

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

Радиолокация и радионавигация

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры Радиолокация и радионавигация	Код ПА 2.2.16
Группа специальностей Электроника, фотоника, приборостроение и связь	Код 2.2
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	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	Боков Александр Сергеевич	к.т.н.	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи

Рекомендовано:

учебно-методическим советом института

радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ

Протокол № 12 от 14.05.2022

Председатель УМС института



Т.И. Алферьева

Согласовано:

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ Радиолокация и радионавигация

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Настоящая программа базируется на вузовских дисциплинах, соответствующих государственному образовательному стандарту по направлению «Радиотехника»: радиотехнические цепи и сигналы; электродинамика и распространение радиоволн; схемотехника аналоговых устройств; схемотехника цифровых устройств; микропроцессоры; устройства СВЧ и антенны; электроника; основы формирования и обработки сигналов; устройства приема и преобразования сигналов; вычислительные устройства и системы; радиотехнические системы.

1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные типы радиоэлектронных схем;
- принципы функционирования радиоэлектронных устройств в ВЧ и СВЧ диапазонах;
- теоретические методы анализа и синтеза радиоэлектронных устройств;
- тенденциях развития электроники, элементной и технологической базы радиолокации и радионавигации и влиянии этого развития на выбор перспективных технических решений, обеспечивающих конкурентоспособность разрабатываемой аппаратуры;
- методы теоретического и экспериментального исследований устройств формирования и генерирования и обработки сигналов;
- методы выбора радиоэлектронных устройств для конкретных применений;
- методы построения и способы реализации на ЭВМ имитационных моделей радиоэлектронных устройств формирования и обработки сигналов.

Уметь:

- осуществлять синтез структурных и электрических схем радиолокации и радионавигации, грамотно и целенаправленно осуществлять оптимизацию параметров и структуры схем;
- использовать научно-техническую и справочную литературу.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- методами выполнения инженерных расчетов и принятия профессиональных решений по проектированию устройств радиолокации и радионавигации;
- моделями активных приборов, используемых в радиолокации и радионавигации;
- методами, необходимыми для выбора элементной базы и конструкторских решений с учетом требований надежности, устойчивости к воздействию окружающей среды, электромагнитной совместимости и технологичности;
- 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 радиотехнических систем	Статистическая теория обработки сигналов в радиотехнических системах Шумы и помехи как случайные процессы Критерии и решающие правила оптимального обнаружения Информативные и неинформативные параметры сигналов Общие сведения о разрешении и распознавании сигналов
P2	Радиотехнические системы	Системы и устройства радиолокации Системы и устройства радионавигации Особенности передачи информации в многопозиционных радиолокационных и радионавигационных системах Системы и устройства разрушения информации Радиолокационные устройства в биологии, медицине, метрологии и других отраслях Проектирование и конструирование радиоэлектронных средств
P3	Радиотехнические устройства	Излучение, распространение и прием радиоволн Устройства генерирования и формирования сигналов Устройства приема и преобразования сигналов

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 радиолокационных устройств.
2. Современные проблемы развития радионавигационных систем.
3. Устройства радиолокации и радионавигации.

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
Знания	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.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует

	решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	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. Сообщения, сигналы и помехи. Передача, извлечение и разрушение информации. Радиосигналы. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры. Радиосигналы со сложной (смешанной) модуляцией и их спектры.
2. Шумы и помехи как случайные процессы. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов. Энергетические характеристики случайных процессов. Моментные и корреляционные функции. Спектральная плотность. Свойства корреляционных функций. Теорема Винера-Хинчина.
3. Стационарность и эргодичность случайных процессов. Автокорреляционные и взаимные корреляционные функции. Непрерывность и дифференцируемость случайных процессов. Интегрирование случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому. Импульсные и точечные случайные процессы. Марковские процессы. Узкополосные случайные процессы. Статистические характеристики огибающей, фазы и их производных для суммы сигнала и узкополосного шума. Выбросы случайных процессов.
4. Критерии и решающие правила оптимального обнаружения: критерий Байеса, минимаксный критерий, критерий Неймана-Пирсона, критерий Вальда и др. Показатели качества обнаружения сигналов. Методы синтеза оптимальных обнаружителей. Обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов на фоне «белого» шума. Обнаружение пачек когерентных и некогерентных радиоимпульсов в «белом» шуме.
5. Корреляционная, фильтровая и корреляционно-фильтровая обработка сигналов. Обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов, в том числе и многоканальное, на фоне гауссовых коррелированных помех. Обесцвечивающие фильтры.
6. Обнаружение пространственно-временных сигналов, многоканальная схема обработки. Условия разделения пространственно-временной обработки на отдельные пространственную и временную.
7. Пространственный фильтр и коррелятор. Реализация пространственных фильтров и корреляторов с помощью ФАР.

8. Информативные и неинформативные параметры сигналов. Оценки параметров сигналов. Байесовские и небайесовские оценки и их свойства. Оценка максимального правдоподобия и ее свойства. Неравенство Крамера-Рао. Потенциальная точность измерения параметра.
9. Многоканальный и следящий измерители. Оценивание энергетических и неэнергетических параметров сигнала на фоне «белого» шума. Функция рассогласования сигнала и ее связь с потенциальной точностью измерений.
10. Оценивание времени запаздывания, частоты и фазы различных моделей сигнала. Оценивание параметров стохастических сигналов.
11. Виды оценивания: фильтрация, интерполяция и экстраполяция. Байесовы правила оценивания. Марковская аппроксимация сигналов. Стохастическое уравнение оптимальной фильтрации (уравнение Стратоновича).
12. Линейная фильтрация. Непрерывный и дискретный фильтр Калмана. Нелинейная фильтрация. Синтез алгоритмов методом гауссовского приближения. Оценочно-корреляционная обработка сигналов.
13. Параметрическая и непараметрическая априорная неопределенность. Методы синтеза алгоритмов обработки при параметрической априорной неопределенности. Адаптивные алгоритмы. Адаптивные многоканальные (в том числе двухканальные) компенсаторы помех с корреляционной обратной связью.
14. Автокомпенсаторы коррелированных помех. Методы синтеза алгоритмов при непараметрической априорной неопределенности. Использование знаковых, порядковых и ранговых статистик для обнаружения сигналов.
15. Робастное оценивание параметров сигнала. Оценки типа максимального правдоподобия (М-оценки). Робастное обнаружение. Адаптивно-робастное обнаружение. Робастное оценивание времени запаздывания, частоты и фазы различных моделей сигнала.
16. Общие сведения о разрешении и распознавании сигналов (объектов). Характеристики (признаки) объектов и сигналов, используемые для разрешения и распознавания. Взаимосвязь задач разрешения и распознавания. Показатели качества разрешения и распознавания и решающие правила.
17. Упрощенная процедура распознавания. Алгоритмы разрешения и распознавания детерминированных и квазидетерминированных сигналов. Связь разрешающей способности с функцией рассогласования. Меры разрешающей способности. Разрешающая способность по времени запаздывания и по частоте.
18. Цифровые методы обработки сигналов. Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и выбор параметров кода. Методы синтеза алгоритмов и устройств цифровой обработки сигналов.
19. Цифровая фильтрация и цифровые фильтры. Ошибки квантования и округления. Методы расчета цифровых фильтров. Коэффициент передачи и импульсная характеристика цифровых фильтров.
20. Цифровая фильтрация во временной и частотной областях. Цифровой спектральный анализ. Быстрое преобразование Фурье. Цифровая обработка многомерных сигналов и изображений.
21. Искусственные нейронные сети (ИНС). Обучающиеся и самообучающиеся ИНС. Обработка сигналов с помощью ИНС. Распознавание сигналов и образов объектов с помощью ИНС.
22. Области применения и задачи радиолокации. Виды радиолокации. Обзор пространства. Виды обзора, зона обзора и время обзора.
23. Физические основы радиолокации. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) целей. Поляризация матрица рассеяния. Модели реальных точечных и протяженных целей. Наблюдаемость точечных целей на фоне протяженных (радиолокационный контраст).
24. Дальность действия РЛС. Влияние атмосферы и подстилающей поверхности на дальность действия РЛС.

25. Устройства обнаружения (обнаружители) радиолокационных сигналов. Структуры обнаружителей. Обнаружители пачек когерентных и некогерентных радиоимпульсов на фоне шума и коррелированных помех. Цифровые обнаружители. Знаковые, ранговые, робастные и адаптивные обнаружители. Методы стабилизации уровня ложных тревог. Пороговая мощность радиолокационного сигнала.
26. Разрешающая способность по дальности, угловым координатам и скорости. Выбор зондирующего сигнала.
27. Простые и сложные сигналы. Двумерная корреляционная функция (ДКФ) зондирующего сигнала. Функция неопределенности (ФН) и диаграмма неопределенности (ДН) радиолокационных сигналов.
28. Методы измерения координат и параметров движения целей. Следящие и неследящие измерители.
29. Фазовые, частотные и импульсные дальномеры. Радиодальномеры со сложными сигналами. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность радиодальномеров.
30. Измерители радиальной скорости целей. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность измерителей скорости.
31. Амплитудные и фазовые одноканальные пеленгаторы. Амплитудные, фазовые и суммарно-разностные моноимпульсные пеленгаторы. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность пеленгаторов.
32. Измерители угловых скоростей.
33. Пассивные, активные и комбинированные помехи. Характеристики помех. Борьба с пассивными помехами. Селекция движущихся целей (СДЦ). Когерентно-импульсные РЛС. Режекция пассивных помех с помощью гребенчатых фильтров (РГФ). Цифровые РГФ. Качество подавления помех.
34. РЛС с синтезированной апертурой (РСА). Выбор параметров РСА и структуры цифровой обработки. Радиоинтерферометры со сверхдлинной базой. Апертурный синтез. Радиовидение.
35. Пространственно-временная обработка сигналов. Автокомпенсаторы активных помех.
36. Вторичная обработка радиолокационной информации. Обнаружение и сопровождение траекторий. Калмановская фильтрация траекторий.
37. Многопозиционная радиолокация.
38. Обнаружение сигналов теплового радиоизлучения. Схемы радиометров. Методы и устройства измерения координат источников теплового радиоизлучения.
39. Подповерхностная радиолокация.
40. Нелинейная радиолокация.
41. Методы определения местоположения объекта и способы вывода его в заданную точку пространства. Принципы радионавигации и методы технической реализации радионавигационных систем (РНС) и устройств (РНУ). Методы радиоуправления в радионавигации. Элементы теории автоматического управления объектами. Контур следящего управления и его основные звенья.
42. Командное следящее радиоуправление, автономное радиоуправление, радиоуправление при наведении по лучу, управление космическими аппаратами. Особенности радиoliniй управления объектами.
43. Автономные РНС: системы счисления пути. Радиосистемы навигации по геофизическим полям Земли. Радиовысотомеры и доплеровские измерители скорости и угла сноса летательных аппаратов (ДИС).
44. Корреляционно-экстремальные измерители скорости. Обзорно-сравнительные радионавигационные системы. Системы навигации по рельефу и карте местности.
45. Комплексирование навигационных систем с радиотехническими и нерадиотехническими датчиками. Интегрированные РНС.

46. Радиосистемы дальней навигации (РСДН). Построение глобальных и региональных РСДН. Фазовые и импульсно-фазовые РСДН, использующие дальномерные и разностно-дальномерные методы определения местоположения. Погрешности РСДН.
47. Спутниковые радионавигационные системы (СРНС). Передача сведений об орбитах спутников потребителю для целей навигации. Особенности построения и функционирования СРНС. Влияние атмосферы и космической среды на характеристики СРНС. Методы определения местоположения в СРНС: доплеровский, дальномерный, разностно-дальномерный.
48. Радиосистемы ближней навигации (РСБН). Радиосистемы посадки летательных аппаратов.
49. Точность определения местоположения в позиционных РНС. Линии и поверхности положения. Ошибки линий положения. Ошибки определения местоположения на плоскости и в пространстве. Эллипс и эллипсоид ошибок положения. Рабочие зоны РНС. Геометрический фактор.
50. Задачи передачи информации. Радиолинии. Диапазон радиоволн в системах передачи информации. Виды радиосистем передачи информации (РСПИ): связные, телеметрические и командные. Канал связи и его характеристики. Пропускная способность канала. Структура радиосигналов. Методы модуляции и кодирования. Защита информации. Критерии качества РСПИ. Цифровые РСПИ.
51. Область применения и задачи систем разрушения информации (радиоэлектронной борьбы РЭБ).
52. Радиотехническая разведка (РТР). Построение систем и устройств РТР. Определение параметров радиосигналов радиотехнических систем различного назначения средствами РТР. Методы определения местоположения радиоэлектронных систем (РЭС). Эффективность средств РТР.
53. Методы и средства разрушения информации. Генераторы активных помех. Виды активных помех: заградительные, прицельные, ответные и имитационные.
54. Радиоэлектронная маскировка. Характеристики качества радиомаскировки. Скрытность и незаметность. Общие методы маскировки объектов и уменьшения радиоконтраста РЭС. Использование широкополосных (ШПС) и сверхширокополосных сигналов (СШПС). Маскировка с помощью пассивных помех.
55. Основные организационные методы помехозащиты. Изменение параметров радиосигнала в процессе работы, борьба с помехами с помощью устройств селекции радиосигналов.
56. Защита РЭС от воздействия средств поражения. Эффективность средств РЭБ.
57. Задачи локационных устройств и устройств точного позиционирования в биологии, медицине, метрологии и других отраслях. Использование ультразвуковых сигналов для медицинской диагностики и дефектоскопии.
58. Медицинские телевизионные устройства, устройства СВЧ, радиометрии, интроскопии, томографии, кардиографии и т.п.
59. Зависимость технических требований к РЭС от их назначения и условий эксплуатации. Технологичность конструкции. Методы стандартизации в конструировании. Компоновка и комплексная микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Интегральная микросхемотехника, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) интегральные схемы.
60. Печатный монтаж. Ремонтпригодность РЭА. Способы защиты РЭА от воздействия окружающей среды, динамических перегрузок и электромагнитного излучения. Тепловой режим РЭА. Надежность РЭА.
61. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Свободные электромагнитные волны и решение однородных уравнений электродинамики. Плоские волны на границе раздела однородных сред. Рефракция радиоволн в неоднородных средах.
62. Решение электродинамической задачи рассеяния радиоволн на телах заданной формы. Распространение радиоволн в природных условиях. Явления дифракции и интерференции.

63. Канализация радиоволн. Волноводы и фидеры. Теория цепей СВЧ. Электромагнитные резонаторы. Взаимные и невзаимные устройства СВЧ.
64. Элементы теории антенн. Типы направляющих систем. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Приемная и передающая антенны, их параметры и характеристики. Влияние вида распределения электромагнитного поля в раскрыве антенны на основные параметры антенн.
65. Техническая реализация антенн в различных диапазонах радиоволн.
66. Генераторы и автогенераторы в РЛС и РНС. Режимы самовозбуждения, их особенности. Стабильность частоты и методы ее повышения. Стабилизация с помощью высокочастотных колебательных систем (резонаторов). Кварцевые генераторы. Квантовые эталоны частоты.
67. Умножители частоты. Синтезаторы частот. Факторы, ограничивающие мощность генераторов. Суммирование мощностей генераторов.
68. Управление колебаниями (модуляция) в РЛС и РНС. Основы теории линейной и нелинейной модуляции (манипуляции).
69. Генерация и усиление СВЧ колебаний. Основные типы генераторов и усилителей СВЧ в РЛС и РНС.
70. Основные типы радиоприемных устройств в РЛС и РНС. Узлы радиоприемников, их схемные решения и расчет. Преобразователи частоты сигналов, смесители и гетеродины. Частотный план радиоприемника.
71. Детекторы сигналов: амплитудные, частотные и фазовые. Усилители различных частотных диапазонов. Автоматические регулировки в радиоприемниках.
72. Элементная база радиоприемных устройств.
73. Методы проектирования радиоприемников.
74. Моделирование радиоприемников и их элементов.
75. Вторичные источники электропитания.

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. Радиолокационные системы : учебник [Электронный ресурс] / В.П. Бердышев. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. – 400 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229384>.
6. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений : практические советы [Электронный ресурс] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Техносфера, 2012. –

1104 с. – Мир цифровой обработки. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233465>.

7. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. С.Ф. Боев. – 3-е изд., испр. – Москва : Техносфера, 2012. – 1048 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233730>.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Тяпкин, В.Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС [Электронный ресурс] / В.Н. Тяпкин, Е.Н. Гарин. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. – 260 с. – Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229187>.
2. Денисов, В.П. Радиолокационные системы [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / В.П. Денисов. – М. : ТУСУР, 2012. – 21 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10881>. – Загл. с экрана.
3. Гуткин, Л. С. Принципы радиоуправления беспилотными объектами [Электронный ресурс] / Л.С. Гуткин. – М. : Советское радио, 1959. – 362 с. – Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447884>.
4. Программа обработки данных дистанционного зондирования Земли: Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – М. : НТЦ «СканЭкс», 2010. – 227 с. – Режим доступа: www.scanex.com.

5.2. Методические разработки

1. Полунатурное моделирование бортовых радиолокационных систем, работающих по земной поверхности: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. Г. Важенин [и др.]. – Электрон. дан. – Екатеринбург : УрФУ, 2015. – 208 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99050>. – Загл. с экрана.
2. Корнилов И.Н. Тестирование навигационной аппаратуры потребителя GPS/ГЛОНАСС : учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / И.Н. Корнилов. – Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2017. – 40 с. – Режим доступа: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/48970>.
3. Обработка радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли: лабораторный практикум [Электронный ресурс] / В.Г. Коберниченко, О.Ю. Иванов, А.В. Сосновский, В.А. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 64 с. – Режим доступа: <http://hdl.handle.net/10995/46987>.
4. 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 обеспечивают 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.
10. Базы патентов, открытый поиск 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.
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 (четырепортовый 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 Beyerdynamic;
- микрофонные пульты 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/