящего среднего на языке LabVIEW.

Контрольные вопросы:

- a. Каким образом происходит автоматическое распараллеливание вычислений в LabVIEW?
 - b. Как построить скользящее среднее с помощью регистров сдвига?
 - c. Как реализовать произвольное значение размера окна?
5. Моделирование многолучевого распространения через фильтры с конечной импульсной характеристикой. TDL модель распространения сигнала. Построение ревербератора Шредера.

Контрольные вопросы:

- a. Что такое Low Pass, High Pass, Band Pass фильтры?
 - b. Отличия фильтров с бесконечной импульсной характеристикой от фильтра с конечной импульсной характеристикой?
 - c. Как происходит моделирование многолучевого сигнала через tapped delay line (TDL) модель?
6. Построение цифрового радиопередатчика в среде LabVIEW с помощью программно-определяемого радио.

Контрольные вопросы:

- a. Что такое FM/AM модуляция?
- b. Как происходит перенос частоты в цифровом радио?
- c. Что такое I/Q разложение сигнала?

8 семестр (Весенний):

1. Передача видеопотоков реального времени по беспроводной сети в условиях кратковременных ухудшений качества соединения с получателями в среде NS-3. Методика оценки качества видеопотока, воспроизводимого на получателе. Исследование влияния длительности ухудшения качества канала на качество воспроизведения.

Контрольные вопросы:

- a. В чем отличие между I-, P- и B-кадрами? Может ли в видеопотоке отсутствовать какой-либо из этих трех типов кадров?
- b. Почему значение MSE возрастает для обоих получателей?
- c. Почему увеличение числа повторных попыток передач не позволяет уменьшить значение MSE до нулевого?

2. Анализ эффективности протокола управления соединениями с помощью NS-3. Оценка вероятности открытия/закрытия соединений в зависимости от скорости движения узлов и параметров протокола управления соединениями.

Контрольные вопросы:

- a. В чем заключаются критерии надежности, оперативности и стабильности?
- b. Как проверить аналитически выполнение критериев при определённых параметрах протокола управления соединениями?

Почему с увеличением скорости узлов возрастает доля потерянных пакетов при передаче потоков данных?

За каждое задание студент получает оценку в соответствии с таблицей критерия оценивания.

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

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Анализ эффективности механизма RTS/CTS.
2. Алгоритмы по созданию конечных полей Галуа: таблица сложения, умножения, вычисления обратных элементов поля.
3. Построение минимальных многочленов.
4. Построение кодов БЧХ и Рида-Соломона.
5. Алгоритмы кодирования умножением на порождающий многочлен.
6. Алгоритмы кодирования для кодов Рида-Соломона.
7. Алгоритм Горенштейна-Петерсона-Цирлера и Евклида.
8. Основы обработки, анализа и синтеза сигналов, включая синтез цифровых фильтров. Декодирование стереоразностного сигнала, восстановление стереосигнала.
9. Декодирование цифровых информационных сообщений вещательного радио.
10. Анализ влияния механизма RTS/CTS и размера пакетов на пропускную способность. Анализ эффективности протокола управления соединениями с помощью NS-3.
11. Оценка вероятности открытия/закрытия соединений в зависимости от скорости движения узлов и параметров протокола управления соединениями.
12. Анализ эффективности передачи видеопотоков реального времени в сетях Wi-Fi в условиях отказов канала с помощью NS-3.
13. Методика оценки качества видеопотока, воспроизводимого на получателе.
14. Анализ эффективности передачи адаптивных видеопотоков (DASH-видеопотоков) в сетях Wi-Fi с помощью NS-3.
15. Анализ влияния механизмов управления мощностью передачи и порогом занятости среды на пропускную способность плотных сетей Wi-Fi с помощью NS-3.
16. Анализ эффективности механизма RTS/CTS в плотных сетях.
17. Приём символов модуляции с мягким решением.
18. Основы методов синхронизации в цифровой связи.
19. Передача информации с помощью одночастотной передачи с эквализацией в частотной области (SC-DFE).
20. Передача информации с помощью ортогонального частотного разделения по поднесущим (OFDM).
21. Применение помехоустойчивого кодирования; исправление ошибок, возникших при передаче.

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 зачёт проводится в устной форме. На зачете обсуждаются результаты выполнения лабораторных работ и домашних заданий. Итоговая оценка выставляется после сдачи всех лабораторных работ и домашних заданий.

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