

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ РОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАДИО
ИМЕНИ М.И. КРИВОШЕЕВА»

Согласовано

Заместитель генерального
директора ФГБУ НИИР по
науке, канд. техн. наук, доцент


А.А. Захаров
«28» декабря 2022 г.

Утверждаю

И.о. генерального директора
ФГБУ НИИР, канд. воен. наук


О.А. Иванов
«28» декабря 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
СИСТЕМЫ, СЕТИ И УСТРОЙСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Направление подготовки:	2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций
Профиль подготовки:	2.2 – Электроника, фотоника, приборостроение и связь
Квалификация выпускника:	исследователь, преподаватель-исследователь
Форма обучения:	очная

Москва, 2022 г.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ РОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАДИО
ИМЕНИ М.И. КРИВОШЕЕВА»

Согласовано

Заместитель генерального
директора ФГБУ НИИР по
науке, канд. техн. наук, доцент

А.А. Захаров

« ____ » _____ 20__ г.

Утверждаю

И.о. генерального директора
ФГБУ НИИР, канд .воен .наук

О.А. Иванов

« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
СИСТЕМЫ, СЕТИ И УСТРОЙСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Направление подготовки:	2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций
Профиль подготовки:	2.2 – Электроника, фотоника, приборостроение и связь
Квалификация выпускника:	исследователь, преподаватель-исследователь
Форма обучения:	очная

Москва, 2022 г.

Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», на основании федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре от 20.10.2021.

Одобрена и утверждена на заседании Президиума НТС ФГБУ НИИР. Протокол №4/1-П-2022 от 22.12.2022.

Разработчики:

Веерпалу В.Э., Директор НТЦ А ЭМС ФГБУ НИИР,
д.т.н.

Мырова Л.О., ведущий научный сотрудник НТЦ А
ЭМС ФГБУ НИИР, д.т.н.

Корж В.А., заместитель директора
НТЦ А ЭМС ФГБУ НИИР, к.т.н.

Иванкович М.В., заместитель директора ЦИПБТС
ФГБУ НИИР, к.т.н.

Содержание

1. Цели и задачи освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы высшего образования.....	5
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	5
4. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	6
5. Содержание дисциплины	6
6. Рекомендуемые образовательные технологии.....	9
7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	10
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	10
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	11
Аннотация рабочей программы дисциплины	12

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины: наделить кадры высшей квалификации (исследователей и преподавателей-исследователей), подготавливаемые в Аспирантуре ФГБУ НИИР для телекоммуникационной отрасли страны, универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями, позволяющими на высоком научно-техническом уровне решать вопросы развития российской информационной инфраструктуры:

обеспечение пропускной способности, качества и устойчивости функционирования (надежности и живучести) сетей связи общего пользования, технологических сетей связи и сетей специального назначения страны;

передача современных знаний в области развития информационной инфраструктуры специалистам по проектированию, строительству и эксплуатации сетей связи общего пользования, технологических сетей связи и сетей специального назначения страны.

Задачи освоения дисциплины:

1. Углубленное понимание теоретических основ построения систем и сетей связи.
2. Представление о динамике инновационного развития информационной инфраструктуры.
3. Освоение методик теоретических и экспериментальных исследований в предметной области.
4. Освоение способов совершенствования технологий транспорта и доступа фиксированных и подвижных сетей связи.
5. Углубленное понимание принципов построения всемирной системы объединенных компьютерных сетей для передачи и хранения информации.
6. Ознакомление с особенностями построения подсистем сигнализации, частотно-временного обеспечения и управления современных сетей связи и сетей связи последующих поколений.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы высшего образования

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана, трудоёмкость дисциплины составляет 7 зачётных единиц, форма итогового контроля – экзамен кандидатского минимума.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины аспирант должен обладать следующими компетенциями:

а) универсальными компетенциями (УК):

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

б) общепрофессиональными компетенциями (ОПК):

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

– способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

– готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);

в) профессиональными компетенциями (ПК):

– способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направлению 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций (ПК-1);

– способностью ставить и решать прикладные учебно-методические задачи, обосновать выбор методик преподавания специальных дисциплин в ВУЗе (ПК-2).

4. Объём дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зачётных единиц (ЗЕ).

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Курс	
		1	2
Аудиторные занятия (всего)			
В том числе:			
Лекции (Л)	2	1	1
Семинары (С)	3	2	1
Самостоятельная работа (всего)			
В том числе:			
Курсовой проект	2		2
Вид аттестации (зачёт, экзамен)		зачёт	экзамен
Общая трудоёмкость	зач. ед.	7	3
	час	252	108
		4	144

5. Содержание дисциплины

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Общие сведения	Информационная инфраструктура. Роль информационной инфраструктуры в современном обществе. Информационно-экономические законы. Инновационный путь развития информационной инфраструктуры. Телекоммуникационные услуги. Прогнозирование оптимальных темпов внедрения инноваций. Требования к устойчивости функционирования и качеству сетей связи.
2.	Теоретические основы построения систем и сетей связи	Сигналы и спектры. Форматирование и узкополосная модуляция. Узкополосная демодуляция/обнаружение. Полосовая модуляция и демодуляция. Анализ канала связи. Канальное кодирование. Синхронизация. Уплотнение и

		множественный доступ. Методы расширенного спектра. Кодирование источника. Шифрование и дешифрование
3.	Инфокоммуникации. Тенденции развития	Общие характеристики инфокоммуникаций XX века и начала III тысячелетия. Инфокоммуникации России на современном этапе. Стратегическая задача развития инфокоммуникационного комплекса России.
4.	Эволюция сетевых технологий	Трехуровневая иерархическая архитектура аналоговой единой автоматизированной сети связи России. Концепция «Транспорт-Доступ» – плоскостная модель цифровой сети связи. Конвергенция информатики и связи; трехслойная неиерархическая модель сети. Сети связи последующих поколений.
5.	Среда передачи	Симметричные и коаксиальные кабели связи. Параметры передачи и характеристики взаимного влияния кабельных цепей. Решение уравнений Максвелла для цилиндрических оптических волноводов. Многомодовые и одномодовые оптические волокна. Рекомендации МСЭ-Т G.650 – G.657. Рассеяние, дисперсия, интерференция, дифракция света. Нелинейные оптические эффекты: четырехволновое смешивание, самофазовая модуляция. Оптические кабели.
6.	Технологии транспортных сетей и сетей доступа	Транспортные технологии: PDH, SDH, ATM, FR. Основные технические характеристики транспортных модулей STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, STM-256. Гибкие мультиплексоры. Волоконно-оптические системы передачи. Оптические усилители. Оптические мультиплексоры и демультимплексоры. Оптические коммутаторы и кроссконнекторы. Оптические изоляторы и фильтры. Источники и приемники оптического излучения. Расчет длины усилительного участка. Расчет длины регенерационного участка. Оптические транспортные сети. Оптимизация структуры транспортной сети по критерию минимальной стоимости. Резервирование стандартных структур: резервирование в линейных структурах (MSP, плоское кольцо), резервирование соединений подсети, посекционное кольцевое резервирование. Технологии TDM, DWDM и CWDM. Оптическая передача – предельные возможности. Транспортные технологии СЦИ, ATM и IP. Технологии проводного доступа xDSL. Технологии FTTZ, FTTC, FTTO, FTTH, HFC. Оптические сети доступа xPON. Технологии безволоконной оптики.
7.	Технологии подвижной связи	Технологии наземной мобильной связи. Методы множественного доступа (FDMA, TDMA, CDMA). Принцип частотно-территориального планирования. Стандарты первого (NMT, AMPS), второго (GSM, TDMA, CDMA), третьего (IMT-2000) и четвертого поколения: ключевые отличия. Архитектура сетей подвижной связи стандарта GSM (GPRS, CDMA, UMTS, LTE, LTE+), состав оборудования и его функции. Процедура установления соединения. Хендовер. Роуминг. Системы спутниковой связи.
8.	Сигнализация в сетях связи	Методология спецификации и описания систем сигнализации. Сигнализация по двум выделенным сигнальным каналам. Сигнализация по трехпроводным соединительным линиям.

		Одно- и двухчастотные системы сигнализации. Многочастотные системы сигнализации. Сигнализация по одному выделенному сигнальному каналу. Специальные процедуры обслуживания вызовов. Системы сигнализации МККТТ. Система общеканальной сигнализации №7. Анализ, тестирование и преобразование протоколов сигнализации.
9.	Телефонная сеть	Системы коммутации: машинные, декадно-шаговые, координатные, электронные. Нагрузка. Структура телефонной сети: транзитный уровень, уровень концентрации абонентской нагрузки, уровень сети абонентского доступа. Маршрутизация и нумерация. Услуги. ЦСИС.
10.	Интеллектуальная сеть	Базовые и дополнительные услуги: универсальный номер доступа, бесплатный вызов, персональный номер, услуги за дополнительную оплату, услуги альтернативной оплаты. Структура интеллектуальной сети. Назначение функциональных узлов ИСС.
11.	Интернет	Принцип построения Интернет. Адресация в Интернет. Маршрутизация в Интернет. IP-телефония. Электронная почта. Взаимодействие Интернет и ТФОП. Взаимодействие ИСС и Интернет. Перспективы развития Интернета.
12.	Частотно-временное обеспечение сетей связи	Время и стандарты частоты. Сети синхронизации, их архитектура и проектирование. Распределение сигналов точного времени. Аппаратура и оборудование сетей ТСС и ЕТВ. Синхронизация широкополосных сетей связи. Вопросы метрологии, аудита, мониторинга и управления сетями ТСС и ЕТВ. Единая система координатно-временного и навигационного обеспечения Российской Федерации. Сотрудничество стран в области синхронизации и единого точного времени.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	Номера разделов дисциплины, необходимые для изучения последующих дисциплин												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.	Информационная безопасность				v	v			v				v	

5.3 Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Часы для видов занятий		
		лекция	семинар	самостоятельная работа
1.	Общие сведения	4		
2.	Теоретические основы построения систем и сетей связи	8		72
3.	Инфокоммуникации. Тенденции развития	4		
4.	Эволюция сетевых технологий	4	36	
5.	Среда передачи	8		

6.	Технологии транспортных сетей и сетей доступа	6	36	
7.	Технологии подвижной связи	6		
8.	Сигнализация в сетях связи	6		
9.	Телефонная сеть	6		
10.	Интеллектуальная сеть	6		
11.	Интернет	8	36	
12.	Частотно-временное обеспечение сетей связи	6		

5.4 Лабораторный практикум

Не предусматривается учебным планом.

5.5 Практические занятия

Не предусматривается учебным планом.

5.6 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Тенденции развития инфокоммуникаций. Эволюция сетевых технологий. ВОЛС на транспортных сетях и сетях доступа. Технологии транспортных сетей и сетей доступа. Технологии сотовой связи. Системы спутниковой связи. Сигнализация в сетях связи. Телефонная сеть. Интеллектуальная сеть. Интернет. Частотно-временное обеспечение сетей связи.

6. Рекомендуемые образовательные технологии

Активные и интерактивные формы проведения занятий являются основными при реализации образовательной программы. Вовлечение аспирантов в работу действующих исследовательских групп ФГБУ НИИР

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Номер раздела, темы	Вид занятия: лекция (Л), семинар (С)	Используемая интерактивная образовательная технология	Кол-во часов
11	Л	Лекция-дискуссия	4
5 - 12	С	Научно-техническая конференция	16
Итого:			20

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Объём самостоятельной работы аспиранта приведен в п. 4 рабочей программы.

При изучении дисциплины аспирант должен достаточно много работать самостоятельно, особенно при подготовке к семинару - научно-технической конференции. Для обеспечения эффективного усвоения аспирантами материалов дисциплины аспирантам передается перечень актуальных вопросов, которые подлежат изучению, список основной и дополнительной литературы для самостоятельной работы, тематика рефератов. Готовится перечень актуальных тем диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук по направлению 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Контроль текущего уровня усвоения изученного материала в течение семестра осуществляется путём собеседований, а также в форме защиты реферата. Промежуточная аттестация в 1 семестре – зачёт с оценкой.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Рекомендуемая литература

а) основная литература

1. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 400 с.
2. Берлин А.Н. Телекоммуникационные сети и устройства. – М.: Бином. – 2014. – 314 с.
3. Самуйлов К.Е., Шалимов И.А., Кулябов Д.С. и др. Сети и системы передачи информации: телекоммуникационные сети. – 2014. – 364 с.

а) дополнительная литература

1. Аджемов А.С., Кучерявый А.Е. Система сигнализации ОКС №7. – М.: Радио и связь. 2002. – 368 с.
2. Анфилофьев С.А. и др. Перспективные телекоммуникационные технологии. Потенциальные возможности / Под ред. Л.Д. Реймана и Л.Е. Варакина. – М.: МАС, 2001. – 256 с.
3. Бернард Скляр Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с. ил.
4. Варакин Л.Е. Информационно-экономический закон. Взаимосвязь инфокоммуникационной инфраструктуры и экономики. – М.: МАС, 2006. – 160 с.
5. Варакин Л.Е. Основы теории развития инфокоммуникаций и ее практическое применение /В сборнике «Связь России в XXI веке» п/р проф. Варакина Л.Е. – М.: Международная Академия связи, 1999. Стр. 543-575.
6. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. – М.: Сов. радио, 1978. – 304 с.
7. Варакин Л.Е. Цифровой разрыв в глобальном информационном обществе. Теория и практика измерений. – М.: МАС, 2004. – 272 с.
8. Васильев А.Б. и др. Тестирование сетей связи следующего поколения. Под ред. Кучерявого А.Е. / М.: ФГУП ЦНИИС, 2008. – 144 с.
9. Концепция развития отрасли «Связи и информатизация» Российской Федерации / Под ред. Л.Д. Реймана и Л.Е. Варакина. – М.: МАС, 2001. – 340 с.
10. Кучерявый А.Е., Цуприков А.Л. Сети связи следующего поколения / М.: ФГУП ЦНИИС, 2006. – 280 с.
11. Меккель А.М. Полностью оптическая транспортная сеть / М.: ФГУП ЦНИИС, 2008. – 104 с.

12. Современные проблемы частотно-временного обеспечения сетей электросвязи. Сборник трудов международных научно-технических конференций. – М.: ФГУП ЦНИИС, 2010. – 372 с.
13. Грязев А.Н. Способы организации, классификации и основные технологии транспорта виртуальных частных сетей // Электросвязь. – 2015. – №5.
14. Грязев А.Н. Формализованное описание технологии транспорта виртуальных частных сетей // Электросвязь. – 2015. – №5.
15. Инфокоммуникации XXI века: технологии, услуги, качество – М.: МАС, 2001. – 240 с.
16. Инфокоммуникации информационного общества. Книга 1. Под ред. Проф. Л.Е. Варакина – М.: МАС, 2006. – 544 с.
17. Инфокоммуникации информационного общества. Книга 2. Под ред. Проф. Л.Е. Варакина – М.: МАС, 2006. – 416 с.
18. Нормы приемо-сдаточных измерений элементарных кабельных участков волоконно-оптических линий передачи сети общего пользования / Госкомсвязи России, Приказ № 97, 17.12.1997.
19. Соловьев С.П. Термины, определения и сокращения в отрасли «Связь» – М.: ФГУП ЦНИИС, 2006. – 480 с.
20. Цым А.Ю., Деарт И.Д. Статистическое нормирование затухания оптических волокон на регенерационных участках ВОСП Электросвязь. – 1994. – №3. – С. 13-15.
21. Цым А.Ю., Камалыгин В.И. Междугородные симметричные кабели для цифровых систем передачи. – М.: Радио и связь, 1984. – 160 с., ил.
22. Широкополосная связь в России в начале XXI века. Под ред. Л.Е. Варакина и Ю.С. Шинакова – М.: МАС, 2008. – 246 с.

8.2. Информационное и программное обеспечение (Интернет ресурсы)

1. <https://www.itu.int/> - сайт Международного союза электросвязи
2. Программные средства MS Office, включая MS Excel, MS Visio.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционно-демонстрационный класс.
Проектор.
Компьютеры, с подключением к Интернет.

Аннотация рабочей программы дисциплины СИСТЕМЫ, СЕТИ И УСТРОЙСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Направление подготовки: 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций
Профиль подготовки: 2.2 – Электроника, фотоника, приборостроение и связь
Квалификация выпускника: исследователь, преподаватель-исследователь
Форма обучения: очная.

Общая трудоёмкость дисциплины, изучаемой на 1-м и 2-м курсах по направлению подготовки, составляет 7 зачётных единиц. Форма контроля изучения дисциплины – экзамен кандидатского минимума.

Цели и задачи освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины: наделить кадры высшей квалификации (исследователей и преподавателей-исследователей), подготавливаемые в Аспирантуре ФГБУ НИИР для телекоммуникационной отрасли страны, универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями, позволяющими на высоком научно-техническом уровне решать вопросы развития российской информационной инфраструктуры:

обеспечение пропускной способности, качества и устойчивости функционирования (надёжности и живучести) сетей связи общего пользования, технологических сетей связи и сетей специального назначения страны;

передача современных знаний в области развития информационной инфраструктуры специалистам по проектированию, строительству и эксплуатации сетей связи общего пользования, технологических сетей связи и сетей специального назначения страны.

Задачи освоения дисциплины:

1. Углубленное понимание теоретических основ построения систем и сетей связи.
2. Представление о динамике инновационного развития информационной инфраструктуры.
3. Освоение методик теоретических и экспериментальных исследований в предметной области.
4. Освоение способов совершенствования технологий транспорта и доступа фиксированных и подвижных сетей связи.
5. Углубленное понимание принципов построения всемирной системы объединенных компьютерных сетей для передачи и хранения информации.
6. Ознакомление с особенностями построения подсистем сигнализации, частотно-временного обеспечения и управления современных сетей связи и сетей связи последующих поколений.

Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины аспирант должен обладать следующими компетенциями:

а) универсальными компетенциями (УК):

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

б) общепрофессиональными компетенциями (ОПК):

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием

новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

– способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

– готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);

в) профессиональными компетенциями (ПК):

– способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направлению 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций (ПК-1);

– способностью ставить и решать прикладные учебно-методические задачи, обосновать выбор методик преподавания специальных дисциплин в ВУЗе (ПК-2).

Основные разделы дисциплины

1. Теоретические основы построения систем и сетей связи
2. Инфокоммуникации. Тенденции развития
3. Эволюция сетевых технологий
4. Среда передачи
5. Технологии транспортных сетей и сетей доступа
6. Технологии подвижной связи
7. Сигнализация в сетях связи
8. Телефонная сеть
9. Интеллектуальная сеть
10. Интернет
11. Частотно-временное обеспечение сетей связи

Разработчики:

Веерпалу В.Э., Директор НТЦ А ЭМС ФГБУ НИИР,
д.т.н.

Мырова Л.О., ведущий научный сотрудник НТЦ А
ЭМС ФГБУ НИИР, д.т.н.

Корж В.А., заместитель директора
НТЦ А ЭМС ФГБУ НИИР, к.т.н.

Иванкович М.В., заместитель директора ЦИПБТС
ФГБУ НИИР, к.т.н.