МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Ордена Трудового Красного Знамени
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета РиТ

«24» марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Антенны, СВЧ-устройства и их технологии
(наименование дисциплины по учебному плану)

Научная специальность

2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Отрасль науки: **технические науки**

Курс 2
Семестры 3,4

Форма обучения: **очная**

Год начала подготовки: **2024**

Москва, 2024

Рабочая программа дисциплины «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Разработчик программы:
доцент кафедры «Системы и сети радиосвязи и телерадиовещания»,
кандидат технических наук П.А. Титовец _____
(Должность, ученая степень (ученое звание), , инициалы и фамилия разработчика(ов)) *подпись*

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры Системы и сети радиосвязи и телерадиовещания

Протокол № 6 от «29» 02 2024 г.

Заведующий кафедрой «Системы и сети радиосвязи и телерадиовещания»,
кандидат технических наук, доцент Т.П. Косичкина _____
(сокращенное наименование кафедры, *инициалы и фамилия заведующего*) *подпись*

Рабочая программа хранится на кафедре «Системы и сети радиосвязи и телерадиовещания» и в отделе аспирантуры.

1 Цели освоения дисциплины

1.1 Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: изучение основных теоретических понятий, расчетных методов и принципов конструирования устройств СВЧ и антенн, подготовка к овладению современными методами их разработки на основе специализированных САПР. Уяснение решающей роли антенных систем и трактов СВЧ в обеспечении задач пространственной обработки сигналов в радиосистемах. Установление фундаментальных ограничений на достижимые параметры радиосистем, налагаемых электрическими размерами антенн, погрешностями изготовления, требованиями к применяемому диапазону волн и ширине рабочей полосы частот. Получение и закрепление навыков экспериментального исследования антенных систем и трактов СВЧ с упором на автоматизацию измерений. Понимание проблем воздействия СВЧ на окружающую среду и методов защиты от радиоизлучений, включая соответствующие аспекты общей проблемы электромагнитной совместимости. Приобретение студентами специальных теоретических знаний и практических навыков в области по основам теории и практики разработки, анализа и оптимизации устройств СВЧ и антенн, включая закономерности распространения радиоволн в реальных средах и функциональных устройствах.

1.2 Задачи освоения дисциплины

Изучение основ теории антенн, физических принципов построения устройств и конструкций антенных систем различного назначения, принципов построения и конструкций функциональных узлов и устройств СВЧ. Освоение методов экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик устройств СВЧ и антенн, а также изучение методов расчета и обработки результатов экспериментальных исследований с применением ЭВМ. Дисциплина реализуется на русском языке.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Антенны, СВЧ устройства и их технологии» относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры по научной специальности «2.2.14 Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате изучения дисциплины «Антенны, СВЧ устройства и их технологии» аспирант должен:

Знать:

методы и программные средствами анализа, синтеза и оптимизации устройств СВЧ и антенн, методиками расчета и измерений их электрических характеристик; методы проектирования устройств СВЧ и антенн для использования в радиотехнических системах различного назначения.

Уметь:

проводить анализ, синтеза и оптимизацию устройств СВЧ и антенн; проектировать устройства СВЧ и антенны для использования в радиотехнических системах различного назначения, выполнять сборку и настройку антенно-фидерных трактов.

Владеть:

навыком применения методов и программных средств анализа, синтеза и оптимизации устройств СВЧ и антенн, методик расчета и измерений их электрических характеристик; навыком проектирования устройства СВЧ и антенны для использования в радиотехнических системах различного назначения, сборки и настройки антенно-фидерных трактов.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа). Процесс изучения дисциплины реализуется при очной форме обучения в 3,4 семестрах. Промежуточная аттестация предусматривает зачет в 3-ем семестре и дифференцированный зачёт в 4-ом семестре.

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ, семестрам представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Виды учебной работы	Трудоемкость (часы)		3-ий семестр (указание часов по семестрам)	4-ый семестр (указание часов по семестрам)
Аудиторные занятия (всего)	108		54	54
В том числе:				
Лекции	72		36	36
Практические занятия	36		18	18
Самостоятельная работа (всего)	36		18	18
Формы аттестации по дисциплине (зачет, экзамен)			зачет	дифференцированный зачёт
Общая трудоемкость дисциплины	Часы 144	ЗЕТ 4	72/2	72/2

3 Содержание дисциплины

Таблица 2

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	**Всего**	**Аудиторная работа**			**Внеаудиторная работа СР**
		Л	**ПЗ/С**		
3 семестр					18
Раздел 1 Основы электродинамики	28				
Раздел 2 Электромагнитные волны в линиях передачи и устройства СВЧ	26				

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С		
Всего за 3 семестр	**54**				
Зачёт					
4 семестр					18
Раздел 3 Теория и техника СВЧ-устройств	30				
Раздел 4 Теория и техника антенных устройств и систем	24				
Всего за 4 семестр	**54**				
Экзамен (при наличии)					
Итого по дисциплине	**144**				**36**

4.3 Лекции /практические/ занятия

Таблица 3

Содержание лекций /практических занятий

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
1.	**Раздел 1.** Основы электродинамики			**28**
	Тема 1. Основы электродинамики	Лекция № 1 Система уравнений Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Физический смысл уравнений Максвелла.		4
		Лекция № 2 Уравнение Максвелла для гармонических электромагнитных полей. Электрическая и магнитная проницаемости, тангенс угла потерь.		2
		Практическое занятие № 1 Система уравнении Максвелла и методы их решения		2
		Практическое занятие № 2 Уравнение Максвелла для гармонических электромагнитных полей для среды с потерями		2
	Тема 2. Электромагнитные волны в неограниченной среде электрическими и магнитными потерями	Лекция № 3 Решение однородных волновых уравнений в неограниченной среде электрическими и магнитными потерями. Физический смысл действительной и мнимой частей волнового числа.		4
		Лекция № 4 Отражение и преломление плоских волн на границе раздела. Законы Снеллиуса и формулы Френеля. Угол Брюстера. Обобщенные формулы Френеля для плоской границы двух анизотропных сред.		2
		Практическое занятие № 3 Решение однородных волновых уравнений в неограниченной среде электрическими и магнитными потерями.		2
		Практическое занятие № 4 Решение		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
		уравнений отражения и преломления плоских волн на границе раздела сред		
	Тема 3 Дифракция электромагнитных волн	Лекция№ 5 Основные параметры элементарных излучателей. Элементарный магнитный излучатель. Апертурные антенны. Принцип Гюйгенса. Формула Кирхгофа.		4
		Лекция№ 6 Различие полей в разных зонах излучения. Сопротивление излучения элементарных электрических и магнитных диполей. Дифракция электромагнитных волн. Задачи дифракции как разновидность граничных задач. Строгие и приближенные методы решения задач дифракции.		2
		Практическое занятие № 5 Методы решения задач дифракции и расчета полей в разных зонах излучения		2
2.	**Раздел 2.** Электромагнитные волны в линиях передачи и устройства СВЧ			**26**
	Тема 4. Общие свойства волн	Лекция № 7 Решение уравнений Гельмгольца для направляемых волн. Связь поперечных составляющих векторов поля с продольными. Постоянная распространения, критическая частота (критическая длина волны), длина волны в линии передачи, фазовая скорость, характеристическое сопротивление.		4
		Лекция№ 8 Общие свойства волн типа Т, Е, и Н. Скорость распространения энергии. Дисперсия. Понятие об одноволновом и многоволновом режимах работы. Мощность, переносимая электромагнитной волной в линии передачи. Затухание волн в регулярных линиях.		2
		Практическое занятие № 6 Решение уравнений Гельмгольца для направляемых волн и основные параметры волн		2
	Тема 5 Линии передачи	Лекция № 9 Линии передачи с Т-волной. Электромагнитное поле в двухпроводной, многопроводной, коаксиальной линии. Электромагнитные волны в полосковой и микрополосковой линии.		4
		Лекция № 10 Электромагнитные волны в полых металлических волноводах. Прямоугольный, круглый, эллиптический волновод. Линии передачи поверхностной волны. Диэлектрический волновод круглого сечения. Типы волн в диэлектрическом волноводе. Структура		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
		поля. Основная волна в диэлектрическом волноводе. Область применения.		
		Практическое занятие № 7 Элементы антенно-фидерных трактов. Возбуждающие устройства, разъемы и фланцы, поршни, повороты и изгибы, вращающиеся сочленения, поляризационные фильтры, диафрагмы и штыри, волноводные стыки.		2
	Тема 6. Волновые процессы в линиях передачи	Лекция №11 Волоконные световоды. Одноволновые и многоволновые волокна. Градиентные волокна. Типы дисперсий в волоконном световоде.		4
		Лекция № 12 Волновые процессы в нерегулярных линиях передачи. Понятие падающей и отраженной волн. Понятие о длинной линии, эквивалентной произвольной линии передачи в одноволновом режиме работы. Волновое сопротивление линий передачи с волнами типа Е и Н. Процессы в линиях передачи конечной длины. Коэффициент отражения, коэффициент бегущей (стоячей) волны. Входное сопротивление нагруженной линии.		2
		Практическое занятие № 8 Условие согласования линии с нагрузкой. Эквивалентное сопротивление линии передачи в произвольном поперечном сечении.		2
		Практическое занятие № 9 Пересчет эквивалентного сопротивления из одного сечения в другое. Влияние отражения от нагрузки на КПД линии передачи.		2
3.	**Раздел 3.** Теория и техника СВЧ-устройств			30
	Тема 7 Теория СВЧ-устройств	Лекция № 10 Классификация и электрические параметры СВЧ резонаторов. Связь резонаторов с нагрузкой, их настройка. Теория и устройство возбуждения открытых и закрытых резонаторов.		4.
		Лекция № 11 Направленные ответвители, принцип действия и их параметры. Делители (сумматоры) мощности.		2
		Практическое занятие № 13 Связь резонаторов с нагрузкой, их настройка. Расчет устройств возбуждения открытых и закрытых резонаторов.		2
		Практическое занятие № 14 Принципы расчета направленных ответвителей, делителей и сумматоров мощности.		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
	Тема 8 Основы матричной теории устройств СВЧ	Лекция № 12 Поперечный и продольный ферромагнитный резонанс. Вентиль на прямоугольном волноводе. У-циркулятор на волноводных тройниках.		4
		Лекция № 13 Основы матричной теории устройств СВЧ. Виды матриц, физический смысл их элементов. Свойства матриц рассеяния реактивных многополюсников. Методы анализа и синтеза устройств СВЧ. Принцип декомпозиции и рекомпозиции.		2
		Практическое занятие № 15 Ферромагнитный резонанс и принципы расчета устройств на его основе		2
		Практическое занятие № 16 Свойства матриц рассеяния реактивных многополюсников. Методы анализа и синтеза устройств СВЧ.		2
	Тема 9. Техника СВЧ-устройств	Лекция № 14 СВЧ фильтры. Типы частотных характеристик. Низкочастотные прототипы. Реализация многозвенных фильтров на СВЧ.		4
		Лекция № 15 Управляющие устройства СВЧ. Фазовращатели, коммутаторы, аттенюаторы, поляризаторы		2
		Практическое занятие № 17 Реализация многозвенных фильтров на СВЧ.		2
		Практическое занятие № 18 Управляющие устройства СВЧ.		2
4.	**Раздел 4.** Теория и техника антенных устройств и систем			24
	Тема 10 Теория антенных устройств и систем	Лекция № 16 Математическое описание вибраторных антенн. Вибраторные антенны. Виды интегральных уравнений для тока вибраторной антенны. Диаграмма направленности и входное сопротивление антенны. Щелевые антенны. Связанные вибраторы		4
		Лекция № 17 Линейные антенные решетки. Математическое описание вибраторных и антенных решеток. Режимы излучения решетки. Влияние амплитудно-фазового распределения на направленные свойства решетки.		2
		Практическое занятие № 19 Задачи анализа и синтеза для линейной антенны. Интегральное уравнение и корректность задач амплитудного и фазового синтеза. Оптимальный выбор диаграмм направленности. Приближенные методы решения задач синтеза антенн.		2
	Тема 11 Виды	Лекция № 18 Назначение и классификация		4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
	антенных устройств и систем	антенн. Основные электрические параметры передающих антенн. КНД, КПД и коэффициент усиления. Параметры диаграммы направленности. Поляризационные характеристики антенны.		
		Лекция № 19 Основные параметры антенн в режиме приёма. Связь с параметрами антенн в режиме передачи. Условие выделения максимальной мощности в нагрузке антенны.		2
		Практическое занятие № 21 Излучение возбужденных поверхностей. Рупорные антенны. Линзовые и зеркальные антенны. КИП антенны.		2
	Тема 12 Антенные устройства и системы	Лекция № 20 Фазированные антенные решётки. Взаимное влияние элементов. Требования, предъявляемые к излучателю решётки. Способы фазирования. Диаграммо-образующие схемы решёток. Адаптивные антенные решетки. Особенности антенн различных систем. Передающие и приемные радиовещательные антенны. Передающие и приемные телевизионные антенны. Антенны систем спутниковой связи. Антенны земных станций. Бортовые антенны с многолучевой и контурной диаграммой направленности. Антенны систем подвижной радиосвязи. Антенны базовых станций. Антенны мобильных терминалов. Связные антенны систем фиксированной связи. Антенны радиорелейных линий связи. Антенны систем радиодоступа.		4
		Лекция № 21 Простые вибраторные УКВ антенны. Симметрирующие устройства. Щелевые резонаторные антенны. Активные вибраторные антенны. Антенны с вращающейся поляризацией. Турникетные антенны. Спиральные антенны.		2
		Практическое занятие № 23 Сложные вибраторные и щелевые антенны УКВ. Синфазные вибраторные АР. Директорные антенны. Логопериодические антенны. Многощелевые волноводные антенны. Печатные антенны. Антенны поверхностных волн. Диэлектрические и ребристо-стержневые антенны. Плоские антенны поверхностных волн.		2

5. Фонд оценочных средств

5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Основные параметры, определяющие электромагнитные свойства сред - диэлектрическая и магнитная проницаемость, проводимость.

2. Система уравнений Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Физический смысл уравнений Максвелла.

3. Электромагнитные свойства различных сред и их деление на диэлектрики, проводники, полупроводники и сверхпроводники.

4. Граничные условия для тангенциальных составляющих векторов электромагнитного поля. Идеальные граничные условия. Импедансные граничные условия (граничные условия Леонтовича-Щукина).

5. Уравнение Максвелла для гармонических электромагнитных полей. Электрическая и магнитная проницаемости, тангенс угла потерь.

6. Волновой характер процесса распространения электромагнитного поля. Объяснение физического смысла этого процесса. Баланс мощности электромагнитного поля

7. Однородные волновые уравнения и их решение. Плоские волны. Вектор Пойнтинга и ориентация векторов поля в плоской волне.

8. Фазовая и групповая скорости электромагнитной волны. Физический смысл волнового числа при решении волновых уравнений.

9. Теоремы взаимности, эквивалентности и двойственности в электродинамике характеристики сигналов.

10. Решение однородных волновых уравнений в неограниченной среде электрическими и магнитными потерями. Физический смысл действительной и мнимой частей волнового числа.

11. Особенности распространения электромагнитных радиоволн в гиротропной среде и эффект Фарадея

12. Отражение и преломление плоских волн на границе раздела. Законы Снеллиуса и формулы Френеля. Угол Брюстера. Обобщенные формулы Френеля для плоской границы двух анизотропных сред.

13. Наклонное падение плоской волны на плоскую границу поглощающей среды. Поверхностный эффект.

14. Типы элементарных излучателей. Диполь Герца. Выражения для оставляющих электромагнитного поля диполя на различных расстояниях от диполя. Зоны Фраунгофера и Френеля.

15. Основные параметры элементарных излучателей. Элементарный магнитный излучатель. Апертурные антенны. Принцип Гюйгенса. Формула Кирхгофа.

16. Различие полей в разных зонах излучения. Сопротивление излучения элементарных электрических и магнитных диполей.

17. Дифракция электромагнитных волн. Задачи дифракции как разновидность граничных задач. Строгие и приближенные методы решения задач дифракции.

18. Направляемые электромагнитные волны. Понятие о линиях передачи. Типы регулярных линий передачи. Классификация направляемых волн: волны Т, Е, Н. Гибридные волны, квази-Т волна.

19. Решение уравнений Гельмгольца для направляемых волн. Связь поперечных составляющих векторов поля с продольными. Постоянная распространения, критическая частота (критическая длина волны), длина волны в линии передачи, фазовая скорость, характеристическое сопротивление.

20. Общие свойства волн типа Т, Е, и Н. Скорость распространения энергии. Дисперсия. Понятие об одноволновом и многоволновом режимах работы. Мощность, переносимая электромагнитной волной в линии передачи. Затухание волн в регулярных линиях.

21. Линии передачи с Т-волной. Электромагнитное поле в двухпроводной, многопроводной, коаксиальной линии. Электромагнитные волны в полосковой и микрополосковой линии.

22. Электромагнитные волны в полых металлических волноводах. Прямоугольный, круглый, эллиптический волновод.

23. Линии передачи поверхностной волны. Диэлектрический волновод круглого сечения. Типы волн в диэлектрическом волноводе. Структура поля. Основная волна в диэлектрическом волноводе. Область применения.

24. Волоконные световоды. Одноволновые и многоволновые волокна. Градиентные волокна. Типы дисперсий в волоконном световоде.

25. Волновые процессы в нерегулярных линиях передачи. Понятие падающей и отраженной волн. Понятие о длинной линии, эквивалентной произвольной линии передачи в одноволновом режиме работы. Волновое сопротивление линий передачи с волнами типа Е и Н. Процессы в линиях передачи конечной длины. Коэффициент отражения, коэффициент бегущей (стоячей) волны. Входное сопротивление нагруженной линии.

26. Условие согласования линии с нагрузкой. Эквивалентное сопротивление линии передачи в произвольном поперечном сечении. Пересчет эквивалентного сопротивления из одного сечения в другое. Влияние отражения от нагрузки на КПД линии передачи.

27. Классификация и электрические параметры СВЧ резонаторов. Связь резонаторов с нагрузкой, их настройка. Теория и устройство возбуждения открытых и закрытых резонаторов.

28. Направленные ответвители, принцип действия и их параметры. Делители (сумматоры) мощности.

29. Поперечный и продольный ферромагнитный резонанс. Вентиль на прямоугольном волноводе. У-циркулятор на волноводных тройниках.

30. Основы матричной теории устройств СВЧ. Виды матриц, физический смысл их элементов. Свойства матриц рассеяния реактивных многополюсников. Методы анализа и синтеза устройств СВЧ. Принцип декомпозиции и рекомпозиции.

31. СВЧ фильтры. Типы частотных характеристик. Низкочастотные прототипы. Реализация многозвенных фильтров на СВЧ.

32. Управляющие устройства СВЧ. Фазовращатели, коммутаторы, аттенюаторы, поляризаторы

33. Элементы антенно-фидерных трактов. Возбуждающие устройства, разъемы и фланцы, поршни, повороты и изгибы, вращающиеся сочленения, поляризационные фильтры, диафрагмы и штыри, волноводные стыки.

34. Назначение и классификация антенн. Основные электрические параметры передающих антенн. КНД, КПД и коэффициент усиления. Параметры диаграммы направленности. Поляризационные характеристики антенны.

35. Математическое описание вибраторных антенн. Вибраторные антенны. Виды интегральных уравнений для тока вибраторной антенны. Диаграмма направленности и входное сопротивление антенны. Щелевые антенны. Связанные вибраторы.

36. Линейные антенные решетки. Математическое описание вибраторных и антенных решеток. Режимы излучения решетки. Влияние амплитудно-фазового распределения на направленные свойства решетки.

37. Задачи анализа и синтеза для линейной антенны. Интегральное уравнение и корректность задач амплитудного и фазового синтеза. Оптимальный выбор диаграмм направленности. Приближенные методы решения задач синтеза антенн.

38. Основные параметры антенн в режиме приёма. Связь с параметрами антенн в режиме передачи. Условие выделения максимальной мощности в нагрузке антенны.

39. Излучение возбужденных поверхностей. Рупорные антенны. Линзовые и зеркальные антенны. КИП антенны.

40. Простые вибраторные УКВ антенны. Симметрирующие устройства. Щелевые резонаторные антенны. Активные вибраторные антенны.

41. Антенны с вращающейся поляризацией. Турникетные антенны. Спиральные антенны.

42. Сложные вибраторные и щелевые антенны УКВ. Синфазные вибраторные АР. Директорные антенны. Логопериодические антенны. Многощелевые волноводные антенны. Печатные антенны.

43. Антенны поверхностных волн. Диэлектрические и ребристо-стержневые антенны. Плоские антенны поверхностных волн.

44. Фазированные антенные решётки. Взаимное влияние элементов. Требования, предъявляемые к излучателю решётки. Способы фазирования. Диаграммо-образующие схемы решёток. Адаптивные антенные решетки.

45. Особенности антенн различных систем. Передающие и приемные радиовещательные антенны.

46. Особенности антенн различных систем. Передающие и приемные телевизионные антенны.

47. Антенны систем спутниковой связи. Антенны земных станций. Бортовые антенны с многолучевой и контурной диаграммой направленности.

48. Антенны систем подвижной радиосвязи. Антенны базовых станций. Антенны мобильных терминалов.

49. Связные антенны систем фиксированной связи. Антенны радиорелейных линий связи. Антенны систем радиодоступа.

50. Вопросы электромагнитной совместимости в антенно-фидерной технике. Методы оценки взаимного влияния близкорасположенных антенн. Способы повышения помехозащищенности и развязок антенн.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература

1. Пименов Ю.В. Линейная макроскопическая электродинамика. Вводный курс для радиофизиков и инженеров. – Долгопрудный : Издательский дом «Интеллект», 2008. – 536 с.

2. Седов В.М, Гайнутдинов Т.А. Электромагнитные поля и волны. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2018. – 284 с.

3. Петров Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов. -2-е изд., испр. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2003. – 558 с.

4. Ерохин Г.А., Чернышев О.В., Козырев Н.Д., Кочержевский В.Г. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2004, – 491с.

5. Чебышев В.В. Основы проектирования антенных систем Учебное пособие – Москва : Горячая линия – Телеком, 2018. – 150 с.

6. Баранов С.А Устройства СВЧ и антенны. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2019. – 343с.

7. Сомов А. М. Антенно-фидерные устройства: Учебное пособие / А.М. Сомов, В.В. Старостин, Р.В. Кабетов. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2017. – 404 с.

6.2 Дополнительная литература

1. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика – Москва : Радио и Связь, 2000. – 536 с.

2. Электродинамика. Учебное пособие для вузов. Сомов А.М., Старостин В.В., Бенеславский С. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2011. – 200 с.

3. Фальковский О. И. Техническая электродинамика: Учебник. 2-е изд., стер.– Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2009. – 432 с

4. Неганов В.А., Осипов О.В., Раевский С.Б., Яровой Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн. – Москва: Радиотехника 2009, – 744 с.

5. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.Н., Пономарев Л.И. Устройства СВЧ и антенны. – Москва : Радиотехника 2008, – 384 с.

6. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии: учеб. пособие/ Под общ. ред. Ю.Б. Нечаева, В.И. Николаева – Воронеж, ОАО Концерн «Созвездие», 2008. – 629 с.

7. Основы теории антенн и распространения радиоволн. Учебное пособие для вузов. Кубанов В.П., Ружников В.А., Сподобаев М.Ю., Сподобаев Ю.М. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2021. – 276 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не предусмотрено.

8. Ресурсное обеспечение.

Кафедра «Системы и сети радиосвязи и телерадиовещания» располагает кадровыми ресурсами, гарантирующими качество подготовки аспиранта по специальности_2.2.14 Антенны, СВЧ-устройства и их технологии в соответствии с ФГТ.

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: наборами демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.

2. Учебная аудитория для проведения практических занятий, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: наборами демонстрационного оборудования и учебно-наглядных

пособий, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины, оснащенная компьютерной техникой.

10. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом. В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет аспиранта на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

Аспиранты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета _____
_____
"____" _____202__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

«_____»
наименование

для подготовки _____
Направление: (код, название направления/специальности)
Направленность (профиль): _____
Форма обучения: _____
Год начала подготовки: _____

Курс ____
Семестр _____
(Возможны следующие варианты):
[1]а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.
б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) ……..;
2) ……..;
3) ……

Разработчик (и): _____
(ФИО, ученая степень, ученое звание)
«__» _____20___г.
Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
_____ протокол № _____ от «__» _____20____г.
Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой *(наименование)* _____«__» _____ 20___г.

[1] Разработчик выбирает один из представленных вариантов.