

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ и ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
А.В. Германенко  
2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
Системы, сети и устройства телекоммуникаций

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Программа аспирантуры</b> Системы, сети и устройства телекоммуникаций	<b>Код ПА 2.2.15</b>
<b>Группа специальностей</b> Электроника, фотоника, приборостроение и связь	<b>Код 2.2</b>
<b>Федеральные государственные требования (ФГТ)</b>	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
<b>Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)</b>	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург  
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение
1	Чечеткин Виктор Алексеевич	-	Младший научный сотрудник	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Иванов Вячеслав Элизбарович	д.т.н.	Профессор	Кафедра радиоэлектроники и телекоммуникаций

**Рекомендовано:**

учебно-методическим советом института  
радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ  
Протокол № 12 от 17.05.2022

Председатель УМС института



Т.И. Алферьева

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ** Системы, сети и устройства телекоммуникаций

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Настоящая программа базируется на вузовских дисциплинах, соответствующих государственному образовательному стандарту по направлениям «Радиотехника» и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»: основы теории цепей, электромагнитные поля и волны, электроника, схемотехника цифровых устройств, схемотехника аналоговых устройств, основы построения инфокоммуникационных систем и сетей, электропитание устройств и систем телекоммуникаций системы коммутации, цифровые системы передачи.

## **1.2. Язык реализации дисциплины – русский.**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- направления технического прогресса в области формирования и обработки информационных сигналов в радиотехнике и системах связи;
- способы обеспечения соответствия объектов профессиональной деятельности мировым стандартам и требованиям к техническому уровню, качеству и сертификации радиотехнических устройств и систем;
- новые материалы и технологии;
- новые методы формирования и обработки сигналов и изображений;
- современные тенденции и методы повышения эффективности и надёжности систем, сетей и устройств телекоммуникаций;
- технико-экономические проблемы выбора параметров технического оборудования;
- основы современных методов технико-экономического анализа применительно к задачам систем, сетей и устройств телекоммуникаций.

Уметь:

- определять эффективность проектируемых изделий на основе технических расчётов и анализа;
- анализировать информацию, получаемую с помощью компьютерных технологий, и принимать соответствующие решения;
- анализировать информацию, получаемую от технических объектов, и принимать на её основе обоснованные технические решения;
- определять возможные направления совершенствования систем, сетей и устройств телекоммуникаций.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- методами анализа и синтеза систем, сетей и устройств телекоммуникаций;
- практическими навыками проектирования различных элементов и устройств, и оценки их эффективности;
- представлениями о проблемах и методах обеспечения надёжности и помехоустойчивости систем, сетей и устройств телекоммуникаций.
- методами проведения расчетов и вычислительных экспериментов на ЭВМ для оценки показателей эффективности устройств;
- методами работы с научно-технической документацией, технической литературой и другими информационными источниками для решения профессиональных задач.

#### 1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	4
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
4.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	0,6	104
5.	Промежуточная аттестация	36	2,33	э
6.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6,93	108
7.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

#### 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Статистическая теория связи	Статистическая теория связи Радиосигналы Кодирование источников и каналов связи Принципы многоканальной связи Модемы каналов связи Сообщения, сигналы и помехи в каналах связи Преобразование сигналов и помех в каналах связи Помехоустойчивость систем передачи сообщений Потенциальные возможности передачи сообщений по каналам связи
P2	Системы и сети телекоммуникаций	Элементы теории массового обслуживания Сети массового обслуживания Архитектура систем и сетей телекоммуникаций
P3	Предоставление основных информационных услуг сетями телекоммуникаций	Предоставление основных информационных услуг сетями телекоммуникаций Предоставление интегрированных информационных услуг

#### 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

### 3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

#### 3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Тематика рефератов должна рассматривать аналитический обзор научно-технической литературы.

1. Основные направления развития телекоммуникационных систем.
  2. Современные проблемы развития информационных услуг в телекоммуникационных сетях.
  3. Архитектура систем и сетей телекоммуникаций.
- Объем реферата 20–25 страниц машинописного текста формата А-4.

#### 3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

## 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 1)

### 4.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)

<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.
----------------------------	--	--	--

## 4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

### 4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Общие сведения о системах и сетях телекоммуникаций.
2. Информация, сообщения, сигналы. Системы и сети телекоммуникаций – среда информационного обмена, их назначения, задачи, состав предоставляемых услуг.
3. Понятие несущего сигнала. Классификация сигналов, база сигнала, Частотно-временная матрица. Простые и сложные (составные) сигналы. Генерация сигналов разных типов.
4. Модуляция и детектирование сигналов. Спектры модулированных сигналов.
5. Огибающая фаза и частота узкополосного сигнала. Аналитические сигналы.
6. Основные виды модуляции, применяемые в каналах систем телекоммуникаций.
7. Свойства и использование однополостной модуляции. Особенности модуляции и детектирования при дискретном модулирующем сигнале.
8. Корреляционная функция и спектральная плотность мощности гармонических сигналов, модулированных случайным процессом.
9. Спектры сложных сигналов. Полососберегающие сигналы.
10. Избыточность источника сообщения и причины её появления. Классификация методов уменьшения избыточности, уменьшение статистической и семантической избыточности. Теорема К. Шеннона о кодировании источника. Конструктивные методы кодирования источников, кодирование речевых сигналов и сигналов видео изображений.
11. Задача помехоустойчивого кодирования. Классификация помехоустойчивых кодов.
12. Блочные коды и их декодирование. Примеры важнейших блочных кодов: Циклические коды, методы их декодирования. Свёрточные коды, их классификация и основные характеристики. Методы декодирования свёрточных кодов.
13. Эффективность и энергетический выигрыш кодирования. Кодирование в каналах с памятью. Нелинейное кодирование.
14. Международные стандарты сжатия речевых и видео сообщений.
15. Классификация методов уплотнения каналов. Линейные методы уплотнения каналов и доступа. Частотное, временное и фазовое разделение каналов, разделение каналов по форме сигналов. Основы линейной теории уплотнения и разделения каналов.
16. Примеры нелинейного уплотнения каналов.
17. Принципы пакетной передачи информации (незакреплённые каналы). Нарушение масштаба времени и потери при пакетной передаче информации.
18. Низкоскоростные и высокоскоростные модемы для проводных и радиолиний. Модемы волоконно-оптических каналов связи. Особенности модемов многостанционного доступа. Модемы для передачи информации по энергетическим сетям.

19. Модемы для каналов связи с переменными параметрами. Использование в модемах полососберегающих методов передачи и приёма сигналов. Особенности модемов при разнесенном приеме.
20. Классификация сообщений, сигналов и помех. Случайные процессы и их основные характеристики. Энергетические характеристики случайных процессов, энергетические спектры, свойства корреляционных функций, теорема Винера - Хинчина. Гауссовские и марковские случайные процессы. Узкополосные, случайные процессы. Выбросы случайных процессов.
21. Функциональные пространства и их базисы. Дискретные представления сигналов. Полные ортонормальные системы (гармонические функции Радемахера – Уолша, Лагера, Эрмита. Дискретизация аналогового процесса. Теорема отсчётов.
22. Представления случайных процессов рядами и дифференциальными уравнениями. Решётчатые функции.  $Z$  – преобразование.
23. Модели дискретных и непрерывных источников информации.
24. Методы анализа стационарных и переходных режимов каналов связи. Линейные каналы с постоянными параметрами. Прохождение сигналов и помех через линейные каналы с постоянными параметрами.
25. Методы анализа нелинейных каналов. Преобразование сигналов и помех в нелинейных каналах с постоянными параметрами. Статистические характеристики процессов на выходе нелинейных устройств и методы их нахождения.
26. Нелинейные устройства каналов связи: преобразователи частоты, ограничители, детекторы, генераторы, модуляторы.
27. Каналы связи с переменными параметрами, прохождение сигналов через каналы связи с переменными параметрами. Распределение энергии сигнала во временной и частотной областях.
28. Параметрическое усиление, преобразование и генерирование сигналов. Дискретные линейные каналы. Методы анализа и синтеза дискретных каналов связи и их устройств.
29. Цифровые фильтры, физическая осуществимость и устойчивость цифровых фильтров. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Характеристики цифровых фильтров. Цифровой спектральный анализ на основе дискретного и быстрого преобразования.
30. Следящие устройства каналов связи. Статистическая динамика следящих устройств. Структурные схемы следящих устройств автоматической регулировки усиления, фазовой и частотной автоматической подстройки.
31. Модели непрерывных каналов связи: канал без помех, канал с аддитивным гауссовым шумом, канал с неопределённой фазой сигнала и аддитивным шумом и канал с межсимвольной интерференцией и аддитивным шумом.
32. Модели дискретных каналов связи: двоичный симметричный канал без памяти, асимметричный канал без памяти, канал с памятью и канал с пакетными ошибками. Моделирование каналов связи.
33. Задачи синтеза оптимальных приёмников. Критерии качества приёма сообщений. Оптимальные алгоритмы приёма при полностью известных параметрах сигналов (когерентный приём), понятие согласованного фильтра. Согласованные фильтры для основных типов сигналов. Помехоустойчивость оптимального когерентного приёма дискретных сигналов.
34. Приём  $d$  сигналов в каналах с межсимвольной интерференцией.
35. Приём сигналов с неопределённой фазой (некогерентный приём). Приём в условиях флуктуаций фаз и амплитуд сигналов. Приём дискретных сообщений в каналах с сосредоточенными по спектру и импульсными помехами.
36. Особенности приёма сообщений в оптическом диапазоне волн.
37. Сравнение помехоустойчивости вариантов передачи дискретных сообщений. Прием в целом. Поэлементный приём с жёсткими и мягкими решениями. Теорема Л.И. Финка.

38. Проблема обеспечения высокой точности передачи дискретных сообщений в каналах с помехами. Потенциальные возможности дискретных каналов связи, теорема К. Шеннона для дискретного канала связи.
39. Потенциальные возможности непрерывных каналов связи при передаче дискретных сообщений. Пропускная способность канала связи.
40. Критерии помехоустойчивости передачи непрерывных сообщений. Оптимальная оценка параметров сигнала. Оптимальная демодуляция непрерывных сигналов.
41. Помехоустойчивость систем передачи непрерывных сообщений при слабых помехах. Порог помехоустойчивости. Аномальные ошибки. Оптимальная линейная фильтрация непрерывных сигналов, фильтр Колмогорова – Винера. Фильтрация Калмана.
42. Решение задачи нелинейной фильтрации. Цифровая передача непрерывных сообщений, импульсно-кодовая модуляция и кодирование с предсказанием.
43. Адаптивные методы цифрового представления непрерывных сообщений.
44. Основные понятия массового обслуживания, классификация систем массового обслуживания (СМО), типовые распределения в теории массового обслуживания, показатели эффективности СМО, теорема Литтла, области применения, методы исследования СМО.
45. Модели входных потоков. Стационарные и нестационарные потоки, пуассоновские потоки, потоки Эрланга, потоки Пальма, теорема Хинчина о сходимости суммы потоков.
46. Марковские СМО. Системы с бесконечной и конечной очередью, многолинейные СМО, СМО с отказами, СМО с конечным и бесконечным источником, методика расчёта показателей эффективности марковских СМО.
47. Полумарковские случайные процессы, метод Кендалла, анализ влияния закона распределения времени обслуживания на среднее время ожидания СМО, приоритетные СМО, виды приоритетов, методика анализа приоритетных СМО. Особенности мультиплексирования в сетях PDH и SDH.
48. Методы имитационного моделирования СМО.
49. Общие модели СМО, методы моделирования входных потоков, методы моделирования процедуры обслуживания требований, моделирование по времени и по событиям, планирование статистического эксперимента, методы сокращения времени моделирования, смешанные (аналитические и имитационные) методы анализа СМО.
50. Понятие сетей массового обслуживания.
51. Марковские сети массового обслуживания, моделирование систем передачи данных сетями массового обслуживания.
52. Представление о сетях Петри. Основные варианты использования сетей Петри для моделирования систем и сетей телекоммуникаций. Моделирование на основе кусочно-линейных агрегатов. Элементы теории предикатов и их использование для описания программно-аппаратных комплексов.
53. Представления об экспертной системе. Основные разновидности оболочек экспертных систем. Понятия математического аппарата различных нечётких множеств. Использование возможностей тензорного исчисления для моделирования программно-аппаратных комплексов.
54. Архитектура и основные элементы телекоммуникационных сетей. Архитектура взаимодействия открытых систем. Семиуровневая модель взаимодействия открытых систем (ВОС). Уровни модели и функции, реализуемые на каждом из её уровней.
55. Основные элементы модели ВОС: функциональный уровень, услуга, служба, соединение, блок данных, протокол связи. Определение протокола связи и его назначение. Понятие протокольного стека и профиля протоколов. Способы спецификации и верификации телекоммуникационных протоколов. Протоколы физического уровня. Протоколы канального уровня. Особенности протоколов для локальных и глобальных сетей. Протоколы, применяемые в локальных сетях.
56. Методы коммутации в сетях телекоммуникаций.
57. Наземные средства систем и сетей телекоммуникаций. Сети проводной телефонии.



58. Радиорелейные линии связи.
59. Системы пейджинговой радиосвязи.
60. Системы сотовой связи. Транкинговые системы связи. Специальные системы связи: войсковые, с подводными или подземными объектами и др.
61. Системы спутниковой связи. Принципы построения систем спутниковой связи (ССС). Системы орбит спутников связи. Виды, особенности и способы организации спутниковых радиолиний. Характеристики спутниковых радиолиний. Диапазоны рабочих частот СССР.
62. Принципы международного и государственного регулирования использования частот в СССР. Основные показатели СССР. Зоны видимости, покрытия, обслуживания. Пропускная способность СССР. Сеанс связи в СССР и его продолжительность. Виды трафиков в СССР. Особенности построения СССР для теле- и радиовещания, телефонии, передачи данных, для передачи мультимедийного трафика.
63. Системы радиовещательной спутниковой связи. Системы фиксированной спутниковой связи. Системы подвижной спутниковой связи. Экономические показатели и критерии экономической эффективности использования СССР.
64. Метод многостанционного доступа (МД). Способы организации многостанционного доступа. МД с частотным разделением каналов. МД с временным разделением каналов. МД с разделением по форме сигналов. Методы случайного доступа. Организация информационных и служебных каналов связи.
65. Космический сегмент СССР. Бортовое оборудование спутников связи. Спутники-ретрансляторы (СР). СР без обработки на борту. СР с обработкой на борту. Наземный сегмент СССР. Приемные, передающие и приемо-передающие земные станции (ЗС). Особенности организации спутниковых сетей на основе геостационарных и низкоорбитальных спутников связи.
66. Стратегия развития систем спутниковой связи. Примеры и особенности действующих систем.
67. Примеры и особенности низкоорбитальных систем спутниковой связи.
68. Примеры и особенности среднеорбитальных систем спутниковой связи.
69. Особенности построения орбитальной группировки.
70. Системы связи с использованием геостационарных спутников.
71. Дальность радиосвязи. Расчет энергетического потенциала радиолинии. Факторы, ограничивающие дальность действия канала радиосвязи: энергообеспечение, влияние параметров канала (затухание, рефракция и т.п.), помехи и др.
72. Принципы обеспечения информационной безопасности систем и сетей телекоммуникаций.
73. Оценка уязвимости информации. Определение требований к защите информации. Функции и задачи защиты информации. Средства защиты и системы защиты информации. Криптографические методы и средства защиты. Защита информации в компьютерных системах.
74. Речевой сигнал, его особенности и характеристики. Звуки, фонемы, форманты. Распознавание речи слуховым аппаратом человека.
75. Статистические характеристики речевых сигналов: интервал стационарности, законы распределения, энергетический спектр, корреляционная функция и разборчивость речи.
76. Вокодеры: полосный, формантный, гомоморфный, линейный предсказатель речи (липредер), фонемный вокодер.
77. Скремблеры, работающие в частотной, временной, частотно-временной областях.
78. Цифровое скремблирование речи.
79. Методы модуляции при передаче речевых сигналов.
80. Передача речевых сигналов в общем пакете, проблема нарушения масштаба времени.
81. Проблемы высокоточной передачи измерительной информации в телекоммуникационных системах и сетях, потери и задержки сообщений.
82. Телеметрия и оценка технического состояния объектов и технологических процессов. Интеллектуализация программ измерений.

83. Методы экономичного представления изображений. Основные стандарты кодирования изображений, используемые в сетях широкого пользования.
84. Возможности безрастрового представления изображений.
85. Согласование методов представления изображений и протоколов.
86. Экономное использование ресурсов сети при организации видеотелефонии и телеконференций.
87. Предоставление информационных услуг подвижным объектам.
88. Общие принципы и классификация систем подвижной радиосвязи. Транкинговые, сотовые, беспроводные, пейджинговые и спутниковые сети подвижной радиосвязи. Радиосети передачи данных.
89. Стандарты и системы подвижной радиосвязи первого, второго и третьего поколений. Диапазоны частот, протоколы информационного обмена, системы сетевого управления, системы сигнализации. Виды услуг, предоставляемых в сетях подвижной радиосвязи.
90. Коммутационное и терминальное оборудование систем подвижной радиосвязи.
91. Оборудование систем подвижной радиосвязи: состав и основные особенности. Основные функции; принципы построения и типы коммутационных систем.
92. Модели радиоканалов и предсказания уровня сигнала для естественных условий распространения радиоволн в условиях сельской и городской застройки. Методы частотно-территориального планирования; кластерные модели; расчет основных параметров частотного плана, параметров станций и трафика сети; методы повышения емкости сетей; проблемы электромагнитной совместимости.
93. Принципы предоставления интегрированных информационных услуг. Основные варианты построения структуры пакета. Возможности адаптации структуры пакета к характеристикам информационных потоков, эффективность адаптации. Перспективные технологии предоставления интегрированных информационных услуг: ATM и Frame Relay.
94. Сеть Internet и Internet-технологии. Сети Intranet и Web-технологии.
95. Оптимизация телекоммуникационных систем и сетей по совокупности показателей качества (включая технико-экономические).

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1.Рекомендуемая литература**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Никитин, Н.П. Прием и обработка сигналов в цифровых системах передачи: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Н.П. Никитин, В.И. Лузин. – Екатеринбург : УрФУ, 2013. – 124 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98917>.
2. Кулинич, А.П. Схемотехника электронных средств (Схемотехника) : учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / А.П. Кулинич. – Москва : ТУСУР, 2012. – 43 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/11275>.
3. Никитин, Н.П. Устройства приёма и обработки сигналов. Системы управления приемником. Устройства борьбы с помехами : учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.П. Никитин, В.И. Лузин.. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – 88 с. – Режим доступа: <http://hdl.handle.net/10995/28676>.
4. Шайдуров, Г.Я. Основы теории и проектирования радиотехнических систем : учебное пособие [Электронный ресурс] / Г.Я. Шайдуров. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2010. – 282 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229385>.
5. Манохин, А.Е. Многоканальные и многостанционные радиосистемы передачи информации : учебное пособие [Электронный ресурс] / А.Е. Манохин. – Екатеринбург:

Изд-во Уральского ун-та, 2013. 81 с. – Режим доступа: <http://study.urfu.ru/Aid/Publication/11784/1/Manohin.pdf>

6. Голиков, А.М. Сети и системы радиосвязи и средства их информационной защиты [Электронный ресурс] / А.М. Голиков. – Москва : ТУСУР, 2007. – 325 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10928>. – Загл. с экрана.

### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений : практические советы [Электронный ресурс] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Техносфера, 2012. – 1104 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233465>.
2. Духан, Е.И. Применение программно-аппаратных средств защиты компьютерной информации : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям 090102, 090105, 090106 / Е.И. Духан, Н.И. Синадский, Д.А. Хорьков ; науч. ред. Н. А. Гайдамакин. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2008. – 182 с.
3. Тихвинский В. О. Сети подвижной связи третьего поколения. Экономические и технические аспекты развития в России / В. О. Тихвинский ; под ред. Ю. Б. Зубарева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Радио и связь, 2004. – 311 с
4. Дингес С. И. Мобильная связь: технология DECT / С. И. Дингес. — М. : Солон-Пресс, 2003. — 266 с.

### 5.2. Методические разработки

1. Шостак, А.С. Формирование и передача сигналов : учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / А.С. Шостак. – Москва : ТУСУР, 2012. – 40 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10910>.
2. Трухин, М.П. Математическое моделирование радиотехнических устройств и систем: лабораторный практикум [Электронный ресурс] / М.П. Трухин. – Екатеринбург : УФУ, 2014. – 190 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98324>.

### 5.3. Программное обеспечение

Не используется

### 5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных (в том числе международным реферативным базам данных научных изданий) и информационным справочным системам. Электронно-библиотечная система УрФУ и электронная информационно-образовательная среда обеспечивает возможность индивидуального доступа для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет, как на территории образовательной организации, так и вне ее и обеспечивают одновременный доступ не менее 25% обучающихся по данному направлению подготовки.

1. Национальный открытый университет «ИНТУИТ» <http://www.intuit.ru/>.
2. Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>
4. Федеральный портал. Российское образование <http://www.edu.ru/>.
5. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru/>.
6. Российская Государственная Библиотека (Информационно-поисковая система РГБ), Москва <http://www.rsl.ru/>.
7. Российская национальная библиотека (РНБ), Санкт-Петербург <http://www.nlr.ru/>.
8. Государственная публичная научно-техническая библиотека (ГПНТБ), Москва <http://www.gpntb.ru/>.
9. Открытый международный архив электронных препринтов [arXiv.org](http://arXiv.org).
10. Базы патентов, открытый поиск [wipo.int](http://wipo.int).

11. Базы данных ВИНТИ <http://viniti.ru/>.
12. ФГБУ Федеральный институт промышленной собственности  
[http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru).
13. Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН  
<http://cnb.uran.ru/resource/katalog>.

### 5.5. Электронные образовательные ресурсы

Режимы доступа к электронно-библиотечной системе:

Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>

Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>

Электронный каталог <http://opac.urfu.ru/>

Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>

Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>

Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>

В том числе:

ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;

Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;

Scopus: <http://www.scopus.com/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

1. Центр электромагнитных измерений. Мира, 32. Безэховая камера Rainford EMC3.
  - современная эргономичная мебель для студентов (на 3 человек);
  - компьютер;
  - высокоточное оборудование немецкой компании Rohde&Schwarz – одного из мировых лидеров в разработке и производстве коммуникационного и измерительного оборудования;
  - измерительный приемник R&S ESU40, работающий в диапазоне от 20 Гц до 40 ГГц;
  - спектроанализатор R&S FSU50 (20 Гц – 50 ГГц);
  - конвекторы частоты, позволяющие расширить диапазон измерения параметров цепей и сигналов до 110 ГГц;
  - сигнальный генератор R&S SMF100A (от 1 до 43,5 ГГц)
  - векторный анализатор цепей R&S ZVA50 (двухпортовый от 10 МГц до 50 ГГц);
  - усилитель R&S BBA100 (усилитель мощности, 125 Вт, от 80 до 1000 МГц);
  - пробники измерения ближнего поля R&S® HZ-14 (до 1 ГГц);
  - пробники измерения ближнего поля R&S® HZ-15 (до 3 ГГц);
  - антенна R&S® HF907 (0,8 – 18 ГГц);
  - антенна R&S® HL050 (0,8-26 ГГц);
  - антенна R&S® HL033 (80 – 2000 МГц);
  - антенна R&S® HE300 (активная направленная 450 МГц – 8 ГГц);
  - лицензионное ПО: MS Office; Adobe Reader; System Center Endpoint Protection;
  - программное обеспечение FEKO (среда трехмерного электродинамического моделирования);
  - программное обеспечение HFSS (среда трехмерного электродинамического моделирования);
  - программное обеспечение AWR Design Environment (среда электродинамического моделирования микрополосковых устройств);
  - программное обеспечение Wireless Insite (среда трехмерного моделирования распространения радиоволн).

2. Лаборатория исследования и разработки СВЧ-устройств для телекоммуникационных систем. Мира, 32. Р-313
  - современная эргономичная мебель для студентов (на 5 человек);
  - компьютер (3 ед.);
  - мобильный анализатор параметров цепей и сигналов R&S FSH8;
  - векторный генератор R&S SMU200A (двухканальный векторный генератор до 6 ГГц с опциями всех существующих телекоммуникационных и навигационных систем);
  - векторный анализатор цепей R&S ZVA24 (четырёхпортовый от 10 МГц до 24 ГГц);
  - анализатор сигналов R&S FSQ26 (от 20 Гц до 26 ГГц);
  - лицензионное ПО: MS Office; Adobe Reader; System Center Endpoint Protection;
  - программное обеспечение FEKO (среда трехмерного электродинамического моделирования);
  - программное обеспечение HFSS (среда трехмерного электродинамического моделирования);
  - программное обеспечение AWR Design Environment (среда электродинамического моделирования микрополосковых устройств);
  - программное обеспечение Wireless Insite (среда трехмерного моделирования распространения радиоволн).
3. Компьютерный класс. Мира, 32. Р-406
  - современная мебель для студентов (на 18 человек);
  - компьютер (18 ед.); мультимедийный проектор;
  - маркерная доска.
  - лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, , System Center Endpoint Protection
4. Ситуационный центр. Мира, 32. Р-317
 

Современная эргономичная мебель для аспирантов и профессорско-преподавательского состава на 10 мест (возможно размещение дополнительно 6 мест); оборудование:

  - видеостена NEC X462UN;
  - контроллер видеостены JUPITER FC4000;
  - мультимедиа проектор EpsonEB-450;
  - интерактивная доска HitachiFX-DUO-88-W;
  - панель управления AMXNXD-435-BL;
  - контроллер AMX NI-3100;
  - управление питанием оборудования Shturman D12SS0;
  - матричный коммутатор видео KRAMER VP437;
  - матричный коммутатор аудио стерео EXTRON;
  - система видеоконференц связи:
  - tandberg 6000 MXP Codec;
  - видеокамеры Tandberg Precision HD;
  - центральный блок управления микрофонами участников Beuerdynamic;
  - микрофонные пульта Bosh CCS-DL;
  - аудиоплатформа BIAMP Nexia TC;
  - усилитель-распределитель Apart CONCEPT 1;
  - усилитель мощности ROLLSRA2100B;
  - трибуна с ПК для презентаций (с сенсорным экраном и коммутацией для ноутбука, микрофон);
  - wi-Fi с доступом в Интернет;
  - стол с микрофонами (8 шт.) и интерфейсами на 8 ноутбуков (HDMI, VGA, звук, Ethernet) на 10 мест (возможно размещение дополнительно 6 мест);
  - кондиционер;
  - рабочее место администратора;
  - ПО управления ситуационным центром iRidium;

–лицензионное ПО: MS Office, Windows, System Center Endpoint Protection/