

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
Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры Антенны, СВЧ-устройства и их технологии	Код ПА 2.2.14
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:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение
1	Чечеткин Виктор Алексеевич	-	Младший научный сотрудник	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Шабунин Сергей Николаевич	д.т.н	Заведующий кафедрой	Кафедра радиоэлектроники и телекоммуникаций

Рекомендовано:

учебно-методическим советом института

радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ

Протокол № 12 от 11.03.2022

Председатель УМС института



Т.И. Алферьева

Согласовано:

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

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:

- параметры и характеристики основных линий передачи, использующихся при разработке устройств СВЧ и антенн;
- методы расчета устройств СВЧ и экспериментальные методы измерения их характеристик;
- конструкции типовых элементов трактов СВЧ, методы их проектирования и оптимизации;
- параметры и характеристики антенн различного назначения. Методы математического и физического моделирования антенн. Особенности конструкций антенн различных частотных диапазонов и порядок их проектирования;
- основные справочно-информационные издания в соответствующей области знаний.

Уметь:

- находить и анализировать информацию о современных подходах к проектированию устройств СВЧ и антенн. Проектировать их для различных диапазонов и уровней мощности;
- производить расчеты первичных и вторичных параметров антенн, оптимизировать их геометрические и электрические параметры, уточнять размеры после экспериментального моделирования;
- использовать научно-техническую и справочную литературу.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- методами выполнения инженерных расчетов и принятия профессиональных решений по проектированию устройств СВЧ и антенн;
- методами, необходимыми для выбора 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;
- навыками экспериментального исследования характеристик и параметров устройств СВЧ и антенн, измерения их параметров;
- 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	Общая теория антенн и СВЧ-устройств	Постановка задач электродинамики, методы их решения Распространение радиоволн в природных условиях Численные методы электродинамики
P2	Теория и техника СВЧ-устройств	Уравнения электродинамики для направляемых волн Типы направляющих систем Теория электромагнитных резонаторов Применение общей теории сложных волноводных устройств и теории цепей СВЧ при использовании различных направляющих систем Принципы построения и методы проектирования приёмопередающих устройств СВЧ
P3	Теория и техника антенных устройств и систем	Теория антенн Многоэлементные антенны (решётки) Антенные решётки с электронным сканированием Численный электродинамический расчёта основных типов антенных устройств и систем
P4	Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ-устройств, а также технология их производства	Современные компьютерные технологии проектирования, расчёта и оптимизации антенных и СВЧ – устройств широкого применения Методы технологии конструирования антенных и СВЧ-устройств

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 антенной техники.
2. Современные проблемы развития СВЧ устройств.
3. Развитие численных методов расчета СВЧ устройств.

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	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских

	выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	задач, демонстрирует 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. Уравнения Максвелла для нестационарных и монохроматических полей. Материальные уравнения и типы сред. Векторные и скалярные потенциалы электромагнитного поля. Волновые уравнения и уравнения Гельмгольца. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Теорема Умова–Пойнтинга.
2. Постановка задач электродинамики, методы их решения. Внутренние и внешние задачи электродинамики. Теорема единственности.
3. Свободные электромагнитные волны как решения однородных уравнений электродинамики в разных системах координат. Плоские однородные волны в изотропных средах с потерями и без потерь и в гиротропных средах (плазма и феррит при наличии подмагничивания). Вращение плоскости поляризации, резонансное поглощение. Немонохроматические волны в диспергирующих средах.
4. Волны в активных средах; представление о волновых процессах в нелинейных средах. Падение плоской однородной волны на плоскую границу раздела однородных изотропных сред. Двойное преломление на границе раздела с гиротропной средой.
5. Локально-плоские волны и геометрическая оптика. Влияние неоднородности среды на распространение радиоволн. Уравнения эйконала и переноса. Уравнение луча. Сопровождающий трехгранник Френеля на луче. Изменение поляризации вдоль луча. Возникновение каустик. Рефракция в неоднородных средах.
6. Распространение радиоволн в природных условиях. Влияние земной поверхности, тропосферы, ионосферы, космического пространства на распространение радиоволн. Распространение радиоволн в урбанизированных зонах.
7. Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Теорема эквивалентности, эквивалентные поверхностные источники.
8. Электромагнитное поле заданного распределения возбуждающих токов в свободном пространстве. Принципы взаимозаменяемости полей, электрических и магнитных токов, принцип двойственности. Принцип электродинамического подобия. Сведение задачи об излучении антенн к интегральным и интегро-дифференциальным уравнениям.
9. Явления и задачи дифракции. Строгая постановка дифракционных задач. Дифракция на цилиндре, шаре и клине. Интегральные уравнения в задачах дифракции и возбуждения тел

- сложной формы. Асимптотические методы в квазиоптической области: приближение Гюйгенса-Кирхгофа и геометрическая теория дифракции.
10. Численные методы электродинамики. Постановка задачи, представление полей, алгоритмизация задач возбуждения, излучения и дифракции электромагнитных полей и волн.
 11. Проекционные методы. Процесс Бубнова–Галёркина. Проекционное наложение граничных условий. Сведение задачи к рассмотрению граничных условий.
 12. Дискретизационные методы. Декомпозиционный принцип. Математическое моделирование сложных структур.
 13. Уравнения электродинамики для направляемых волн. Теория и классификация свободных волн в продольно-регулярных направляющих системах.
 14. Типы направляющих систем. Полые и коаксиальные волноводы. Диэлектрические волноводы и линии поверхностных волн. Полые волноводы с частичным диэлектрическим и гиротропным заполнением.
 15. Полосковые и микрополосковые линии, щелевые и копланарные волноводы. Оптические волноводы, световоды. Замедляющие структуры. Искусственные диэлектрики. Квазиоптические направляющие системы.
 16. Технические характеристики и особенности конструирования фидеров различных диапазонов. Конструктивно-технологические особенности микрополосковых линий.
 17. Теория электромагнитных резонаторов. Полые резонаторы. Диэлектрические и ферритовые резонаторы. Резонаторы на основе планарных структур. Открытые квазиоптические резонаторы.
 18. Технические характеристики и особенности конструирования резонаторов различных типов.
 19. Теория сложных волноводных устройств. Многомодовые матрицы рассеяния, проводимости и сопротивления. Основные свойства одномодовых матриц.
 20. Эквивалентные схемы волноводных устройств. Элементы теории цепей СВЧ. Круговые диаграммы полных сопротивлений и проводимостей.
 21. Применение общей теории сложных волноводных устройств и теории цепей СВЧ при использовании различных направляющих систем.
 22. Фидерные устройства и их элементы. Методы согласования. Узкополосное и широкополосное согласование. Ограничения на полосу согласования. Согласующие элементы для линий разных типов.
 23. Элементы возбуждения волноводов и резонаторов. Соединения линий передачи, переходные элементы, вращающиеся сочленения. Разветвления, мостовые соединения. Направленные ответвители.
 24. Устройства регулирования амплитудных, фазовых и поляризационных характеристик. Атенуаторы, фазовращатели, поляризаторы.
 25. Устройства с применением ферритов. Волноводные, коаксиальные, полосковые и микрополосковые фазовращатели, вентили, циркуляторы и ограничители.
 26. Коммутационные устройства, применение ферритов и полупроводниковых элементов. Антенные переключатели.
 27. Частотные фильтры, элементы теории и классификация. Реализация фильтров в виде волноводных, коаксиальных, полосковых и микрополосковых конструкций. Перестраиваемые фильтры.
 28. Принципы построения и методы проектирования приёмо – передающих устройств СВЧ. Особенности активных СВЧ-устройств на основе полупроводниковых и миниатюрных вакуумных приборов (генераторы, умножители частоты, малозумящие усилители). Применение биполярных и полевых транзисторов, лавинно-пролетных диодов, туннельных диодов и диодов Ганна.
 29. Особенности мощных СВЧ-устройств (клистронные усилители, магнетронные генераторы и генераторы на ЛБВ и ЛОВ).

30. Пассивные нелинейные СВЧ устройства на полупроводниковых приборах. Транзисторные и диодные преобразователи частоты.
31. Теория и техника передачи сигналов по волоконно-оптическим линиям связи.
32. Применение СВЧ – устройств и систем в технологии производства, биологии и медицине.
33. Численный электродинамический расчёт основных типов СВЧ-устройств.
34. Теория антенн. Приёмная и передающая антенны, их основные параметры и технические характеристики. Соотношение режимов приёма и передачи, теорема взаимности. Эффективная поверхность антенны. Обратное излучение приемной антенны. Приближение заданных токов и применение сведений об элементарных излучателях в теории антенн. Учет влияния земной поверхности и экранов.
35. Система однотипных излучателей. Теорема перемножения диаграмм. Эквивалентные решётки. Непрерывные распределения. Влияние амплитудно-фазового распределения поля и конфигурации апертуры на основные характеристики антенн. Статистические характеристики антенн.
36. Многоэлементные антенны (решётки). Взаимодействие элементов, метод наводимых э.д.с. в приближении заданных токов.
37. Фазированные антенные решетки (ФАР). Частотное, фазовое и фазочастотное сканирование. Дискретный и дискретно-коммутационный методы. Приближение бесконечной решетки, теорема Флоке. Многолучевые антенные решетки.
38. Вопросы синтеза антенн. Сверхнаправленность. Типы антенн и их реализация в различных диапазонах волн.
39. Антенны длинных, средних и коротких волн. Вибраторные антенны для диапазонов КВ и УКВ. Антенны бегущей волны дискретного и непрерывного типов.
40. Спиральные, диэлектрические и ребристо-стержневые антенны. Частотно-независимые антенны. Рупорные, зеркальные, линзовые, щелевые и другие антенны СВЧ.
41. Антенные решётки с электронным сканированием. Системы управления ФАР, применение ферритов и полупроводниковых элементов. Активные решётки (АФАР). Приемопередающие модули. Самофокусирующиеся антенные системы. Малошумящие антенные системы. Антенны с моделируемыми параметрами. Адаптивные антенны. Антенны для широкополосных сигналов. Антенные системы с регулируемым поляризационными характеристиками. Моноимпульсные антенные системы.
42. Диаграммообразование ФАР с помощью оптических методов. Волоконно-оптические и гибридные диаграммообразующие схемы (ДОС) ФАР. Радиооптические антенны.
43. Учёт особенностей распространения радиоволн и расположения антенны. Вопросы надёжности антенно-фидерных устройств.
44. Измерение параметров антенно-фидерных устройств.
45. Применение антенных устройств и систем в технологии производства, биологии и медицине.
46. Численный электродинамический расчёта основных типов антенных устройств и систем.
47. Современные компьютерные технологии проектирования, расчёта и оптимизации антенных и СВЧ – устройств широкого применения. Модели базовых элементов разных уровней. Составление модели сложного объекта.
48. Технология изготовления антенн и СВЧ-устройств.
49. Методы технологии конструирования антенных и СВЧ-устройств.
50. Методы технологии конструирования интегральных схем СВЧ.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1.Рекомендуемая литература

5.1.1. Основная литература

1. Фальковский, О.И. Техническая электродинамика [Электронный ресурс] / О.И. Фальковский. – Санкт-Петербург : Лань, 2009. – 432 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/403>.
2. Антенны [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.Т. Зырянов [и др.]. — Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 416 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72576>.
3. Соколова, Ж.М. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – Москва : ТУСУР, 2012. – 283 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4963>.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Нефедов, Е.И. Дифракция электромагнитных волн на диэлектрических структурах [Электронный ресурс] / Е.И. Нефедов. – Москва : Наука, 1979. – 270 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477431>.
2. Замотринский, В.А. Устройства СВЧ и антенны : учебное пособие. 1. Устройства СВЧ [Электронный ресурс] / В.А. Замотринский ; Л.И. Шангина. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 223 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208566>.
3. Козлов, В. Г. Электромагнитная совместимость РЭС / В. Г. Козлов. – Томск : Томский государственный университет управления и радиоэлектроники, 2012. – 16 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://e.lanbook.com/book/10866#book_name
4. Костиков, В. Г. Электромагнитная совместимость в электронной аппаратуре / В. Г. Костиков, Р. В. Костиков, В. А. Шахнов. – М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012. – 125 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://e.lanbook.com/book/52371#book_name

5.2. Методические разработки

1. Шабунин, С.Н. Измерение параметров антенн: учеб. пособие [Электронный ресурс] / С.Н. Шабунин, Ю.Е. Мительман, Н.С. Князев. – Электрон. дан. – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – 56 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98961>.
2. Расчет и измерение характеристик устройств СВЧ и антенн: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Ю.Е. Мительман [и др.]. – Екатеринбург : УрФУ, 2016. – 140 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99085>.

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.
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 (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 Epson EB-450;
 - интерактивная доска Hitachi FX-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/