

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Радиоуправление и связь»

«СОГЛАСОВАНО»

Декан факультета РТ

/ И.С. Холопов

«28» 06 2019 г

Заведующий кафедрой РТУ

/ Ю.Н. Паршин

«28» 06 2019 г

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

/ А.В. Корячко

«28» 06 2019 г



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01.05 «Устройства СВЧ и антенны»

Направление подготовки

11.05.01. «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Направленность (профиль) подготовки

«Радионавигационные системы и комплексы»

Уровень подготовки
специалитет

Квалификация выпускника – инженер

Формы обучения – очная

Рязань 2019 г

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности)

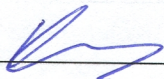
11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»,
утвержденного 09.02.2018 № 94

Разработчик доцент кафедры РУС

 Львова И.А.

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «26» 06 2019 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой РУС

 Кириллов С.Н., д.т.н., проф.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Коды компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-5	Способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующих физико-математический аппарат	<u>Знать:</u> принципы функционирования устройств СВЧ и антенн, аналитические и численные методы их расчета, конструкции типовых узлов тракта и типов антенн. <u>Уметь:</u> выполнять расчеты основных характеристик элементов СВЧ тракта и параметров антенн различных типов. <u>Владеть:</u> персональным компьютером для расчета основных характеристик элементов СВЧ тракта и параметров антенн различных типов
ПК-5	способностью использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств сверхвысоких частот (СВЧ) и антенн	<u>Знать:</u> современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств и антенн. <u>Уметь:</u> использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств и антенн. <u>Владеть:</u> навыками использования современных пакетов прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств, устройств и антенн.

1. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Устройства СВЧ и антенны» относится к базовой части профессионального цикла по направлению подготовки 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» и основывается на знаниях, полученных при изучении предшествующих курсов: математики, физики, основ теории цепей, электродинамики и распространения радиоволн и взаимосвязана с дисциплинами: устройства генерирования и формирования сигналов, устройства приема и преобразования сигналов, основы теории радиолокационных систем, основы теории систем передачи информации. Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах, в 6 семестре – курсовая работа и лабораторный практикум.

2. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		5	6
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	180		

Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	80		
Лекции	48	32	16
Практические занятия	16		16
Лабораторные работы	16		16
Самостоятельная работа (всего) в том числе:	100		
Курсовая работа			+
Консультации в семестре	10		
Экзамены и консультации	40		
Самостоятельные занятия	50	15	35
Вид промежуточной аттестации обучающихся		Экзамен	Зачет

3. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины с указанием академических часов и видов занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции (48 часов)	ЛР (16 часов)	ПЗ (16 часов)
	Введение	2 ч.	2 ч.	
1	Расчет поля излучения антенн в однородном пространстве	6 ч.		2 ч.
2	Линейные антенны	6 ч.		2 ч.
3	Поверхностные антенны	6 ч.		4 ч.
4	Дискретные системы излучателей	6 ч.	2 ч.	4 ч.
5	Работа антенны в режиме приема	6 ч.		
6	Рупорные антенны	2 ч.	2 ч.	2 ч.
7	Линзовые антенны	2 ч.	2 ч.	
8	Зеркальные антенны	2 ч.	2 ч.	2 ч.
9	Антенны поверхностных волн	2 ч.	2 ч.	
10	Антенны с вращающейся поляризацией	2 ч.	2 ч.	
11	Диапазонные антенны	2 ч.		
12	Устройства СВЧ	4 ч.	2 ч.	

4.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела, темы учебной дисциплины	Содержание раздела, темы в дидактических единицах (48 часов)
	Введение	Назначение антенн и их общая характеристика. История развития теории и техники антенн.
1	Раздел 1. Основы теории антенн	
	1. Расчет поля излучения антенн в однородном пространстве.	Расчет поля излучения антенн в однородном пространстве. Электромагнитное поле произвольной системы токов как решение уравнений Максвелла. Внешние и внутренние параметры антенн: диаграмма направленности антенны, понятие фазо-

		вого центра и условия его существования, поляризационные свойства антенны, интегральные параметры. Дискретные системы излучателей. Система однотипных и одинаково направленных токов. Теорема умножения.
	2. Линейные антенны	Линейный излучатель. Понятие реализуемой диаграммы направленности. Синтез линейной антенны по заданной характеристике направленности. Линейный электрический излучатель с бегущей волной тока. Анализ диаграммы направленности. Расчет основных параметров линейной антенны с бегущей волной тока. Элементарный электрический излучатель. Линейная антенна со стоячей волной электрического тока. Распределение тока и ДН симметричного вибратора. Внутренние параметры антенн: действующая длина, сопротивление излучения, входное сопротивление, КНД. Инвариантность однородных уравнений Максвелла. Магнитный диполь. Принцип двойственности. Идеальная щелевая антенна. Расчет внутренних и внешних параметров щелевой антенны.
	3. Поверхностные антенны	Приближенные методы решения задачи об излучении поверхностных антенн. Метод эквивалентных токов. Поле излучения плоской поверхностной антенны. Интегральные параметры антенн. ДН в произвольной меридиональной плоскости. Теорема об эквивалентном линейном излучателе. Поверхностные антенны с прямоугольным и круглым раскрывом. Влияние амплитуды поля в раскрыве на характеристику направленности. Фазовые искажения.
	4. Дискретные системы излучателей	Классификация антенных решеток. Линейная решетка с бегущей волной тока. Расчет основных параметров линейной решетки с бегущей волной тока. Методы сканирования в решетках. Диаграммообразующие схемы ФАР и их основные элементы. Плоские антенные решетки. Разновидности плоских ФАР. Расчет характеристик направленности в двух главных плоскостях. Взаимное влияние излучателей в антенной решетке. Расчет входного сопротивления излучателя в ФАР. Учет влияния плоского металлического экрана на параметры излучателя с использованием метода зеркальных изображений.
	5. Работа антенны в режиме приема	Принцип взаимности и эквивалентная схема приемной антенны. Условия приема максимальной мощности (согласование приемной антенны). Параметры антенны в режиме приема.

		Шумовая температура приемной антенны.
2	Раздел 2. Антенные системы СВЧ	
	6. Рупорные антенны	Классификация рупорных антенн. Поле в раскрыве рупора и поле излучения. Оптимизация параметров рупорной антенны.
	7. Линзовые антенны	Классификация линзовых антенн. Уравнение профиля. Поле в раскрыве линзы и игле излучения. Зонирование линзовой антенны. Линзы с широкоугольным сканированием.
	8. Зеркальные антенны	Расчет профиля антенны. Расчет поля в раскрыве и поля излучения зеркальной антенны. Сканирование в зеркальных антеннах. Сферические зеркала. Разновидности зеркальных антенн. Оптимизация параметров.
	9. Антенны поверхностных волн	Типы и параметры направляющих структур. Диэлектрические и стержневые антенны. Плоские импедансные антенны.
	10. Антенны с вращающейся поляризацией	Методы создания поля круговой поляризации. Турникетная антенна. Идеальная антенна круговой поляризации. Спиральная антенна. Режим работы. Излучения кольца с бегущей волной тока. Оптимизация параметров спиральной антенны в режиме осевого излучения. Разновидности спиральных антенн. Диапазонные свойства.
	11. Диапазонные антенны	Принцип построения широкополосных антенн. Частотно-независимые и логопериодические структуры.
	12. Устройства СВЧ	Общая характеристика и область применения устройств СВЧ. Классификация линий передачи. Диапазонные свойства. Мостовые устройства СВЧ.

4.3 Лабораторный практикум (16 часов)

Согласно рабочей программе студенты выполняют лабораторные работы, на которые отводится 16 часов.

В результате выполнения лабораторных работ студент должен:

- знать основные параметры изученных антенн, особенности различных разновидностей антенн и устройств СВЧ;
- знать взаимосвязь основных параметров антенн с их геометрическими параметрами;
- знать методы измерения основных параметров антенн и устройств СВЧ;
- уметь измерять основные параметры антенн и устройств СВЧ;
- уметь грамотно формулировать выводы и практические рекомендации по результатам проведенных в лаборатории измерений.

При подготовке к лабораторным работам студенту необходимо самостоятельно подготовить ответы на контрольные вопросы, представленные в методических указаниях [1], а также выполнить предварительный расчет.

Практические задания к лабораторным работам с пояснением по их выполнению приведены в методических указаниях [1].

№ п/п	Номер раздела, темы дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1	Вводное занятие
2	2,6	Рупорные антенны
3	2,8	Зеркальные антенны
4	2,9	Диэлектрические и импедансные антенны
5	2,10	Антенны вращающейся поляризации
6	2,11	Волноводно-щелевые антенны
7	1,4	Синфазная решетка и методы электрического управления положением ДН антенны в пространстве
8	2,12	Мостовые устройства СВЧ

4.4 Практические занятия (16 часов)

Целью выполнения практических занятий является углубление изучения разделов дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» с целью получения навыков применения теоретических знаний к решению задач антенной техники. Решение типовых задач из учебного пособия [4], приведенного в списке дополнительной литературы. Приобретение навыков проектирования антенн и устройств СВЧ с помощью современных пакетов прикладных программ с использованием источника [8] из списка дополнительной литературы.

№ п/п	Номер раздела, темы дисциплины	Наименование практических занятий
1	1,1	Качественные и количественные характеристики антенн – 4 часа
2	1,2	Симметричный и несимметричный вибраторы – 4 часа
3	1,4	Антенные решетки с электрическим сканированием луча – 4 часа
4	2,6 2,7 2,8	Апертурные антенны СВЧ – 4 часа

4.5 Самостоятельные занятия студентов (50 часов)

Самостоятельная работа студента организуется преподавателем и направлена на углубление и закрепление знаний, а также изучение некоторых тем учебной программы, которые не изучаются на аудиторных занятиях.

Согласно учебному плану дисциплины на самостоятельную работу выделяется 50 часов.

Перечисленные ниже темы студент изучает самостоятельно по рекомендуемой литературе [1- 4], приведенной в списке основной литературы.

1. Распространение радиоволн в направляющих системах в свободном пространстве и при наличии неоднородностей (5 часов).
2. Логопериодические широкополосные антенны (5 часов).
3. Антенны ультракоротких волн (5 часов).
4. Антенны в печатном исполнении (5 часов).
5. Многощелевые волноводные антенны (5 часов).
6. Антенные решетки с обработкой сигналов (5 часов).

7. Телевизионные антенны (5 часов).
8. Антенны радиорелейных линий (5 часов).
9. Антенны для спутниковой и космической радиосвязи (5 часов).
10. Вопросы электромагнитной совместимости антенн (5 часов).

4.6 Курсовая работа

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны» обеспечивает решение следующих задач:

- закрепляет знания основных электродинамических закономерностей, определяющих работу антенн и устройств СВЧ;
- формирует понимание, умения и навыки использования рациональных математических моделей и современной вычислительной техники для проектирования, расчёта антенн и устройств СВЧ;
- знакомит студентов со способами технической реализации различных типов антенн и устройств СВЧ.

При выполнении курсовой работы необходимо пользоваться материалами, приведенными в лекционном курсе, литературными источниками [1-3] и [5-7] из списка дополнительной литературы, а также методическими указаниями [2, 3]. Примерные варианты заданий приведены в Приложении.

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в виде оценочных материалов и приведен в Приложении.

6. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины

6.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Автор(ы)	Год и место издания
1.	Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн	Г. А. Ерохин, О. В. Чернышев, Н. Д. Козырев, В. Д. Кочержевский	Горячая Линия – Телеком, 2007, 491 стр.
2.	Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства	Е.И. Нефедов	Academia, 2010, 320 стр.
3.	Устройства СВЧ и антенны	Е.И. Нефедов	Academia, 2009, 384 стр.
4.	Устройства СВЧ и антенны. Часть 2. Теория и техника антенн	В.А.Неганов, Д.С.Клюев, Д.П. Табаков	Ленанд, 2014, 728 стр.

6.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Автор(ы)	Год и место издания
1.	Устройства СВЧ и антенны	Сазонов Д.М.	М.: Госэнергоиздат, 1986.
2.	Антенно-фидерные устройства	Драбкин А.Л. и др.	М.: Советское радио, 1974.
3.	Проектирование антенных устройств СВЧ	И.П. Заикин, А.В. Тощий, С.К. Абрамов, В.В. Лукин.	Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – 107 с.
4.	Задачи и расчеты по курсу «Устройства СВЧ и антенны»	Белоцерковский Г.Б., Красюк В.Н.	Учеб. пособие / СПбГУАП.СПб. 2002. 178 с.
5.	Антенны УКВ	Айзенберг Г.З.	М.: Связьиздат, 1957.
6.	КВ антенны	Айзенберг Г.З.	М.: Связьиздат, 1962.
7.	Проектирование АФУ	Жук М.С., Молочков Ю.И.	М.: Советское радио, 1986.
8.	Проектирование СВЧ устройств и антенн с помощью Ansoft HFSS.	Банков С.Е., Курушин А.А.	М.: ЗАО «НПП «РОДНИК», 2009

6.3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

№ п/п	Наименование	Автор(ы)	Год и место издания
1.	Антенны и устройства СВЧ. Методические указания к лабораторным работам	А.В. Рубцов, И.А. Львова, М.В. Кулакова, Л.В. Аронов	Рязань: РГРТУ, 2016.
2.	Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны»	А.В. Маторин	Рязань: РГРТУ, 2009.
3.	Устройства СВЧ и антенны. Методические указания к курсовой работе	И.А. Львова	Рязань: РГРТУ, 2016.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

С целью обеспечения эффективного усвоения студентами материала курса при выполнении ими лабораторных работ необходимо, чтобы эти работы выполнялись студентами после проработки соответствующего материала и усвоения порядка проведения экспериментальной части работы. Поэтому допуск студентов к выполнению соответствующей работы целесообразно осуществлять только после того, как они во время предварительного опроса покажут соответствующие знания. Таким образом, процедура выполнения студентом лабораторной работы сводится к двум этапам: подготовка к собеседованию по теоретической части и выполнение индивидуального практического задания. Рекомендуется использование компьютеров при выполнении расчетов и исследований в лабораторной работе.

При выполнении заданий, вынесенных на самостоятельное изучение, необходимо наряду с библиотечным фондом пользоваться различными базами знаний, размещенными в сети Интернет. К ним относятся: Научная электронная библиотека, Российская государственная библиотека и многие другие.

Зарубежные электронные научные информационные ресурсы: European Library.

При изучении данного курса студентам предстоит выполнить следующие виды работ:

- Анализ теоретического материала;
- Проработка лекционного материала;
- Выполнение практических заданий;
- Подготовка к зачету и экзамену.

Все лекции дисциплины завершаются вопросами для повторения, на которые требуется ответить. Практикум содержит индивидуальные задания.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для организации учебного процесса по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны» используются лекционные аудитории, оснащенные мультимедийной техникой. Лекции проводятся в форме авторских презентаций, разработанных преподавателем-лектором.

Для освоения дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» кафедра РУС имеет специализированную учебную лабораторию, оснащенную измерительной аппаратурой для экспериментального определения параметров различных антенн и устройств СВЧ.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки «Радиоэлектронные системы и комплексы» (квалификация выпускника – инженер, форма обучения - очная).

Программу составил
к.т.н., доц. кафедры РУС

/Львова И.А./

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

С целью обеспечения эффективного усвоения студентами материала курса при выполнении ими лабораторных работ необходимо, чтобы эти работы выполнялись студентами после проработки соответствующего материала и усвоения порядка проведения экспериментальной части работы. Поэтому допуск студентов к выполнению соответствующей работы целесообразно осуществлять только после того, как они во время предварительного опроса покажут соответствующие знания. Таким образом, процедура выполнения студентом лабораторной работы сводится к двум этапам: подготовка к собеседованию по теоретической части и выполнение индивидуального практического задания. Рекомендуется использование компьютеров при выполнении расчетов и исследований в лабораторной работе.

При выполнении заданий, вынесенных на самостоятельное изучение, необходимо наряду с библиотечным фондом пользоваться различными базами знаний, размещенными в сети Интернет. К ним относятся: Научная электронная библиотека, Российская государственная библиотека и многие другие.

Зарубежные электронные научные информационные ресурсы: European Library.

При изучении данного курса студентам предстоит выполнить следующие виды работ:

- Анализ теоретического материала;
- Проработка лекционного материала;
- Выполнение практических заданий;
- Подготовка к зачету и экзамену.

Все лекции дисциплины завершаются вопросами для повторения, на которые требуется ответить. Практикум содержит индивидуальные задания.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для организации учебного процесса по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны» используются лекционные аудитории, оснащенные мультимедийной техникой. Лекции проводятся в форме авторских презентаций, разработанных преподавателем-лектором.

Для освоения дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» кафедра РУС имеет специализированную учебную лабораторию, оснащенную измерительной аппаратурой для экспериментального определения параметров различных антенн и устройств СВЧ.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки «Радиоэлектронные системы и комплексы» (квалификация выпускника – инженер, форма обучения - очная).

Программу составил
к.т.н., доц. кафедры РУС



/Львова И.А./