

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 26.05.2026 17:36:21
Уникальный программный ключ:
ca953a01204891083f939673078ef1a989aae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
Факультет физико-математических и естественных наук**
(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

02.03.02 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации» входит в программу бакалавриата «Фундаментальная информатика и информационные технологии» по направлению 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» и изучается в 4 семестре 2 курса. Дисциплину реализует Кафедра теории вероятностей и кибербезопасности. Дисциплина состоит из 4 разделов и 18 тем и направлена на изучение современных компьютерных сетей, систем и сетей телекоммуникаций.

Целью освоения дисциплины является введение учащихся в предметную область современных компьютерных сетей, систем и сетей телекоммуникаций. Для достижения цели решаются следующие задачи: анализ принципов построения и архитектур сетей, функционирующих в режимах коммутации каналов и коммутации пакетов; построение эталонной модели взаимодействия открытых систем; исследование принципов построения и архитектур основных типов современных систем и сетей телекоммуникаций.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-6	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-6.1 Знает базовые принципы цифровых технологий и методов, необходимых в профессиональной деятельности в области фундаментальной информатики и информационных технологий для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.; ОПК-6.2 Умеет применять необходимые в профессиональной деятельности цифровые технологии и методы в области фундаментальной информатики и информационных технологий для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.; ОПК-6.3 Владеет необходимыми в профессиональной деятельности технологиями и методами в области фундаментальной информатики и информационных технологий для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.;
ПК-3	Способен осуществлять администрирование прикладного программного обеспечения, сетевой подсистемы и систем управления базами данных инфокоммуникационной системы организации	ПК-3.1 Знает основы архитектуры, устройства и функционирования информационно-вычислительных систем и сетевых подсистем инфокоммуникационной системы организации; методику установки и администрирования программных систем и сетевых подсистем инфокоммуникационной системы организации;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-6	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	Введение в анализ и визуализацию данных; Основы машинного обучения и нейронные сети;	Алгоритмы и анализ сложности; Вычислительные методы; Математическое моделирование; Имитационное моделирование; Стохастический анализ беспроводных сетей; Теория автоматов и формальных языков; Эконометрика; Основы формальных методов описания бизнес-процессов; Введение в управление инфокоммуникациями; Пакеты символьных вычислений в профессиональной деятельности; Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы);
ПК-3	Способен осуществлять администрирование прикладного программного обеспечения, сетевой подсистемы и систем управления базами данных инфокоммуникационной системы организации	Архитектура компьютеров и операционные системы;	Преддипломная практика; Сетевые технологии; Администрирование сетевых подсистем; Администрирование локальных сетей; Моделирование сетей передачи данных; Машинное обучение в телекоммуникациях; Основы теории систем; Реляционные базы данных; Системы управления базами данных; Кибербезопасность предприятия;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации» составляет «4» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			4
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	54		54
Лекции (ЛК)	18		18
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	36		36
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	90		90
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	0		0
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	144	144
	зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Архитектура и принципы построения сетей с коммутацией каналов и с коммутацией пакетов	1.1	Введение и историческая справка: телефонные сети связи общего пользования, сеть передачи данных ARPANET и сети Internet	Рассматриваются телефонные сети связи общего пользования (PSTN) как сети с коммутацией каналов, исторически предназначенные исключительно для передачи голоса, где оконечные устройства просты, а интеллект и управление сосредоточены в ядре на телефонных станциях, выделяющих физический канал на всё время соединения. В противоположность этому, сеть передачи данных ARPANET, созданная в 1969 году, стала первой в мире сетью с коммутацией пакетов, где данные разбиваются на блоки и передаются независимыми маршрутами, что обеспечивало высокую отказоустойчивость. Именно ARPANET стала технологическим прототипом современного Интернета после перехода на стек протоколов TCP/IP, позволивший объединять разнородные сети. В отличие от PSTN, Интернет является сетью общего назначения с принципом «наилучшей попытки» доставки, где ядро состоит из простых маршрутизаторов, а интеллектуальная обработка вынесена на оконечные устройства пользователей. Дальнейшее развитие привело к созданию Всемирной паутины, сделавшей Интернет массовым и доступным, превратив его из узкоспециализированной сети в глобальную инфраструктуру.	ЛК
		1.2	Архитектура сетей связи: структурные элементы сети, режим коммутации каналов, принципы установления и разъединения соединений, принципы построения телефонной сети общего пользования	Рассматривается архитектура сетей связи, включающая структурные элементы сети (оконечные устройства (абонентские терминалы), каналы связи (физические среды передачи), узлы коммутации (телефонные станции, маршрутизаторы) и сетевые интерфейсы для сопряжения разнородных фрагментов), а также режим коммутации каналов, при котором перед началом передачи данных устанавливается сквозное физическое соединение с выделением фиксированной полосы пропускания на всё время сеанса связи. Анализируются принципы установления соединения (запрос, сигнализация,	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				адресация, маршрутизация вызова, резервирование ресурсов) и разъединения соединения (освобождение каналов после завершения обмена, передача сигнала отбоя). Рассматриваются принципы построения телефонной сети общего пользования (PSTN): иерархическая топология с коммутацией каналов, разделение на местные, внутризонавые, междугородные и международные сегменты, использование систем сигнализации (ОКС-7) для управления вызовами, а также постепенный переход к технологиям с коммутацией пакетов (VoIP, IP-телефония) при сохранении совместимости с традиционной инфраструктурой.	
		1.3	Архитектура сетей передачи данных: структурные элементы сети, режим коммутации пакетов, архитектура центра коммутации пакетов и принципы маршрутизации	Рассматривается архитектура сетей передачи данных, включающая структурные элементы сети (оконечные системы (хосты, серверы, рабочие станции), коммуникационное оборудование (маршрутизаторы, коммутаторы, шлюзы), каналы связи (проводные, оптоволоконные, беспроводные) и сетевые протоколы, обеспечивающие взаимодействие), а также режим коммутации пакетов, при котором передаваемые данные разбиваются на небольшие блоки (пакеты), снабжаются заголовками с адресной информацией и передаются независимо друг от друга, возможно различными маршрутами, с разделением пропускной способности канала между множеством пользователей без выделения физического соединения. Анализируются архитектура центра коммутации пакетов (коммутатор или маршрутизатор), включающая входные и выходные порты, коммутационную матрицу, процессор маршрутизации и буферы для временного хранения пакетов, а также принципы маршрутизации — определение оптимального пути следования пакетов на основе таблиц маршрутизации, построенных с использованием статических записей или динамических протоколов (OSPF, RIP, BGP), с учётом метрик (расстояние, пропускная способность, задержка, загрузка канала). Рассматриваются варианты маршрутизации (дейтаграммный — каждый пакет независим; виртуальные	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				каналы — предварительное установление логического соединения) и методы коммутации (буферизация, сквозная коммутация, гибридные схемы).	
Раздел 2	Эталонная модель взаимодействия открытых систем	2.1	Общие принципы построения открытых систем: уровневая модель функций взаимодействия, понятие о протоколе и межуровневом интерфейсе	Рассматриваются общие принципы построения открытых систем, основанные на уровневой модели функций взаимодействия, где сложный процесс обмена данными разбивается на последовательные уровни, каждый из которых решает определённый круг задач и предоставляет вышестоящему уровню набор сервисов, скрывая детали своей реализации. Анализируется понятие протокола как формального набора правил и форматов, определяющих порядок взаимодействия одноимённых уровней различных систем (как взаимодействуют «равные»), включая синтаксис, семантику и временные соотношения обмена сообщениями. Рассматривается понятие межуровневого интерфейса — границы между соседними уровнями одной системы, через которую нижележащий уровень предоставляет сервисы вышележащему, определяя доступные примитивы, форматы данных и способы вызова, что обеспечивает независимую реализацию и замену отдельных уровней без изменения всей системы. Показано, что сочетание уровневого разделения функций, стандартизации протоколов и чётких интерфейсов позволяет строить открытые системы, способные взаимодействовать с другими системами, созданными разными производителями, на основе общих стандартов.	ЛК
		2.2	Стандартизация в телекоммуникациях и международные организации по стандартизации	Рассматривается стандартизация в телекоммуникациях как процесс разработки и внедрения унифицированных правил, протоколов и технических требований, обеспечивающих совместимость оборудования и услуг различных производителей и операторов связи. Анализируется деятельность ключевых международных организаций по стандартизации: Международного союза электросвязи,	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>разрабатывающего стандарты для глобальных сетей связи, включая системы сигнализации, цифровые иерархии и технологии цифровых абонентских линий; Международной организации по стандартизации совместно с Международной электротехнической комиссией, где технический комитет занимается стандартизацией протоколов и услуг всех уровней эталонной модели взаимодействия открытых систем; Инженерной рабочей группы Интернета, создавшей документы «Запрос комментариев», определяющие фундаментальные протоколы и архитектуру Интернета; Института инженеров электротехники и электроники, разработавшего широко применяемые стандарты локальных сетей, такие как Ethernet и Wi-Fi; а также региональных организаций, разрабатывающих стандарты для сотовых сетей связи. Показано, что взаимодействие этих организаций, основанное на принципах открытости и консенсуса, обеспечивает непрерывное развитие глобальной телекоммуникационной инфраструктуры.</p>	
		2.3	<p>Эталонная модель взаимодействия открытых систем Международной организации стандартизации (OSI/ISO) и модель протоколов IP-сетей</p>	<p>Рассматриваются две базовые модели сетевого взаимодействия: эталонная модель OSI/ISO, разработанная Международной организацией по стандартизации как концептуальная семиуровневая архитектура (физический, канальный, сетевой, транспортный, сеансовый, представительный, прикладной), где каждый уровень выполняет строго определённые функции и предоставляет сервисы вышестоящему через межуровневые интерфейсы, а взаимодействие одноимённых уровней разных систем описывается протоколами. Анализируется модель протоколов IP-сетей (стек TCP/IP), имеющая четырёхуровневую структуру (канальный, сетевой (IP), транспортный (TCP/UDP), прикладной), исторически сложившуюся на основе практических потребностей сети ARPANET и Интернета. Показаны ключевые различия: модель OSI является нормативной, теоретически строгой, но избыточно сложной, тогда как модель TCP/IP — реализационной, ориентированной на объединение</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>разнородных сетей с принципом «наилучшей попытки»; в модели OSI протоколы строго разделены по уровням, а в TCP/IP допускается более гибкое взаимодействие; уровни представительный и сеансовый в TCP/IP явно не выделены и их функции возлагаются на прикладной уровень. Отмечается, что, несмотря на концептуальную значимость модели OSI, глобальной сетью фактически управляет стек TCP/IP, который стал основой современного Интернета.</p>	
		2.4	<p>Принципы построения иерархической системы протоколов функций взаимодействия открытых систем</p>	<p>Рассматриваются принципы построения иерархической системы протоколов функций взаимодействия открытых систем, основанные на декомпозиции сложного процесса обмена данными на последовательные уровни, каждый из которых решает специализированные задачи и взаимодействует только с соседними уровнями через строго определённые интерфейсы. Анализируются ключевые принципы: инкапсуляция — данные вышележащего уровня помещаются в блок данных нижележащего с добавлением собственного заголовка (и возможно трейлера); прозрачность — вышележащий уровень не знает деталей реализации нижележащих; независимость уровней — изменение реализации одного уровня не влияет на остальные; сервис и протокол — вертикальное взаимодействие через интерфейс описывается сервисом, а горизонтальное взаимодействие одноимённых уровней разных систем — протоколом. Рассматриваются также принципы адресации на разных уровнях (глобальная, сетевая, канальная), мультиплексирования и демупльтиплексирования (один вышестоящий протокол может обслуживаться несколькими нижестоящими, и наоборот), а также стандартизации протоколов, обеспечивающей совместимость систем разных производителей. Показано, что иерархическая организация позволяет упростить разработку, тестирование, сопровождение и модернизацию сетевого программного обеспечения, а также способствует интеграции разнородных сетей.</p>	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
		2.5	Сетевые протоколы: физический уровень, канальный уровень, сетевой уровень	<p>Рассматриваются три нижних уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем. Физический уровень определяет электрические, механические, функциональные и процедурные характеристики передачи неструктурированного битового потока по физической среде (типы кабелей, разъёмы, уровни напряжения, частоты, модуляция, синхронизация), отвечая за передачу сигнала и восстановление битов независимо от их смысла. Канальный уровень обеспечивает надёжную передачу блоков данных (кадров) между двумя соседними узлами в сети с одной физической средой, решая задачи кадровой синхронизации (выделение границ кадров), управления доступом к среде (MAC-протоколы, например, CSMA/CD в Ethernet), обнаружения и коррекции ошибок с помощью контрольных сумм, а также адресации в пределах локального сегмента (MAC-адреса). Сетевой уровень отвечает за маршрутизацию пакетов в составной сети с произвольной топологией, обеспечивая доставку данных от узла-отправителя к узлу-получателю через множество промежуточных узлов (маршрутизаторов), решая задачи логической адресации (IP-адреса), определения оптимальных путей (протоколы маршрутизации), фрагментации и сборки пакетов при передаче через сети с разным максимальным размером блока данных, а также управления перегрузками. Показано, что эти три уровня совместно обеспечивают сквозную доставку пакетов в гетерогенной сетевой среде, скрывая от вышележащих уровней детали физической передачи и топологии соединений.</p>	ЛК, СЗ
		2.6	Протоколы верхних уровней: прикладной, представительный, сеансовый и транспортный уровни	<p>Рассматриваются четыре верхних уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем. Транспортный уровень обеспечивает сквозную доставку данных между прикладными процессами на узлах-отправителе и получателе, независимо от используемых сетевых технологий, решая задачи сегментации и сборки данных, мультиплексирования, управления потоком,</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>обнаружения и исправления ошибок, а также установления, поддержания и разрыва транспортных соединений. Сеансовый уровень управляет диалогом между прикладными процессами, предоставляя средства организации сеанса связи (установление, синхронизация, возобновление после сбоя, управление очередностью обмена данными (симплексный, полудуплексный, дуплексный режимы) и вставку контрольных точек для возможности частичного восстановления при длительных передачах. Представительный уровень отвечает за синтаксическую совместимость обменивающихся систем, выполняя преобразование форматов данных (согласование различных представлений чисел, строк, дат), сжатие и распаковку информации, а также шифрование и дешифрование для обеспечения конфиденциальности. Прикладной уровень является верхним и предоставляет пользователям и прикладным процессам доступ к сетевым сервисам через специализированные протоколы (HTTP, FTP, SMTP, Telnet, DNS), определяя семантику обмена данными для конкретных приложений и обеспечивая управление ресурсами, идентификацию партнёров, аутентификацию и согласование качества обслуживания. Показано, что эти четыре уровня совместно скрывают от прикладных процессов все детали передачи данных по сети, обеспечивая удобные абстракции для разработчиков приложений.</p>	
Раздел 3	Принципы построения основных типов сетей телекоммуникаций	3.1	Режим асинхронной передачи (АТМ) в широкополосных цифровых сетях, виртуальные пути и виртуальные каналы	<p>Рассматривается режим асинхронной передачи (АТМ) как технология широкополосных цифровых сетей, основанная на коммутации ячеек (cell switching) фиксированного малого размера (53 байта, из которых 5 байт — заголовок, 48 байт — поле данных), что обеспечивает высокую скорость коммутации, предсказуемые задержки и поддержку разнородного трафика (голос, видео, данные) с различными требованиями к качеству обслуживания. Анализируется концепция виртуальных каналов (VC — Virtual Channel) как базового логического соединения между двумя оконечными точками АТМ, устанавливаемого</p>	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>предварительно или по требованию, и виртуальных путей (VP — Virtual Path) как группы виртуальных каналов, которые коммутируются как единое целое, что позволяет агрегировать множество каналов в один путь и упростить управление сетью за счёт иерархической структуры (виртуальные пути содержат виртуальные каналы). Рассматриваются идентификаторы VPI (Virtual Path Identifier) и VCI (Virtual Channel Identifier), используемые в заголовке ячейки для маршрутизации, а также принципы установления соединений в ATM (предварительное установление виртуального соединения с резервированием ресурсов, в отличие от дейтаграммных IP-сетей). Отмечается, что, несмотря на технические достоинства (высокая производительность, гарантии QoS), ATM не стал доминирующей технологией в локальных и глобальных сетях из-за сложности и высокой стоимости, уступив место IP-сетям с технологиями MPLS и Ethernet, однако нашёл применение в магистральных операторах связи.</p>	
		3.2	Цифровая сеть с интеграцией служб, архитектура сети, базовый метод доступа	<p>Рассматривается цифровая сеть с интеграцией служб (ISDN) как эволюционное развитие телефонных сетей общего пользования, обеспечивающее сквозную цифровую связь для передачи голоса, данных и видео по обычным медным телефонным линиям. Архитектура сети ISDN строится на разделении каналов с временным мультиплексированием, где основными элементами являются В-каналы для пользовательских данных и D-каналы для сигнализации и управления соединениями. Базовый метод доступа — интерфейс базовой скорости (BRI), предоставляющий два В-канала по 64 Кбит/с и один D-канал на 16 Кбит/с, что в сумме даёт конфигурацию 2В+D. Для организаций с большей потребностью в пропускной способности предусмотрен интерфейс первичной скорости (PRI), который в европейском стандарте Е1 предоставляет 30 В-каналов и один D-канал на скорости 64 Кбит/с, а в североамериканском стандарте Т1 — 23 В-канала и один D-канал. Протокольная архитектура ISDN</p>	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				соответствует трём нижним уровням модели OSI: физический уровень определяет электрические и механические характеристики доступа, канальный уровень использует протокол для управления передачей по D-каналу, а сетевой уровень реализует протокол для установления, поддержания и разъединения соединений.	
		3.3	Протокол SIP/ Типы серверов, сообщения, адресация	Рассматривается протокол SIP (Session Initiation Protocol) как протокол прикладного уровня для установления, модификации и завершения мультимедийных сеансов связи (голос, видео, конференции) в IP-сетях, работающий поверх TCP или UDP и использующий текстовый формат сообщений, подобный HTTP. Анализируются основные типы серверов SIP: прокси-серверы (перенаправляют запросы клиентов к следующему серверу или конечному абоненту), серверы регистрации (принимают и хранят информацию о текущем местоположении пользователей), серверы перенаправления (возвращают клиенту альтернативный адрес без передачи запроса дальше) и серверы местоположения (база данных, хранящая привязку SIP-адресов к сетевым адресам). Рассматриваются типы SIP-сообщений: запросы (INVITE — инициация сеанса, ACK — подтверждение, BYE — завершение, CANCEL — отмена, REGISTER — регистрация, OPTIONS — запрос возможностей) и ответы (информационные 1xx, успешные 2xx, перенаправления 3xx, ошибки клиента 4xx, ошибки сервера 5xx, глобальные ошибки 6xx). Описывается адресация в SIP, использующая универсальные идентификаторы ресурсов (SIP URI) вида sip:user@domain (например, sip:ivanov@company.com), где user может быть именем или номером, а domain — доменным именем или IP-адресом. Показано, что SIP является ключевым протоколом для VoIP, видеоконференций и систем унифицированных коммуникаций, обеспечивая гибкость и масштабируемость.	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
		3.4	Сети сотовой подвижной связи: архитектура сети GSM, принципы предоставления услуг пользователям	<p>Рассматривается архитектура сети GSM (Global System for Mobile Communications) как иерархической цифровой системы сотовой связи, разделённой на три основные подсистемы: подсистему базовых станций (BSS), включающую контроллер базовых станций (BSC) и приёмопередающие базовые станции (BTS), обслуживающие определённые географические соты; подсистему коммутации (NSS), содержащую центр коммутации мобильной связи (MSC), домашний реестр местоположения (HLR) с постоянной информацией об абонентах, гостевой реестр местоположения (VLR) с временными данными о находящихся в зоне обслуживания абонентах, а также центр аутентификации (AUC) и реестр идентификации оборудования (EIR); и подсистему эксплуатации и технического обслуживания (OSS) для управления и мониторинга сети.</p> <p>Анализируются принципы предоставления услуг пользователям, включающие идентификацию абонента по SIM-карте, процедуры аутентификации и шифрования радиоканала, эстафетную передачу (handover) при перемещении между сотами, роуминг (обеспечение связи абонента в сетях других операторов), а также поддержку основных услуг (телефония, передача данных через CSD, SMS-сообщения). Отмечается, что архитектура GSM обеспечила массовое распространение мобильной связи благодаря эффективному использованию радиочастотного спектра, надёжной аутентификации и масштабируемости, что стало основой для последующего развития поколений 3G, 4G и 5G.</p>	ЛК
Раздел 4	Эволюция сетей телекоммуникаций	4.1	Общие понятия о сетях 3G, 4G, 5G и 6G	<p>Рассматриваются общие понятия о поколениях мобильных сетей связи. Сети 3G (UMTS, CDMA2000) обеспечивают передачу данных на скоростях до нескольких мегабит в секунду, используют технологию широкополосного доступа с кодовым разделением (WCDMA) и впервые сделали массовой мобильный интернет, видеозвонки и мультимедийные услуги. Сети 4G (LTE, LTE-Advanced) базируются на технологии OFDMA (ортогональное частотное мультиплексирование с</p>	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>множественным доступом) и полностью переходят на пакетную коммутацию (все сервисы, включая голос, передаются как данные — VoLTE), обеспечивая пиковые скорости до 1 Гбит/с и низкие задержки, что позволяет использовать потоковое видео высокого разрешения и онлайн-игры. Сети 5G предлагают три основных сценария: eMBB (сверхширокополосный доступ с пиковыми скоростями до 10–20 Гбит/с), URLLC (ультранадежная связь с низкими задержками — до 1 мс) и mMTC (массовое подключение устройств интернета вещей), используя гибридные технологии, миллиметровый диапазон волн и массовое MIMO. Сети 6G, находящиеся на этапе исследований, предполагают достижение терабитных скоростей, задержек в микросекундном диапазоне, использование субтерагерцового спектра, интеграцию искусственного интеллекта на всех уровнях сети, поддержку голографической связи, тактильного интернета и нейрокомпьютерных интерфейсов. Показано, что эволюция поколений направлена на рост скорости, снижение задержек, увеличение плотности подключений и внедрение новых технологий физического уровня и сетевой архитектуры.</p>	
		4.2	Телекоммуникационные сети миллиметрового и терагерцового диапазонов	<p>Рассматриваются телекоммуникационные сети миллиметрового (30–300 ГГц) и терагерцового (0,1–10 ТГц) диапазонов как перспективное направление для сверхскоростной беспроводной связи. Миллиметровый диапазон (волны от 1 до 10 мм) используется в сетях 5G (диапазоны 28 ГГц, 39 ГГц, 64–71 ГГц) и позволяет достигать скоростей до 10–20 Гбит/с за счёт широкой полосы пропускания, однако имеет ограничения: сильное затухание в атмосфере (особенно в дождь и туман), низкая проникающая способность через препятствия (стены, деревья), необходимость прямой видимости и использования массивных антенных решёток (beamforming) для компенсации потерь. Терагерцовый диапазон (волны 0,03–3 мм) рассматривается как основа для сетей 6G, обеспечивая потенциально терабитные скорости передачи данных,</p>	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>сверхвысокое разрешение для систем визуализации и возможность молекулярной спектроскопии, но сталкивается с ещё более серьёзными проблемами: колоссальное атмосферное поглощение (особенно на частотах резонанса водяного пара и кислорода), сложность создания компактных и эффективных источников, детекторов и усилителей, а также крайне малая дальность связи (метры, дециметры). Для обоих диапазонов характерна необходимость в плотном размещении базовых станций, использовании ретрансляторов и интеллектуальных отражающих поверхностей, а также разработка новых материалов и схем модуляции. Показано, что миллиметровый диапазон уже внедряется в коммерческих сетях, тогда как терагерцевый находится на стадии лабораторных исследований и требует фундаментальных прорывов в полупроводниковой технологии и физике распространения радиоволн.</p>	
		4.3	Программно-конфигурируемые сети. Технология виртуализации сетевых функций	<p>Рассматриваются программно-конфигурируемые сети (SDN — Software-Defined Networking) как архитектурная парадигма, разделяющая плоскость управления и плоскость передачи данных, где управление сетью централизовано в контроллере (логически централизованный интеллект), а коммутаторы остаются «тупыми» устройствами, исполняющими правила пересылки пакетов на основе инструкций от контроллера (например, через протокол OpenFlow). Анализируется технология виртуализации сетевых функций (NFV — Network Functions Virtualization), которая отделяет сетевые функции (файрволы, балансировщики, NAT, DPI, маршрутизаторы) от специализированного аппаратного обеспечения и реализует их в виде программных образов на стандартных коммерческих серверах под управлением гипервизора, что позволяет динамически масштабировать, перемещать и управлять виртуальными сетевыми функциями как сервисами. Показана взаимосвязь SDN и NFV: SDN обеспечивает гибкое программируемое управление потоками и сетевой топологией, тогда как NFV сокращает стоимость и время развёртывания</p>	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				сетевых сервисов за счёт отказа от проприетарных устройств; совместно они лежат в основе современных центров обработки данных, облачных платформ и сетей операторов связи, реализуя принципы «сети как услуги» (NaaS) и позволяя динамически адаптировать сетевую инфраструктуру под изменяющиеся нагрузки и приложения. Отмечаются вызовы: обеспечение отказоустойчивости контроллера, производительность программных сетевых функций и вопросы стандартизации интерфейсов.	
		4.4	Технология узкополосного интернета вещей	Рассматривается технология узкополосного интернета вещей (NB-IoT — NarrowBand Internet of Things) как стандарт сотовой связи для массового подключения устройств с низким энергопотреблением, невысокой скоростью передачи данных и глубоким проникновением сигнала в труднодоступные места (подвалы, удалённые объекты). Технология работает в лицензируемом спектре сотовых сетей (в полосе 200 кГц, внутри или вне диапазонов LTE), используя упрощённый протокол и узкую полосу пропускания, что обеспечивает дальность связи до 10–15 км в сельской местности и 1–3 км в городской застройке, проникновение сигнала через несколько стен и перекрытий, а также срок работы устройств от батареи до 10 лет благодаря режимам энергосбережения (PSM — Power Saving Mode) и расширенному прерывистому приёму (eDRX). Скорость передачи данных в NB-IoT составляет от нескольких десятков до сотен килобит в секунду, что достаточно для телеметрии, показаний счётчиков, мониторинга транспорта, «умного» освещения, датчиков дыма и протечки, но не подходит для голоса или потокового видео. Анализируются преимущества: использование существующей сотовой инфраструктуры, лицензированная чистота спектра (отсутствие помех от других устройств), встроенная аутентификация и шифрование. Показано, что NB-IoT конкурирует с технологиями LoRaWAN и Sigfox, выигрывая в безопасности и дальности в плотной застройке, но проигрывая в стоимости	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				устройств и независимости от операторов связи. Отмечается, что NB-IoT является частью спецификации 3GPP Release 13 и последующих, активно внедряется в «умные города», промышленность и сельское хозяйство.	
		4.5	Технология нарезки сетевых ресурсов	<p>Рассматривается технология нарезки сетевых ресурсов (Network Slicing) как ключевая концепция сетей 5G и последующих поколений, позволяющая создавать несколько логически изолированных виртуальных сетей (срезов) на одной общей физической инфраструктуре. Каждый сетевой срез представляет собой сквозную логическую сеть (от терминала до облачного приложения), оптимизированную под конкретные требования сервиса: например, срез для сверхширокополосного доступа (eMBB) с высокой пропускной способностью, срез для ультранадёжной связи с низкими задержками (URLLC) для автономного транспорта или телемедицины, и срез для массового интернета вещей (mMTC) с высокой плотностью подключений и энергоэффективностью. Архитектурно нарезка реализуется с использованием технологий программно-конфигурируемых сетей и виртуализации сетевых функций, где плоскость управления координирует создание и управление срезами, а ресурсы (вычислительные мощности, полоса пропускания, ёмкость хранилищ) динамически выделяются каждому срезу с обеспечением изоляции (по производительности, безопасности, надёжности). Показано, что сетевая нарезка позволяет одному оператору одновременно предоставлять разнородные услуги с гарантированным качеством (SLA) без строительства отдельных сетей для каждого сервиса, снижая капитальные и операционные затраты. Отмечаются вызовы: сложность оркестровки срезов в реальном времени, обеспечение строгой изоляции между срезами (особенно в плоскости безопасности) и необходимость стандартизации интерфейсов между различными сетевыми доменами (радиодоступ, транспортная сеть, ядро).</p>	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы*

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: *ЛК* – лекции; *ЛР* – лабораторные работы; *СЗ* – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Компьютер/ноутбук с доступом сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета, браузер, ПО для просмотра PDF, Яндекс телемост
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Компьютер/ноутбук с доступом сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета, браузер, ПО для просмотра PDF, Яндекс телемост

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Самуйлов К.Е., Шалимов И.А., Кулябов Д.С., Василевский В.В., Васин Н.Н., Королькова А.В. Сети и системы передачи информации: телекоммуникационные сети [Текст/электронный ресурс]: учебник. – М.: Издательство Юрайт, 2020. – 363 с.
2. Самуйлов К.Е., Кулябов Д. С., Королькова А. В., Гайдамака Ю.В., Гудкова И.А., Абаев П.О. Современные концепции управления инфокоммуникациями [Текст]: учебно-методический комплекс. – М.: РУДН, 2013. – 234 с.
3. Таненбаум Э. Компьютерные сети [Текст] / Э. Таненбаум. – 5-е изд. – СПб.: Питер, 2016. - 960 с.
4. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Юбилейное издание [Текст/электронный ресурс] / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер; Учебник для вузов. – СПб: Питер, 2020. – 1008 с.

Дополнительная литература:

1. Кулябов Д.С. Архитектура и принципы построения современных сетей и систем телекоммуникаций [Текст/электронный ресурс]: Учебное пособие / Д.С. Кулябов, А.В.

Королькова. – М.: Изд-во РУДН, 2008. – 309 с.

2. Башарин Г.П., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е., Яркина Н.В. Модели для анализа качества обслуживания в сетях связи следующего поколения [Текст/электронный ресурс]: Уч. пособие. Москва, ИПК РУДН, 2008, 111 с.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации

<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации».

2. Методические указания по выполнению и оформлению реферата по дисциплине «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации».

3. Методические указания по выполнению и оформлению доклада по дисциплине «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент кафедры теории
вероятностей и
кибербезопасности

Должность, БУП

Подпись

Бесчастный Виталий
Александрович

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой теории
вероятностей и
кибербезопасности

Должность БУП

Подпись

Самуйлов Константин
Евгеньевич

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Заведующий кафедрой теории
вероятностей и
кибербезопасности

Должность, БУП

Подпись

Самуйлов Константин
Евгеньевич

Фамилия И.О.