

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ
Директор института прикладной
математики и компьютерных наук
А.В. Замятин
« 02 » _____ 2021 г.



Компьютерные сети

рабочая программа дисциплины

Закреплена за кафедрой	<i>прикладной информатики</i>
Учебный план	<i>10.05.01 Компьютерная безопасность, профиль «Анализ безопасности компьютерных систем»</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Общая трудоёмкость	<i>4 з.е.</i>
Часов по учебному плану	<i>144</i>
в том числе:	
аудиторная контактная работа	<i>54,7</i>
самостоятельная работа	<i>89,3</i>
Вид(ы) контроля в семестрах	
экзамен/зачет/зачет с оценкой	<i>Семестр б – экзамен</i>

Программу составил:
д-р. техн. наук, профессор
заведующий кафедры прикладной информатики



С.П. Сущенко

Рецензент:
д-р физ.-мат. наук, доцент,
заведующий кафедры программной инженерии



А.Н. Моисеев

Рабочая программа дисциплины «Компьютерные сети» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования – специалитет, самостоятельно устанавливаемым федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по специальности 10.05.01 Компьютерная безопасность (Утвержден Ученым советом НИ ТГУ, протокол от 30.06.2021 г. № 06).

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры прикладной информатики

Протокол от 09 июня 2021 г. № 17

Заведующий кафедрой прикладной информатики,
д-р техн. наук, профессор



С.П. Сущенко

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии института прикладной математики и компьютерных наук (УМК ИПМКН)

Протокол от 17 июня 2021 г. № 05

Председатель УМК ИПМКН,
д-р техн. наук, профессор



С.П. Сущенко

Цель освоения дисциплины

Цель – обучить студентов принципам организации компьютерных сетей, сетевых технологий и протоколов.

Актуальность дисциплины обусловлена тем, что современные компьютерные сети являются основой полифункциональной коммуникации **людей** (передача мультимедийной информации), **распределенных приложений** (передача компьютерных данных), **вещей**, снабженных датчиками, сенсорами, исполнительными механизмами – актуаторами (передача параметров состояния вещей и управляющих воздействий на вещи). Компьютерные сети – механизм создания единого информационного пространства, индустрии обработки информации, электронного документооборота, автоматизации деловых и технологических процессов в индустрии, здравоохранении, образовании и пр.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Компьютерные сети» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины», входит в модуль «Компьютерные науки».

Для освоения дисциплины необходимо знать принципы алгоритмизации, основы организации архитектуры вычислительных систем и операционных систем.

Пререквизиты дисциплины: архитектура вычислительных систем, операционные системы.

Постреквизиты дисциплины: модели безопасности компьютерных систем, основы построения защищенных компьютерных сетей, облачные вычисления, научно-исследовательская работа.

2. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Таблица 1.

Компетенция	Индикатор компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций)
ОПК-15. Способен администрировать компьютерные сети и контролировать их корректность функционирования.	ИОПК-15.1 Осуществляет установку и настройку параметров активных сетевых устройств, настройку программного обеспечения сетевых устройств, установку специальных средств управления сетевыми устройствами; ИОПК-15.2 Понимает общие принципы функционирования компьютерных сетей, протоколы канального, сетевого, транспортного и прикладного уровней модели взаимодействия открытых систем; ИОПК-15.3 Производит инвентаризацию параметров и функциональных схем работы сетевых устройств, оценку эффективности конфигурации сетевых устройств с точки зрения производительности сети; ИОПК-15.4 Производит оценку производительности сетевых устройств и программного обеспечения, контроль	Обучающийся сможет: ОР-1.5.1 – знать функциональность и особенности стеков протоколов; – уметь выполнять обоснованный выбор протоколов и реализующего их программного обеспечения в корпоративных сетях на различных технических платформах; – владеть первичными навыками сетевого администратора и разработчика распределенных приложений. ОР-1.5.2 – знать иерархические модели организации компьютерных сетей; – уметь распределять пространство сетевых адресов; – владеть навыками настройки протоколов, служб и сервисов отображения разноуровневых адресов (MAC, IP, DNS-имен), динамического выделения сетевых адресов конечным абонентам в лизинг, навыками настройки пограничных маршрутизаторов для использования автономных адресов в сетях уровня доступа, программирования сетевого обмена данными между конечными абонентами. ОР-1.5.3 – знать методы оценивания

	<p>использования сетевых устройств и программного обеспечения, управление средствами тарификации сетевых ресурсов, поиск и диагностику ошибок сетевых устройств и программного обеспечения.</p>	<p>операционных характеристик различных сетевых структур; – уметь оптимизировать протокольные параметры в конкретных условиях функционирования сети, – владеть навыками комплексного конфигурирования компьютерной сети, ориентированного на повышение быстродействия сети и рациональную загрузку сетевых ресурсов. ОР-1.5.4 – знать способы измерения связности сетевых узлов и производительности сетевых структур; – уметь диагностировать ошибки в работе сетевых устройств; – владеть навыками мониторинга состояния (работоспособности и загрузки) отдельных устройств, каналов связи, транспортных соединений и подсетей, локализации узких мест, неисправностей и некорректных настроек в иерархии протоколов и сетевых устройствах.</p>
--	---	---

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура и трудоемкость видов учебной работы по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Таблица 2.

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах	
	Семестр 6	всего
Общая трудоемкость	144	144
Контактная работа:	54,7	54,7
Лекции (Л):	48	48
Групповые консультации	2	2
Индивидуальные консультации	2,4	2,4
Промежуточная аттестация	2,3	2,3
Самостоятельная работа обучающегося:	89,3	89,3
– <i>самостоятельное изучение учебных материалов</i>	57,6	57,6
– <i>подготовка к промежуточной аттестации</i>	31,7	31,7
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	Экзамен	Экзамен

3.2. Содержание и трудоемкость разделов дисциплины

Таблица 3.

Код занятия	Наименование разделов и тем и их содержание	Вид учебной работы, занятий, контроля	С е м е с т р	Часы в электронной форме	Всего (час.)	Литература	Код (ы) результата(ов) обучения
1	Раздел 1. Основы компьютерных сетей		6		4	1	ОП-1.5.1, ОП-1.5.2
1.1.	Эволюция вычислительных систем. Сетевые ресурсы. Методы коммутации в сетях передачи данных (СПД). Сравнение методов коммутации. Классификация СПД. Сети с маршрутизацией и селекцией информации. Концептуальные требования к архитектуре вычислительной сети. Понятие протокола. Принципы управления распределенными вычислительными системами. Стандартизирующие органы в области сетевых технологий. Семиуровневая модель архитектуры вычислительных сетей МОС (эталонная модель взаимодействия открытых систем – ВОС). Концепция служб, интерфейсов и протоколов модели ВОС. Архитектура глобальной сети Internet. Сравнение архитектур. Преобразование потока данных управляющими протоколами при передаче по сети (протокольные блоки данных и инкапсуляция).	Лекции	6		4		
1.2.	Темы занятий в рамках раздела: Сравнительный анализ эталонной модели взаимодействия открытых систем ВОС МОС и модели глобальной сети интернет (Обсуждение преимуществ и издержек моделей, выявление факторов предопределивших выбор модели для реализации)	СРС	6		4,6	1	
2	Раздел 2. Технологии физического уровня		6		4	1	ОП-1.5.1, ОП-1.5.2, ОП-1.5.3
2.1.	Функции и структура физического канала связи. Состав аппаратуры линии связи. Стандарты на данный уровень протоколов. Выделенные и коммутируемые линии связи. Характеристики линии связи. Аналоговые и цифровые каналы связи. Методы аналоговой модуляции. Модуляционная и информационная скорость. Методы цифрового кодирования. Требования к методам цифрового кодирования. Потенциальные и импульсные коды. Методы логического кодирования (избыточные коды, скремблирование). Дискретная модуляция аналоговых сигналов. Частотное (де)мультиплексирование аналоговых каналов. Временное (де)мультиплексирование цифровых каналов. Плезиохронная цифровая иерархия (PDH). Синхронная цифровая иерархия (SDH).	Лекции	6		4		
2.2.	Темы занятий в рамках раздела: Сравнительный анализ цифровых кодов и методов логического кодирования (Обсуждение операционных параметров цифровых и логических кодов)	СРС	6		5		

3	Раздел 3. Управление информационным каналом (звеном передачи данных)		6		4	1, 2,3	OP-1.5.1, OP-1.5.2, OP-1.5.3
3.1.	Бит- и байт-ориентированные протоколы. Методы выделения кадра в потоке бит/байт (фазирование). Методы обеспечения прозрачности. Протокол HDLC. Формат кадра. Типы кадров. Управляющие команды и ответы. Старт-стопные и конвейерные протоколы управления информационным каналом. Понятие окна. Групповой и селективный режимы повторной передачи искаженных кадров. Полудуплексная (нормальная/синхронная) процедура управления звеном передачи данных. Дуплексная (асинхронная) процедура управления звеном передачи данных. Анализ влияния искажений информационных кадров в прямом канале и подтверждений в обратном канале на быстродействие старт-стопной, нормальной и асинхронной процедур управления звеном передачи данных. Методы выбора протокольных параметров (длина кадра, размер окна). Анализ влияния блокировок ограниченной буферной памяти транзитного узла-получателя на пропускную способность двухзвенного фрагмента сети, управляемого старт-стопным протоколом. Протокол PPP. Технологии ISDN, Frame Relay, ATM. Адресация абонентов глобальной сети.	Лекции	6		4		
3.2.	Темы занятий в рамках раздела: Выделение факторов, определяющих быстродействие канального протокола и степени их влияния на операционные характеристики протокола (Построение моделей различных управляющих процедур канально-го уровня. Изучение теоретических материалов)	СРС	6		6		
4	Раздел 4. Технологии построения локальных сетей		6		8	1,2,3,4	OP-1.5.1, OP-1.5.2, OP-1.5.3
4.1.	Методы совместного использования разделяемой среды передачи данных. Стандартизуемые методы доступа к разделяемой среде. Кольцо с тактированным доступом. Кольцо с маркерным доступом. Шина с маркерным доступом. Шина со случайным доступом. Анализ влияния коллизий конкурирующих абонентов на быстродействие случайного метода доступа. Технологии Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet. Беспроводные локальные сети. Процедурные особенности метода доступа WiFi. Анализ индивидуального быстродействия абонента беспроводной сети. «Эффект захвата» разделяемой беспроводной среды одним из конкурирующих абонентов. Логическая структуризация сети с помощью коммутаторов. Устройства структуризации. Организация коммутаторов локальной сети. Коммутация «на лету», с частичной и полной буферизацией. Виды фильтрации кадров. Варианты управления потоком кадров в полудуплексном и дуплексном режимах работы портов коммутатора. Техническая реализация коммутаторов на основе коммутационной матрицы, многоходовой разделяемой памяти, общей шины. Алгоритм покрывающего дерева. Трансляция протоколов канального уровня. Виртуальные локальные сети. Построение виртуальных локальных сетей на основе группировки портов коммутатора и на основе группировки MAC-адресов абонентов.		6		8		

4.2.	Темы занятий в рамках раздела: Сравнительный анализ проводных и беспроводных протоколов случайного множественного доступа (Характеристика преимуществ и недостатков протоколов, анализ способов преодоления недостатков. Изучение теоретических материалов)	СРС	6		10		
	Раздел 5. Уровень сетевого протокола		8		10	1,2,3,4	OP-1.5.1, OP-1.5.2, OP-1.5.3, OP-1.5.4
5.1.	5. Уровень сетевого протокола Методы адресации сетевых объектов. Физическая и логическая адресация. Групповые и многопунктовые адреса. Широковещание. Плоские и иерархические адреса. Классы сетевых IP-адресов версии 4. Применение масок при IP-адресации. Доменные имена. Протокол отображения IP-адресов на физические (локальные) адреса в локальных и глобальных сетях (ARP). Протокол динамического назначения (выделения) IP-адресов узлам сети (DHCP). Методы экономии адресного пространства и решения проблемы дефицита адресов. Бесклассовая маршрутизация. Автономные адреса и их повторное использование. Трансляция сетевых адресов и портов (NAT/PAT). Масштабируемая система IP-адресации версии 6. Сетевой протокол IPv4. Формат пакета. Методы маршрутизации. Стратегия принятия решения, место принятия решения и информация для принятия решения о изменении маршрута. Цена пути. Фиксированная и адаптивная маршрутизация. Централизованные, распределенные и иерархические адаптивные алгоритмы. Изолированные и кооперированные алгоритмы. Основные требования к алгоритму маршрутизации. Дистанционно-векторный алгоритм маршрутизации ARPANET (DVA). Сходимость и основные недостатки алгоритма (зацикливание и колебательные явления). Методы борьбы с ложными маршрутами. Алгоритм маршрутизации на основе состояния линий связи ARPANET (LSA). Протоколы маршрутизации RIP и OSPF. Протокол ICMP. Особенности протокола IPv6. Сети дейтаграммного и виртуального сервиса. Виды блокировок буферной памяти узлов сети (прямая; косвенная; сборки; вложенных квитанций; блокировки, обусловленные приоритетностью потоков; статистическое блокирование) и методы предупреждения блокировок. Стратегии распределения буферной памяти узла коммутации между выходными направлениями передачи. Методы управления сетевыми потоками. Программно-определяемые сети (SDN). Протокол OpenFlow. Протокол автоматического распознавания связей BDDP. Конвейер таблиц продвижения. Проблемы OpenFlow. Виртуализация сетевых функций (NFV). Мобильные телекоммуникационные сети. Мобильный IPv4 и IPv6. Новое радио (New Radio).		8		10		
5.2.	Темы занятий в рамках раздела: Анализ адаптивных протоколов маршрутизации (Обсуждение свойств сходимости к стационарному состоянию)	СРС	6		10		
	Раздел 6. Уровень транспортного протокола		6		8	1,2,3,4	OP-1.5.1, OP-1.5.2, OP-1.5.3, OP-1.5.4

6.1.	<p>Транспортные протоколы, ориентированные на соединение, протоколы без соединения. Идентификация (адресация) прикладных процессов и информационных потоков к ним и от них портами. Мультиплексирование потоков данных от различных приложений. Демультиплексирование сетевого потока между абонентскими прикладными службами. Формат сегмента сообщения. Команды транспортного протокола. Процедуры управления сквозной транспортировкой данных. Механизм управления потоком между корреспондирующими абонентами (прикладными процессами) на основе механизма скользящего окна. Протокол ТСР. Анализ задержки мульти пакетного сообщения в многозвенном детерминированном тракте передачи данных. Конвейерный эффект. Задержка сообщения в неоднородном виртуальном канале. Оптимальное разбиение сообщения на фрагменты. Оптимизация размера фрагмента в сети с учетом искажений в каналах связи. Влияние размера окна и длительности сквозного тайм-аута на среднюю задержку пакета в виртуальном канале. Задержка сообщения в нагруженном тракте передачи данных (однородный и неоднородный по длинам сегментов трафик). Факторы, определяющие быстродействие транспортного соединения. Методы прямой коррекции ошибок на уровне транспортного протокола и их влияние на реальное быстродействие транспортного соединения в условиях высокой интенсивности помех. Влияние конкуренции за сетевые ресурсы соперничающих абонентов на индивидуальное быстродействие транспортных соединений.</p>		6		8		
6.2.	<p>Темы занятий в рамках раздела: Анализ пропускной способности транспортного соединения, управляемого надежным транспортным протоколом в различных режимах повтора (Построение модели протокола, обсуждение факторов, определяющих его быстродействие)</p>	СРС	6		10		
	<p>Раздел 7. Структура прикладного уровня и совместное функционирование протоколов верхних уровней</p>		6		10	1,2,3,4	OP-1.5.1, OP-1.5.2, OP-1.5.3, OP-1.5.4
7.1.	<p>Протокол сеансового уровня. Фазы и услуги сеансовой службы с установлением соединения. Сеансовая служба без установления соединения. Представительный протокол. Услуги представительной службы (преобразование форматов, сжатие информации, средства обеспечения безопасности). Преобразование представлений прикладным процессам через локальные и стандартные форматы. Протоколы прикладного уровня. Обеспечение интерфейса между взаимодействующими приложениями. Протоколы аутентификации. Служба управления ассоциацией прикладных объектов. Служба управления выполнением, завершением и восстановлением прикладных процессов. Протокол передачи, доступа и управления файлом. Модель виртуального файлохранилища. Протокол виртуального терминала. Модель среды виртуального терминала. Протокол передачи и обработки заданий. Протокол приема-передачи электронной почты. Понятие сокета. Библиотека Winsock на основе сокетной парадигме Berkley Sockets. Библиотека Winsock 2.0. Протокол и адресация DNS. Сервис Telnet. Протокол и сервис FTP. Почтовый сервис и протоколы POP3, SMTP и IMAP.</p>		6		10		

	<p>Формат почтовых сообщений. Язык HTML, каскадные стили. Язык SVG. Язык XML, стили XSL. CGI скрипты. Протокол HTTP. Язык Java. Язык Perl. Язык PHP. ASP.NET. Сетевая безопасность. Пиринговые сети. Введение в параллельные вычисления. Модель параллельного вычислителя. Существующие параллельные архитектуры: MPP, SMP, NUMA, PVP, кластерные системы, сети с разнородными вычислителями. Модели параллельного программирования (UMA, NUMA). Методологический подход к созданию параллельных алгоритмов: декомпозиция, связь, объединение. Библиотеки и технологии для параллельного программирования: OpenMP, MPI. Подходы для автоматического распараллеливания. Облачные и туманные вычисления. Модели облачных вычислений. Особенности организации приложений интернета вещей.</p>						
7.2.	<p>Темы занятий в рамках раздела: Ознакомление с реализациями протоколов представительного и прикладного уровней (Характеристика протоколов, оценка их операционных параметров. Изучение теоретических материалов)</p>	СРС			12		
	Подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена	СРС	6		31,7	1, 2, 3, 4	
	Прохождение промежуточной аттестации в форме экзамена	Э	6		4,3		

4. Образовательные технологии, учебно-методическое и информационное обеспечение для освоения дисциплины

- для освоения дисциплины необходимо регулярное посещение лекций и повторение пройденного материала;

- самостоятельная работа студентов включает повторение пройденного материала и изучение рекомендованных разделов из основной и дополнительной литературы;

- промежуточная аттестация по дисциплине выполняется в виде контрольной работы по освоенному материалу.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций, и методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения, приведены в Приложении 1 к рабочей программе «Фонд оценочных средств».

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для текущей аттестации, и методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов текущей аттестации, приведены в Приложении 2 к рабочей программе «Примерные оценочные средства текущей аттестации».

4.1. Рекомендуемая литература и учебно-методическое обеспечение

№ п/п	Авторы / составители	Заглавие	Издательство	Год издания, количество страниц
Основная литература				
1.	Олифер В.Г., Олифер Н.А.	Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов	СПб.: Питер	2020 г., 1008 с.
2	Сущенко С.П.	Математические модели компьютерных сетей	Томск: Издательский Дом Томского государственного университета	2017 г., 272 с.
Дополнительная литература				
3	Михеев П.А., Сущенко С.П.	Математические модели сетей уровня доступа	Новосибирск: Наука	2015 г. 232 с.
4	Гольдштейн Б.С.	Инфокоммуникационные сети и системы	СПб.: БХВ- Петербург	2019 г. 208 с.

4.2. Базы данных и информационно-справочные системы, в том числе зарубежные

1. Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] / Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ: [сайт]. – [Томск, 2011–2022]. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>.

4.3. Перечень лицензионного и программного обеспечения

MS Windows; MS Office.

4.4. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины необходимы лекционные аудитории. Специальные технические средства (проектор, компьютер и т.д.) требуются для демонстрации материала в рамках изучаемых разделов, проведения защиты проектов в конце семестра. Вся основная и дополнительная литература, необходимая для самостоятельной работы и подготовки к

экзамену, имеется в научной библиотеке ТГУ.

5. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины

Обучающимся необходимо на лекциях строго фиксировать содержание излагаемого материала, перед каждой следующей лекцией освежать содержание предыдущей (при необходимости – предыдущих) лекции. В случае трудностей восприятия содержания – готовить вопросы преподавателю к очередной лекции.

6. Преподавательский состав, реализующий дисциплину

Сущенко Сергей Петрович, д-р. техн. наук, профессор
заведующий кафедры прикладной информатики ИМПКи ТГУ.

7. Язык преподавания – русский язык.

8. Форма промежуточной аттестации: Экзамен. Экзаменационная оценка по дисциплине выставляется как среднеарифметическая из итогов текущего контроля успеваемости. Текущий контроль успеваемости осуществляется на контрольных неделях семестра.