



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДВФУ**

«СОГЛАСОВАНО»

Инженерная школа

Руководитель ОП

(подпись)

Л.Г. Стаценко  
(Ф.И.О. рук. ОП)

« 17 » мая 2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующая кафедрой  
электроники и средств связи

(подпись)

Л.Г. Стаценко  
(Ф.И.О. зав. каф.)

« 17 » мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи

**Направление подготовки**

**11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Форма подготовки очная

курс 3, 4 семестр 6, 7

лекции 72 час.

практические занятия 72 час.

лабораторные работы 18 час.

в том числе с использованием МАО лек. 0/лаб. 16 час./ пр. 36 час.

всего часов аудиторной нагрузки 162 час.

в том числе с использованием МАО 48 час.

самостоятельная работа 108 час.

в том числе на подготовку к экзамену 54

курсовая работа/ курсовой проект – 7 семестр

зачет – не предусмотрено учебным планом

экзамен 6, 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19.09.2017 № 930

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроники и средств связи, протокол №14 от «17» мая 2019г.

Заведующая кафедрой Стаценко Л.Г. профессор каф. ЭиСС, д.ф.-м.н.

Составитель: Бондаренко Л. В.

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация дисциплины «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи»**

Дисциплина «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи» предназначена для изучения в рамках направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль «Системы радиосвязи и радиодоступа» и входит в вариативную часть блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (Б1.В.08).

Общая трудоемкость составляет 324 часа (9 зачетных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (72 часа), лабораторные занятия (18 часов), практические занятия (72 часа) и самостоятельная работа студента (162 час., в том числе 72 час. на экзамен). Дисциплина реализуется на 3 и 4 курсах в 6 и 7 семестрах. Форма промежуточной аттестации в 6,7 семестрах – экзамен.

Дисциплина «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи» опирается на уже изученные дисциплины такие как «Электромагнитные поля и волны», а также на следующие разделы из курса «Математический анализ»: комплексные числа и комплексные функции, теория векторных полей, теория матриц, методы математической физики, дифференциальные и интегральные уравнения; из курса «Физика»: магнитные свойства вещества, электромагнитные волны, электричество, оптика. В свою очередь она является «фундаментом» для изучения дисциплин «Космические и наземные средства радиосвязи».

**Цель дисциплины** – подготовка специалистов, имеющих систематизированные представления о методах расчёта и принципах конструирования современных антенн и трактов СВЧ телекоммуникационных систем, способах определения создаваемого электромагнитного поля с учётом специфики указанных систем, умеющих использовать методы прикладной электродинамики для расчёта антенных устройств.

**Задачи дисциплины** – формирование у студентов навыков определения характеристик антенных устройств и их применения при проектировании каналов радиосвязи.

Для успешного изучения дисциплины «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации;

- способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ;

- способностью проводить инструментальные измерения, используемые в области инфокоммуникационных технологий и систем связи.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-7. Способность осуществлять монтаж. настройку, регулировку тестирование оборудования, отработку режимов работы, контроль проектных параметров работы и испытания оборудования связи обеспечение соответствия технических параметров инфокоммуникационных систем и /или их составляющих , установленным эксплуатационно-техническим нормам	Знает	действующие отраслевые нормативы, определяющие требования к параметрам работы оборудования, каналов и трактов
	Знает	методики проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи
	Умеет	вести техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществлять проверку качества работы оборудования и средств связи
	Владеет	выбирать и использовать соответствующее тестовое и измерительное оборудование, использовать программное обеспечение оборудования при его настройке

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи» применяются следующие методы активного обучения: проект презентация.

# I. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

## **Введение (1 час.)**

Роль АФУ в радиокомплексе. Понятие об антеннах и фидерных устройствах, их назначение, основные требования к ним. Общая классификация фидерных устройств. Классификация радиоволн по диапазонам. Роль диапазона СВЧ в различных областях науки и техники. Особенности конструкций СВЧ устройств.

## **Модуль 1. Направляемые волны**

### **Раздел 1. Общая теория направляемых волн (4 час.)**

#### *Тема 1.1. Основные принципы электродинамики (2 час.)*

Характеристики электромагнитного поля. Уравнения Максвелла и граничные условия. Электромагнитные волны в безграничном однородном пространстве. Постоянная распространения волны, фазовая постоянная и постоянная затухания волны. Глубина проникновения электромагнитной волны в проводник. Электромагнитные волны на границе раздела двух сред.

#### *Тема 1.2. Типы направляемых волн (2 час.)*

Классификация направляемых волн: поперечные электромагнитные (Т), электрические (Е), магнитные (Н), гибридные волны. Типы волн в волноводах. Фазовая скорость направляемых волн. Критическая длина волны. Связь между продольными и поперечными составляющими поля направляемых волн.

### **Раздел 2 Линии передачи (11 час.)**

#### *Тема 2.1. Прямоугольные металлические волноводы (4 час.)*

Типы волн в прямоугольном волноводе. Критическая длина волны. Фазовая и групповая скорости, длина волны в прямоугольном волноводе. Низшая (основная) волна прямоугольного волновода. Токи в стенках волновода. Излучающие и неизлучающие щели. Анализ основных характеристик прямоугольного волновода на волне  $H_{10}$ . Характеристическое

сопротивление волноводов. Волноводы специальной формы, гофрированные волноводы.

*Тема 2.2. Круглый металлический волновод (3 час.)*

Типы волн в круглых волноводах. Низшая (основная) волна круглого волновода. Волна  $H_{01}$  в круглом волноводе, использование круглого волновода на  $H_{01}$  для дальней связи, способы подавления нежелательных типов при многомодовом режиме. Применение волн с осевой симметрией ЭМП. Запредельный волновод. Потери в волноводах. Электрическая прочность волноводов.

*Тема 2.3. Линии передач с волнами TEM (2 час.)*

Общие характеристики волн TEM в линиях передач. Двухпроводные, четырехпроводные и многопроводные линии передач. Четырехпроводной перекрещенный фидер. Основные конструктивные данные. Затухание. Допустимая мощность. Коаксиальные линии передач. Типы волн в коаксиальной линии. Условия существования одномодового режима на T-волне. Основные характеристики коаксиальной линии:  $\Lambda$ ;  $Z_c$ ;  $P_{пр}$ ,  $U_{пр}$ ,  $\alpha$ . Области применения коаксиальных линий.

*Тема 2.4. Полосковые линии передач (1 час.)*

Типы полосковых линий. Симметричная полосковая линия (СПЛ), микрополосковая линия (МПЛ). Условия одномодового возбуждения. Основные параметры. Связанные МПЛ. Щелевые и копланарные линии.

*Тема 2.5. Диэлектрические волноводы (1 час.)*

Условия возникновения поверхностной волны. Структура поля, выбор поперечных размеров. Понятие о потерях и электрической прочности. Многослойные диэлектрические линии, световоды. Возможности использования оптических кабелей для дальней связи. Однопроводный фидер.

**Раздел 3. Согласование линий передач (4 час.)**

*Тема 3.1. Режимы в передающих линиях (2 час.)*

Условия возникновения бегущих и стоячих волн. Свойства стоячих волн. Коэффициент отражения, коэффициент стоячей волны (КСВ) и коэффициент бегущей волны (КБВ). Свойства отрезков линий передач. Круговая диаграмма полных сопротивлений (проводимостей).

*Тема 3.2. Согласующие устройства (2 час.)*

Необходимость согласования. Четвертьволновой и экспоненциальный трансформаторы. Биномиальные и чебышевские переходы. Шлейфовый трансформатор. Реактивные элементы в волноводных линиях: штыри и диафрагмы. Короткозамыкающие металлические поршни.

## **Модуль 2. Фидерные тракты**

### **Раздел 1. Передача энергии в фидерных трактах (3 час.)**

*Тема 1.1. Способы возбуждения волноводов (1 час.)*

Электрическая и магнитная связь. Согласование возбуждающих устройств с волноводом. Связь через одно или нескольких отверстий в стенках волноводах.

*Тема 1.2. Сочленение линий передач (2 час.)*

Фланцы, разъемы. Волноводно-коаксиальные и волноводно-полосковые переходы. Вращающиеся сочленения. Е и Н волноводные разветвления.

### **Раздел 2. Элементы фидерных трактов (17 час.)**

*Тема 2.1. Согласованные нагрузки (эквиваленты антенны) (1 час.)*

Основные характеристики. Волноводные нагрузки низкого и высокого уровня мощности. КСВ, рабочий диапазон частот, конструкция.

*Тема 2.2. Атенюаторы (1 час.)*

Поглощающие и предельные, переменные и фиксированные аттенюаторы. Параметры, конструкции, назначения. Достоинства и недостатки.

*Тема 2.3. Волноводные разветвления (4 час.)*

Направленные ответвители (НО) с сильной и слабой связью. Волноводные, коаксиальные и полосковые НО. Волноводные тройники.

Двойной волноводный тройник. Использование двойного тройника в качестве моста. Волноводные кольцевой и щелевой мосты. Мостовые устройства ИС СВЧ. Делители мощности.

*Тема 2.4. Коммутационные устройства (1 час.)*

Механические переключатели, антенные балансные переключатели. Полупроводниковые коммутаторы.

*Тема 2.5. Фазовращатели (1 час.)*

Методы управления фазой волны. Волноводные взаимные фазовращатели. Основные характеристики, конструкция. Фазовращатели ИС СВЧ.

*Тема 2.6. Ферриты в технике СВЧ (2 час.)*

Волноводные ферритовые вентили, фазовращатели, переключатели, циркуляторы. Методы управления поляризацией волны. Применение поляризованных устройств для уплотнения линий связи, в радиолокации и в других областях. Ферриты ИС СВЧ.

*Тема 2.7. Резонаторы СВЧ и оптического диапазона (4 час.)*

Общая теория резонаторов. Собственная, нагруженная и внешняя добротности. Волноводные резонаторы. Резонаторы коаксиального типа. Тороидальные резонаторы: резонансная длина волны, перестройка. Микрополосковые резонаторы. Открытые резонаторы.

*Тема 2.8. Фильтры (2 час.)*

Условия физической реализации. Низкочастотный прототип. Методы аппроксимации амплитудных и фазовых характеристик. Фильтры с четвертьволновой и непосредственной связью. Фильтры на связанных линиях. Влияние потерь на характеристики фильтров. Применение фильтров для широкополосного согласования. Фильтры ИС СВЧ.

*Тема 2.9. Фидерные тракты радиорелейных и космических линий связи (1 час.)*

Составные элементы трактов. Требования, предъявляемые к ним. Применение круглых и эллиптических, гибких гофрированных волноводов.

### **Модуль 3. Основы теории антенных устройств**

#### **Раздел 1. Общие положения теории антенных устройств (7 час.)**

##### *Тема 1.1. Основные задачи теории антенн (2 час.)*

Назначение передающей и приемной антенны в радиоканале. Классификация антенн. Применение принципа суперпозиции при расчете антенн. Направленные свойства элементарного вибратора.

*Тема 1.2. Основные электрические параметры передающих антенн (2 час.)*

Характеристика направленности, диаграмма направленности (ДН) антенны: амплитудная, фазовая. Ширина диаграммы направленности и относительный уровень боковых лепестков. Коэффициент направленного действия антенны (КНД). КНД элементарного электрического вибратора. Коэффициент полезного действия (КПД) и коэффициент усиления (КУ) антенны. Определение напряженности поля по заданному КУ антенны и подводимой к ней мощности. Поляризационный эллипс и его параметры. Эллиптическая, круговая и линейная поляризация поля излучения антенны. Входное сопротивление антенны. Рабочая полоса частот. Узкополосные, широкополосные и частотно-независимые антенны. Предельная мощность.

##### *Тема 1.3. Теория приемных антенн (1 час.)*

Физические основы процесса приёма. Принцип взаимности для анализа приёмных антенн. Условия выделения максимальной мощности в нагрузку приёмной антенны. Основные электрические параметры приёмных антенн. Эффективная площадь. Эквивалентная схема, шумовая температура.

##### *Тема 1.4. Симметричный вибратор (2 час.)*

Симметричный электрический вибратор: направленные свойства, мощность и сопротивление излучения, входное сопротивление. Резонансная длина вибратора, ее зависимость от размеров поперечного сечения. КНД и действующая длина антенны. Симметричные щелевые вибраторы. Принцип двойственности. ДН, КНД, входная проводимость (внутренняя) и проводимость излучения (внешняя) щелевого вибратора.

## **Раздел 2. Теория антенных решёток (8 час.)**

### *Тема 2.1. Антенные решетки (АР) (5 час.)*

Линейные антенные решётки. Множитель системы. Режимы работы антенных решёток. Система из двух связанных вибраторов. Направленные свойства. Пассивные вибраторы. Рефлектор. Директор. Управление ДН путем изменения фазового распределения. Влияние неравномерности амплитудного распределения и фазовых искажений на ДН линейной АР. Входное сопротивление излучающего элемента АР. Наведенные и взаимные сопротивления. Излучаемая мощность и КНД линейных АР. Понятие о линейном непрерывном излучателе. Плоские АР. Неэквидистантные решетки.

### *Тема 2.2. Синтез антенны по заданной форме ДН (1 час.)*

Понятие о синтезе антенны. Приближенные методы решения задач синтеза. Сверхнаправленные антенны. Получение оптимальных диаграмм направленности.

### *Тема 2.3. Излучение возбуждённых поверхностей (2 час.)*

Идеальная излучающая плоская поверхность (апертура) прямоугольного и круглого раскрыва. Влияние закона амплитудного и фазового распределения поля на излучающие свойства апертуры. Коэффициент использования поверхности (КИП).

## **Модуль 4. Типы антенных устройств**

### **Раздел 1. Вибраторные и щелевые антенны УКВ (8 час.)**

#### *Тема 1.1. Простые вибраторные и щелевые антенны УКВ (2 час.)*

Особенности антенн УКВ диапазона. Возбуждение симметричных вибраторов. Симметрирующие устройства. Разновидности простых вибраторных антенн. Шлейф-вибратор Пистолькорса. Способы увеличения рабочего диапазона вибраторных антенн. Вибратор Надененко. Шунтовой вибратор Айзенберга. Излучение вибратора, расположенных вблизи идеально проводящей поверхности (метод зеркальных отображений).

Несимметричный вибратор. Аперриодический рефлектор. Щелевые резонансные антенны.

*Тема 1.2. Многовибраторные и многощелевые антенны (3 час.)*

Синфазные вибраторные антенные решетки. Схемы питания. Многощелевые волноводные антенны. Резонансное и нерезонансное возбуждение щелей. Директорные антенны. Логопериодические вибраторные антенны.

*Тема 1.3. Антенны вращающейся поляризации (2 час.)*

Турникетный излучатель. Спиральная антенна. Условие излучения волны с круговой поляризацией. Виды спиральных антенн.

*Тема 1.4. Вопросы миниатюризации антенн (1 час.)*

Сверхминиатюрные интегрируемые антенны (СИА) – приемные электрические вибраторы малых размеров с включенными в них активными п/п приборами (усилителями, смесителями и т.д.).

Антенны в печатном исполнении. Широкополосные микрополосковые антенны (МПА). Антенные решетки в полосковом исполнении. Микрополосковые излучатели с круговой поляризацией. Линейные МПА. Фрактальные антенны.

## **Раздел 2. Апертурные антенны (6 час)**

*Тема 2.1. Рупорные антенны (2 час.)*

Антенна в виде открытого конца волновода. Рупорные антенны. Виды рупорных антенн. Распределение амплитуды и фазы поля в раскрыве. Оптимальный рупор. Согласование рупора с волноводом.

*Тема 2.2. Зеркальные антенны (3 час.)*

Зеркальные антенны. Метод определения ДН по распределению поля в излучающей апертуре и по распределению плотности тока на зеркале. Требования к ДН облучателя. Затенение раскрыва зеркала облучателем, реакция зеркала на облучатель. Параболические антенны с вынесенным облучателем. Рупорно-параболическая антенна. Допуски на изготовление зеркальных антенн. Методы расчета. Двухзеркальные антенны. Облучатели

зеркальных антенн: вибраторные, волноводные, рупорные, щелевые волноводные, спиральные. Антенна – параболический цилиндр. Угловая антенна. Линзовые антенны.

*Тема 2.3. Антенны поверхностных волн (1 час.)*

Диэлектрические стержневые антенны. Плоские антенны поверхностных волн.

### **Раздел 3. Сканирующие антенные решетки (3 час.)**

*Тема 3.1. Особенности работы фазированных антенных решеток (ФАР) (1 час.)*

Назначение и методы сканирования. Искажение ДН при сканировании. Требования к шагу ФАР. Взаимное влияние элементов решетки. Требования, предъявляемые к излучателю ФАР.

*Тема 3.2. Возбуждение ФАР (2 час.)*

Схемы возбуждения ФАР фидерного и оптического типа. Аналоговый и дискретно-коммутационный способы фазирования. Антенные решетки из активных излучателей. Понятие об АР с обработкой сигнала, применение ЭВМ в АР.

### **Раздел 4. Антенные устройства для связи, телевидения и радиовещания (6 час)**

*Тема 4.1. Антенны для телевидения, радиорелейных линий (РРЛ) и космической радиосвязи (2 час.)*

Антенны передающих телевизионных центров. Приемные телевизионные антенны. Антенны для коллективного приема.

Особенности зеркальных антенн, применяемых на магистральных РРЛ прямой видимости. Перископические антенные системы. Пассивные ретрансляторы для РРЛ.

Основные требования к антенным устройствам систем спутниковой связи (ССС). Антенны земных СССР и бортовые антенны СССР.

*Тема 4.2. Антенны декаметрового (коротковолнового) диапазона (2 час.)*

Особенности коротковолновых антенн. Выбор антенны в зависимости от длины линии связи. Узкополосные и диапазонные антенны. Синфазная горизонтальная диапазонная антенна. Типы рефлекторов: настроенные, активные, диапазонные, апериодические. Направленные свойства, КНД. Электрическая прочность. Согласование с питающей линией. Ромбическая антенна. Двойная ромбическая антенна. Антенна бегущей волны. Принцип действия, выбор элемента связи между вибраторами и собирательной линией. Антенны с резисторной связью. Вертикальная несимметричная антенна бегущей волны.

Логопериодическая антенна. Пространственные и плоские логопериодические антенны. Излучающие свойства. Согласование с питающей линией. Синфазные решетки из логопериодических антенн.

*Тема 4.3. Антенны метраметровых (сверхдлинных), километровых (длинных) и гектометровых (средних) волн (2 час.)*

Особенности антенн. Проволочные Т-, Г-образные и зонтичные антенны. Методы расчета основных параметров антенн: распределения тока, сопротивления излучения, допустимой мощности в антенне, волнового сопротивления, полосы пропускания. Методы расширения полосы рабочих частот, увеличения КПД. Системы заземлений, противовесы.

Вещательные антенны гектометровых волн. Заземление, антенны-мачты, антенна шунтового питания, антенна верхнего питания. Антифединговые антенны-мачты. Антенна Айзенберга с регулируемым распределением тока (АРРТ). Антенна АРРТ с двумя точками питания. Пневматические антенны-мачты.

Приемные антенны километровых и гектометровых волн: несимметричные вертикальные, рамочные, магнитные, гониометрические, однопроводные бегущей волны.

**Раздел 5. Вопросы электромагнитной совместимости (ЭМС) и обеспечения экологической безопасности при проектировании антенн (2 час.)**

Влияние бокового излучения антенны на качество работы системы. Усреднение ДН. Требование к величине взаимной развязки (переходного ослабления) близко расположенных антенн. Развязка антенн по поляризации электромагнитного поля. Методы снижения бокового излучения.

## **II. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

#### **Занятие 1. Исследование элементов и узлов коаксиального тракта (4 час)**

1. Ознакомление с работой и конструкцией отдельных элементов и узлов коаксиального тракта.
2. Определение относительной величины потерь в коаксиальной линии передач.
3. Освоение методики измерения длины волны, коэффициента бегущей волны и полного сопротивления нагрузки с помощью измерительной линии и круговой диаграммы полных сопротивлений.

#### **Занятие 2. Исследование неоднородностей в прямоугольном волноводе (6 час)**

1. Экспериментальная проверка основных положений теории волновода.
2. Измерение полных проводимостей различного типа неоднородностей.
3. Сравнение данных эксперимента с расчетными.

#### **Занятие 3. Исследование генератора СВЧ на диоде Ганна (4 час)**

1. Ознакомление с принципом действия и устройством СВЧ диодов Ганна.

2. Изучение конструкции, характеристик и параметров СВЧ генератора малой мощности на арсенидогаллиевом диоде Ганна трехсантиметрового диапазона, а также аппаратуры СВЧ, используемой при исследовании твердотельных генераторов.

#### **Занятие 4. Исследование рупорной антенны (4 час)**

1. ознакомление с основными характеристиками и параметрами антенн СВЧ, освоение методов измерения диаграмм направленности и коэффициента направленного действия рупорной антенны, сравнение и анализ данных расчёта и эксперимента.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

#### **Занятие 1. Прямоугольные металлические волноводы (4 час)**

1. Определение картины электромагнитного поля в прямоугольных волноводах для различных типов волн.
2. Нахождение параметров прямоугольных металлических волноводов.
3. Определение направления и величину токов на стенках прямоугольных волноводов.

#### **Занятие 2. Расчёт энергетических характеристик прямоугольных волноводов (4 час)**

1. Выбор стандартного прямоугольного металлического волновода.
2. Анализ основных характеристик прямоугольного волновода на волне  $H_{10}$ .

#### **Занятие 3. Круглые металлические волноводы (2 час)**

1. Определение картины электромагнитного поля в круглых металлических волноводах для различных типов волн.
2. Нахождение параметров круглых металлических волноводов.
3. Определение направления и величину токов на стенках круглых волноводов.

#### **Занятие 4. Коаксиальные волноводы (2 час)**

1. Определение картины электромагнитного поля в коаксиальных волноводах для различных типов волн.

2. Нахождение параметров коаксиальных волноводов.

3. Определение направления и величину токов на стенках коаксиальных волноводов.

#### **Занятие 5. Полосковые линии передачи (2 час)**

1. Анализ полосковых волнодов.

2. Синтез полосковых волнодов.

#### **Занятие 6. Режимы волн в линиях передачи (4 час)**

1. Определение режима волн в линиях передач.

2. Расчёт характеристик линий передач в различных режимах волн.

#### **Занятие 7. Согласующие устройства (2 час)**

1. Расчёт четвертьволновых трансформаторов.

2. Расчёт шлейфовых трансформаторов.

#### **Занятие 8. Расчёт кольцевого моста (2 час)**

1. Выбор материала проводников и подложки полоскового кольцевого моста.

2. Синтез плеч полоскового моста.

3. Расчёт параметров и геометрических размеров полоскового кольцевого моста.

#### **Занятие 9. Расчёт квадратурного моста (2 час)**

1. Выбор материала проводников и подложки полоскового квадратурного моста.

2. Синтез плеч квадратурного моста.

3. Расчёт параметров и геометрических размеров полоскового квадратурного моста.

#### **Занятие 10. Расчёт многоканального делителя мощности (2 час)**

1. Выбор материала проводников и подложки полоскового многоканального делителя мощности.

2. Синтез плеч полоскового многоканального делителя мощности.

3. Расчёт параметров и геометрических размеров полоскового многоканального делителя мощности.

### **Занятие 11. Резонаторы (2 час)**

1. Определение картины электромагнитного поля в волноводных резонаторах для различных типов волн.

2. Нахождение параметров резонаторов.

3. Определение направления и величину токов на стенках волноводных металлических резонаторов.

### **Занятие 12. Фильтры (4 час)**

1. Выбор эквивалентной схемы фильтров СВЧ.

2. Расчёт параметров фильтров СВЧ.

### **Занятие 13. Симметричный вибратор (4 час)**

1. Определение величины электромагнитного поля, создаваемого вибратором.

2. Расчёт размеров вибраторов и их параметров.

### **Занятие 14. Антенные решётки (8 час)**

1. Определение величины электромагнитного поля, создаваемого антенной решёткой.

2. Расчёт размеров антенной решётки и её параметров.

### **Занятие 15. Синтез антенн по заданной форме диаграммы направленности (4 час)**

1. Синтез Дольф-чебышевской антенной решётки.

2. Расчёт параметров Дольф-чебышевской антенной решётки.

### **Занятие 16. Вибраторные и щелевые антенны УКВ (4 час)**

1. Определение параметров вибраторных антенн УКВ.

2. Расчёт спиральных антенн.

3. Определение параметров щелевых антенн.

### **Занятие 17. Расчёт волноводной многощелевой антенны (4 час)**

1. Определение параметров и геометрических размеров многощелевой антенны.

2. Расчёт диаграммы направленности многоцелевой антенны.

#### **Занятие 18. Излучение возбуждённых поверхностей (4 час)**

1. Расчёт размеров возбуждённой поверхности по заданной величине коэффициента направленного действия.

2. Определение направленных свойств возбуждённых поверхностей.

#### **Занятие 19. Расчёт оптимального рупора (4 час)**

1. Расчёт размеров оптимального рупора по заданной величине коэффициента направленного действия.

2. Определение направленных свойств рупорной антенны.

#### **Занятие 20. Апертурные антенны УКВ. Антенны поверхностных волн (4 час)**

1. Определение параметров и направленных свойств зеркальных антенн.

2. Определение параметров и направленных свойств антенн поверхностных волн.

#### **Занятие 21. Антенны дециметровых (коротких), метрических (сверхдлинных), километровых (длинных) и гектометровых (средних) волн (4 час)**

1. Определение параметров и направленных свойств антенн дециметровых волн.

2. Определение параметров и направленных свойств антенн метрических (сверхдлинных), километровых (длинных) и гектометровых (средних) волн.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Название дисциплины» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Направляемые волны	ПК-3	знает	Дискуссия (УО – 4)	Портфолио (ПР – 8)
			умеет	Лабораторная работа ПР – 6)	Портфолио (ПР – 8)
			владеет	Курсовая работа (ПР – 5)	Портфолио (ПР – 8)
2	Фидерные тракты	ПК-18	знает	Дискуссия (УО – 4)	Портфолио (ПР – 8)
			умеет	Лабораторная работа ПР – 6)	Портфолио (ПР – 8)
			владеет	Курсовая работа (ПР – 5)	Портфолио (ПР – 8)
3	Основы теории антенн	ПК-3	знает	Дискуссия (УО – 4)	Портфолио (ПР – 8)
			умеет	Лабораторная работа ПР – 6)	Портфолио (ПР – 8)
			владеет	Курсовая работа (ПР – 5)	Портфолио (ПР – 8)
		ПК-18	знает	Дискуссия (УО – 4)	Портфолио (ПР – 8)
			умеет	Лабораторная работа ПР – 6)	Портфолио (ПР – 8)
			владеет	Курсовая работа (ПР – 5)	Портфолио (ПР – 8)

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. ВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия. В 2-х книгах. Книга 1 [Электронный ресурс] / Белоус А.И., Мерданов М. К., Шведов С.В. - М. : Техносфера, 2016. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948364445.html>

2. Пониматкин В.Е. Антенно-фидерные устройства систем связи [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Е. Пониматкин, А.А. Шпилевой. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2010. — 122 с. — 978-5-9971-0100-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23761.html>

3. Шпилевой А.А. Теория антенно-фидерных устройств систем связи [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Шпилевой, В.Е. Пониматкин. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2011. — 114 с. — 978-5-9971-0191-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23936.html>

### **Дополнительная литература**

1. Антенно-фидерные устройства : учебник для электротехнических институтов связи / Г. Н. Кочержевский. - Москва : Связь, 1972 г., 471 с. (10 экз.) <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:675488&theme=FEFU>

2. Антенны и устройства СВЧ : методическая разработка / Дальневосточный государственный технический университет ; [сост. Г. Г. Уколова] - Владивосток : [Изд-во Дальневосточного технического университета], 2002 г., 59 с. (10 экз.) <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:403438&theme=FEFU>

3. Устройства СВЧ и антенны : учебное пособие для вузов / Е. И. Нефедов - Москва : Академия, 2009 г., 376 с. (26 экз.)

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети  
«Интернет»**

1. <http://window.edu.ru/window/library> «Элементы радиочастотных линий передачи: Методическая разработка по курсам "Устройства СВЧ и антенны", "Техническая электродинамика"/ Наймушин М.П., Соловьянова И.П.»
2. <http://window.edu.ru/window/librar> «Проектирование антенн с помощью пакета ELNEC: Методические указания/ Шабунин С.Н.»

**VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ  
ДИСЦИПЛИНЫ**

Для изучения дисциплины «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи» обучающемуся предлагаются лекционные, практические занятия и лабораторный практикум. Обязательным элементом является также самостоятельная работа. Из 324 общих учебных часов 162 часа отводится на самостоятельную работу студента, в том числе 54 часа на подготовку к экзамену. В рамках часов, выделенных на самостоятельную работу, студент должен производить подготовку к рейтинговым и зачетным проверкам, а также изучать темы, отведенные преподавателем на самостоятельное изучение. Помимо различных методических указаний и списка рекомендуемой литературы обучающийся должен обсуждать возникающие у него вопросы на консультациях, назначаемых преподавателем.

Дисциплину рекомендуется изучать по плану занятий. Обучающийся должен своевременно выполнять задания, выданные на практических занятиях, текущие лабораторные работы и защищать их во время занятий или на консультации.

При подготовке к лекциям обучающийся изучает план лекционного

материала, рекомендованную и дополнительную литературу.

Каждая лабораторная работа рассчитана на несколько аудиторных часов. Поскольку выполнение лабораторных работ опирается на лекционный материал, в курсе выбрано неравномерное распределение лабораторных работ по рейтинговым блокам. В первом рейтинговом блоке студент должен подготовить 2 лабораторные работы, во втором – 1 и в третьем – 1. Таким образом, студент должен сдать соответственно:

- к концу первого рейтингового блока 1 и 2 лабораторные работы;
- к концу второго рейтингового блока 3 лабораторную работу.
- к концу третьего рейтингового блока 4 лабораторную работу.

Для каждой лабораторной работы приведены контрольные вопросы. Эти вопросы предназначены для самостоятельного оценивания обучающихся по результатам выполнения работ. Для подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам требуется изучение лекционного материала, уверенное знание ответов на контрольные вопросы для закрепления материала. Для выполнения лабораторных работ и подготовки их к сдаче возможно использовать в качестве вспомогательной литературы методические указания по выполнению лабораторных работ.

К экзамену обучающийся должен отчитаться по всем практическим и лабораторным занятиям. Темы, рассмотренные на лекционных занятиях, но не отраженные в лабораторных работах закрепляются обучающимся во время самостоятельной работы.

При подготовке к экзамену необходимо повторить учебный материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посещать консультации. Экзамен проставляется по результатам рейтинга.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лаборатория СВЧ устройств и антенн:  
лабораторные стенды, СВЧ оборудование.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДФУ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи»  
Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи  
Форма подготовки очная

**Владивосток  
2019**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	В течении семестра	Закрепление лекционного материала	16	Проверка конспектов
2	В течение семестра	Подготовка к практическим занятиям	20	Дискуссии
3	В течение семестра	Подготовка к лабораторным работам	36	Опрос
4	В течение семестра	Подготовка к экзамену	54	Экзамен, представление портфолио
5	В течении семестра	Контроль за выполнением курсового задания	36	Защита

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Успешное освоение дисциплины основывается на систематической повседневной работе обучающегося. Самостоятельная работа предполагает работу с литературой, нормативными документами, интернет-ресурсами, предложенными преподавателем, а также посещение консультаций, проводимых преподавателем. Систематизация материала может проводиться в виде конспектов, рефератов, табличном варианте и другими способами, удобными для обучающегося.

### Методические указания к написанию конспекта

Конспект может быть выполнен в печатной или письменной форме.

Основные требования к конспекту:

1. Тема изучаемого материала,

2. Запись основных понятий, определений, закономерностей, формул, и т.д.,

3. Заключение по пройденному материалу,

4. Список использованных источников.

Конспекты дополняются материалами, полученными при проработке дополнительной литературы.

### **Методические указания к выполнению лабораторной работы**

Лабораторная работа – вид учебного занятия, направленный на углубление и закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков. Лабораторные работы являются неотъемлемой частью изучения дисциплины «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи».

Для каждой лабораторной работы разработаны методические указания, в которых приведены: цель работы, содержание работы, защита работы, варианты заданий, методические указания и контрольные вопросы.

На первой лабораторной работе обучающиеся создают личную папку с уникальным именем (Фамилия.инициалы\_группа\_год), где сохраняют все последующие результаты работ. В конце каждой лабораторной работы, выполненное задание предъявляется по требованию преподавателя для защиты. В процессе защиты предлагается ответить на контрольные вопросы.

### **Методические указания по подготовке к экзамену**

Обучающийся должен своевременно выполнять задания, выданные на практических занятиях, текущие лабораторные работы и защищать их во время занятий или на консультации.

В первом рейтинговом блоке студент должен подготовить 2 лабораторные работы, во втором – 1 и в третьем – 1. Таким образом, студент должен сдать соответственно:

- к концу первого рейтингового блока 1 и 2 лабораторные работы;

- к концу второго рейтингового блока 3 лабораторную работу.
- к концу третьего рейтингового блока 4 лабораторную работу.

Для каждой лабораторной работы приведены контрольные вопросы. Эти вопросы предназначены для самостоятельного оценивания обучающихся по результатам выполнения работ. Для подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам требуется изучение лекционного материала, уверенное знание ответов на контрольные вопросы для закрепления материала. Для выполнения лабораторных работ и подготовки их к сдаче возможно использовать в качестве вспомогательной литературы методические указания по выполнению лабораторных работ.

При подготовке к экзамену необходимо представить Портфолио и повторить учебный материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посетить консультации. Экзамен проставляется по результатам рейтинга. Для положительной оценки необходимо набрать не менее 61 балла.

Структура Портфолио: 1. название портфолио; 2. конспект лекций; 3. лабораторные работы (каждая работа отдельным файлом); 2. Курсовой проект.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

- полнота и качество выполненных заданий;
- владение методами и приемами компьютерного моделирования в исследуемых вопросах, применение специализированных программных средств;
- качество оформления отчета о проделанной работе, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;
- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников сети Интернет, информации нормативно-правового характера и передовой практики;
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДФУ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Антенно-фидерные устройства систем радио связи»  
Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи  
Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2019**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ПК-3- способностью осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p>	Знает	<p>виды фидерных трактов и их характеристики; требования к монтажу и наладке устройств СВЧ; принципы действия различных типов передающих и приемных антенн.</p>
	Умеет	<p>проводить анализ работы СВЧ устройств; проводить синтез антенн; осуществить монтаж и наладку передающих и приемных антенн; проверять работоспособность фидерных трактов и антенных устройств.</p>
	Владеет	<p>навыком проводить регулировку и опытную проверку работоспособности СВЧ устройств.</p>
<p>ПК-18 способностью организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов</p>	Знает	<p>физический принцип действия СВЧ устройств; основные требования к техническим характеристикам СВЧ устройств в соответствии с международными и национальными стандартами;</p>
	Умеет	<p>рассчитать основные характеристики СВЧ устройств; измерять параметры СВЧ устройств и антенн;</p>
	Владеет	<p>навыком по измерению параметров линий передач и узлов СВЧ; навыком по измерению характеристик антенн.</p>

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Направляемые волны	ПК-3	знает	Дискуссия (УО – 4)	Портфолио (ПР – 8)
			умеет	Лабораторная работа ПР – 6)	Портфолио (ПР – 8)
			владеет	Курсовая работа (ПР – 5)	Портфолио (ПР – 8)
2	Фидерные тракты	ПК-18	знает	Дискуссия (УО – 4)	Портфолио (ПР – 8)
			умеет	Лабораторная работа ПР – 6)	Портфолио (ПР – 8)
			владеет	Курсовая работа (ПР – 5)	Портфолио (ПР – 8)
3	Основы теории антенн	ПК-3	знает	Дискуссия (УО – 4)	Портфолио (ПР – 8)
			умеет	Лабораторная работа ПР – 6)	Портфолио (ПР – 8)
			владеет	Курсовая работа (ПР – 5)	Портфолио (ПР – 8)
		ПК-18	знает	Дискуссия (УО – 4)	Портфолио (ПР – 8)
			умеет	Лабораторная работа ПР – 6)	Портфолио (ПР – 8)
			владеет	Курсовая работа (ПР – 5)	Портфолио (ПР – 8)

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
	знает (порогов	основные понятия и технические			
ПК-3-способностью	знает (порогов	основные понятия и технические	знание основных	знание технических	61-75

<p>осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p>	<p>ый уровень)</p>	<p>средства, необходимые при монтаже, наладке, настройке, регулировке, опытной проверке работоспособности, испытания, сдачи в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p>	<p>понятий и технических средствах необходимых при монтаже, наладке, настройке, регулировке, опытной проверке работоспособности, испытания, сдачи в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p>	<p>средств необходимых при монтаже, наладке, настройке, регулировке, опытной проверке работоспособности, испытания, сдачи в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p>	
	<p>умеет (продвинутый)</p>	<p>осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p>	<p>умение осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p>	<p>умение осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p>	<p>76-85</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>навыком осуществлять монтаж, наладку,</p>	<p>владение навыком осуществлять</p>	<p>владение навыком осуществлять</p>	<p>86-100</p>

		настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, и испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи	монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, и испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи	монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, и испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи	
ПК-18 способностью организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	знает (пороговый уровень)	современное состояние уровня и направление развития систем радиосвязи, основные требования технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	знание современного состояния уровня и направления развития систем радиосвязи, основные требования технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	знание о современном состоянии уровня и направления развития систем радиосвязи, и основные требования технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	61-75
	умеет (продвинутый)	организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия	умение эффективно организовывать и проводить экспериментальные	умение эффективно организовывать и проводить экспериментальные	76-85

		требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов;	льные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	
	владеет (высокий)	навыками организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	владение навыками организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	владение навыками организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	86-100

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация обучающихся является обязательной. Для получения положительной оценки на экзамене необходимо сформировать

свое Портфолио, которое состоит из результатов заданий и работ оценочных средств текущей аттестации.

### **Перечень вопросов к экзамену.**

6 семестр

1. Уравнения Максвелла и их физический смысл.
2. Падение плоских волн на границу раздела двух сред.
3. Волны в прямоугольном волноводе: картины полей, физический смысл индексов при обозначении типа волны.
4. Токи в стенках прямоугольного волновода, токи смещения.
5. Критическая длина волны, характеристическое сопротивление, фазовая и групповая скорости в прямоугольном волноводе. Выбор его размеров.
6. Волны в волноводе круглого сечения. Применение волноводов с круглым сечением.
7. Коаксиальная линия передачи: основная волна, высшие типы волн, выбор волнового сопротивления.
8. Полосковые волноводы: симметричная и несимметричная полосковые линии.
9. Полосковые волноводы: щелевые, копланарные, связанные линии.
10. Диэлектрические волноводы.
11. Режимы в передающих линиях. КСВ, коэффициент отражения, входное сопротивление.
12. Круговая номограмма полных сопротивлений (проводимостей).
13. Реактивные элементы в волноводных линиях: штыри, диафрагмы.
14. Согласующие устройства.
15. Короткозамыкающие металлические поршни.
16. Способы возбуждения волноводов.
17. Сочленение линий передач.

18. Согласованные нагрузки, аттенюаторы.
19. Направленные ответвители.
20. Волноводные разветвления:  $E$ - и  $H$ -тройники, двойной тройник.
21. Мостовые соединения.
22. Микрополосковые делители мощности.
23. Взаимные фазовращатели.
24. Ферритовые вентили, в том числе полосковые вентили.
25. Ферритовые циркуляторы и фазовращатели, в том числе полосковые.
26. Волноводные резонаторы: типы колебаний, резонансная длина волны.
27. Коаксиальные, тороидальные и полосковые резонаторы.
28. Волноводные и полосковые фильтры нижних частот.
29. Волноводные и полосковые фильтры верхних частот.
30. Полосовые и режекторные волноводные и полосковые фильтры.

#### 7 семестр

1. Симметричный вибратор: распределение тока и заряда, направленные свойства, входное сопротивление и сопротивление излучения.
2. Симметричный щелевой вибратор.
3. Линейные антенные решетки с равноамплитудным возбуждением и линейным изменением фазы: множитель, режимы излучения, влияние неравномерности амплитудного распределения и фазовых искажений.
4. Линейные антенные решетки с равноамплитудным возбуждением и линейным изменением фазы: входное сопротивление, излучаемая мощность, коэффициент направленного действия.
5. Непрерывный линейный излучатель.
6. Плоские антенные решетки.
7. Излучение возбужденных поверхностей.
8. Приближенные методы решения задач синтеза. Свехнаправленность.

9. Простые вибраторные антенны.
10. Питание вибраторов. Симметрирующие устройства.
11. Несимметричные вибраторы.
12. Синфазные вибраторные антенне решетки. Многоцелевые антенны.
13. Директорные антенны. Логопериодические вибраторные антенны.
14. Антенны вращающейся поляризации.
15. Антенны поверхностных волн.
16. Рупорные антенны.
17. Зеркальные параболические антенны: принцип действия, коэффициент усиления, недостатки.
18. Облучатели зеркальных антенн.
19. Возбуждение и способы фазирования фазированных антенных решеток.
20. Передающие телевизионные антенны.
21. Приемные телевизионные антенны.
22. Антенны радиорелейных линий: Двухзеркальная антенна со смещенной фокальной осью, рупорно-параболические, перископические антенны.
23. Антенны для спутниковой и космической радиосвязи, двухзеркальные антенны Кассегрена
24. Простые КВ антенны.
25. Диапазонные КВ антенны.
26. Передающие СВ антенны.
27. Передающие ДВ и СДВ антенны.
28. Приёмные ДВ антенны.
29. Методы обеспечения электромагнитной совместимости антенн.
30. Микрополосковые антенны: излучатели резонансного типа, широкополосные МПА.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене**

**по дисциплине «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи»**

<b>Баллы (рейтин говой оценки)</b>	<b>Оценка экзамена (стандартна я)</b>	<b>Требования к сформированным компетенциям</b>
100-86	<i>«отлично»</i>	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, чётко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причём не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приёмами выполнения практических задач.
85-76	<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приёмами их выполнения.
75-61	<i>«удовлетво рительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает не

		точности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
60-50	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## ТЕМАТИКА И ПЕРЕЧЕНЬ КУРСОВЫХ РАБОТ

Тема: Проектирование и расчет антенн различных типов (рупорные, спиральные, щелевые и др.), а также СВЧ устройств (полосковые фильтры, кольцевые мосты и др.).

Целью курсового проектирования является развитие навыков самостоятельного решения задач по организации систем связи, умения обоснованно выбирать тип антенно-фидерного устройства (АФУ) по заданным технико-экономическим данным.

### *Вариант 1*

Спроектировать параболическую антенну для приёма линейно-поляризованного сигнала на частоте  $f_0$ . В табл. 1 указаны исходные данные для расчёта: частота сигнала, коэффициент усиления антенны ( $K_y$ ), допустимый уровень первых боковых лепестков ( $\xi_1$ ).

Таблица 1

Параметр	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$f_0$ , ГГц	10	4	5	12	6	11	10	6	8	2,5
$K_y$ , дБ	45	35	32	48	35	40	42	37	39	30
$\xi_1$ , дБ	-21	-19	-18	-23	-19	-20,2	-21	-19	-21	-18

### Вариант 2

Спроектировать передающую ромбическую антенну для магистральной связи. Расчёт электрических и конструктивных параметров антенны проводится по исходным данным, приведённым в табл. 2.

Необходимо рассчитать конструктивные размеры антенны, выбрать материал проводов для сторон ромба и для изготовления согласованной нагрузки, подобрать фидер для питания антенны. Расчёт электрических параметров антенны выполнить на оптимальной и крайних частотах рабочего диапазона.

В заключение работы необходимо рассчитать диаграмму направленности двойной ромбической антенны, выбрав разнос между большими диагоналями ромба в горизонтальной плоскости  $D = (0.8 \div 1) \cdot \lambda_0$ , проанализировать полученный результат.

Таблица 2

Параметр	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\lambda_0$ , м	18	20	18	30	21	25	32	40	19	35
$\lambda / \lambda_0$	2:2	1,5:1	2,5:1	0,8:1,5	0,8:2	2:1	0,9:1,5	0,8:1,5	2:1	2:1
$\Delta$ , град	15	17	13	16	15	14	12	15	8	12
$P$ , кВт	12	20	25	30	50	30	40	25	20	15

Здесь  $\lambda_0$  - рабочая длина волны,  $\lambda/\lambda_0$  - диапазон волн,  $\Delta$  - угол наклона траектории луча.

### **Вариант 3**

Сконструировать рупорно–параболическую антенну. Исходные данные для расчёта электрических и конструктивных параметров антенны даны в таблице 3.

Таблица 3

Параметр	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$K_y$ , дБ	30	40	45	37	36	37	35	40	45	45
$\lambda_0$ , см	8,2	3	2,9	4	5	5,2	8,3	3,75	3	3,75

### **Вариант 4**

Спроектировать волноводно-целевую антенную решетку с частотным сканированием. Исходные данные для расчета электрических и конструктивных параметров приведены в табл. 4. При проектировании определить возможный сектор сканирования  $\Delta\theta$  и углочастотную чувствительность на средней длине волны генератора.

Таблица 4

Параметр	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\lambda_{cp}$ , см	3,2	4	5	8	3	7	10	2,5	3,2	4,2
$\lambda_{max}$ , см	4,0	4,5	5,6	9,3	4,2	7,8	13,5	3,2	3,8	4,5
$\lambda_{min}$ , см	2,6	3	4	6,12	2,5	5	7,5	2	2,5	3,2
$\theta_{cp}$ , град	-4,5	-6	-5	-9,5	5	-10	-6,5	7,8	-5	6
$2\theta_{0,5}$ , град	6	7	8	7	7	8	8	6	8	7
$P$ , кВт	0,3	0,5	0,1	0,12	0,5	0,2	0,1	0,5	0,4	0,4

Здесь  $\lambda_{cp}$  - средняя длина волны генератора;  $\lambda_{max}$  и  $\lambda_{min}$  - границы перестройки длины волны генератора;  $\theta_{cp}$  - направление главного максимума диаграммы направленности на  $\lambda_{cp}$ ;  $2\theta_{0.5}$  - ширина главного лепестка ДН на  $\lambda_{cp}$ ;  $P$  - мощность, подводимая к антенне.

### **Вариант 5**

Спроектировать двухзеркальную антенну спутниковой связи для приема линейно-поляризованного сигнала по исходным данным, приведенным в таблице 5.

Таблица 5

Параметр	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$f_0$ , ГГц	10	8	12	6	10	8	12	6	8	6
$K_y$ , дБ	50	49	48	50	48	49	50	48	49	49

### **Вариант 6**

Рассчитать и определить конструкцию спиральной антенны в режиме осевого излучения. Расчетные данные приведены в таблице 6. К ним относятся рабочий диапазон, средняя длина волны и коэффициент усиления антенны.

Вход антенны – стандартный коаксиальный разъем 75 Ом. Расчет электрических параметров антенны выполнить на средней и крайних частотах рабочего диапазона.

Таблица 6

Параметр	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\lambda_0$ , см	15	30	10	50	20	10	18	25	35	45
$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ , %	25	10	15	20	40	18	20	15	15	30

$K_y$ , дБ	20	15	10	18	15	13	10	14	15	12
$n \times m$	2x2	3x1	2x2	1x2	3x2	2x3	2x2	2x3	3x1	2x1

В заключении работы необходимо рассчитать диаграмму направленности плоской синфазной решетки на основе рассчитанной спиральной антенны. Размеры решетки  $n \times m$  даны в таблице 6.

### **Вариант 7**

Рассчитать и спроектировать синфазную антенную решетку (САР) на микрополосковых излучателях. Исходные данные для расчета (рабочая длина волны и размеры решетки ( $m \times n$ )) приведены в таблице 7. Волновое сопротивление подводящей МПЛ равно 50 Ом.

Таблица 7

Параметр	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\lambda_0$ , см	3	5	4	6	3	10	4	5	7	8
$m \times n$	2x2	2x2	2x3	3x2	4x1	4x1	2x2	3x2	3x1	4x1

Необходимо подобрать материал и высоту подложки МПЛ, материал токонесущей полоски, рассмотреть существующие конструкции МПЛ излучателей и обосновать выбор одного из них, рассчитать ДН одиночного излучателя. Рассмотреть варианты разветвления подводящей МПЛ для синфазного возбуждения излучателей.

### **Вариант 8**

Рассчитать и разработать конструкцию плоской антенны поверхностных волн (АПВ) для исходных данных в таблице 8.

Требуется выбрать конструкцию возбуждителя и направителя поверхностной волны. Вход антенны – стандартный дроссельный фланец.

Таблица 8

Параметр	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки
----------	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\lambda$ , см	3	5	4	6	7	8	10	2	12	4.5
$\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}$ , %	15	10	15	20	10	15	15	20	15	15
КНД, раз	50		40	30		50	40	60		
$2\theta_{0.5}$ , град		20			20				30	18

### **Вариант 9**

Рассчитать Н-плоскостную рупорную антенну с корректирующей линзой в раскрыве по исходным данным, приведенным в таблице 9.

Вход антенны – стандартный дроссельный фланец, либо коаксиальный разъем 50 Ом. Оценить излучающие свойства антенны на краях частотного диапазона.

Таблица 9

Параметр	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$f$ , ГГц	12	10	9	3	4	8	7	9	10	11,2
$\frac{2\Delta f}{f}$ , %	10	12	15	15	15	15	10	15	20	15
$2\varphi$ , град	8	10	9	20	15	10	20	12	10	14

### **Вариант 10**

Рассчитать рупорную антенну с осесимметричной ДН и круговой поляризацией поля излучения. Исходные данные для расчета даны в таблице 10.

Таблица 10

Параметр	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\lambda$ , см	4	3.5	6	7	2.5	3	2.8	5	2	4
КНД, раз	80	60	40	30	50	80	55	40	30	70

$\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}, \%$	10	15	15	10	15	20	15	10	15	15
--------------------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Вход антенны – стандартный дроссельный фланец или коаксиальный разъем 50 Ом (при  $\lambda > 5$  см). Оценить излучающие свойства антенны на краях частотного диапазона.

### **Критерии оценки курсового проекта:**

✓ 100-86 баллов выставляется студенту, если студент выразил своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы, статистические сведения, информация нормативно-правового характера. Студент знает и владеет навыком самостоятельной исследовательской работы по теме исследования; методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно.

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, если работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы 75-61 балл - студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы и теоретическое обоснование выбранной темы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы.

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы

то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.

## **Оценочные средства для текущей аттестации**

### **Перечень дискуссионных тем для дискуссии**

по дисциплине «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи»

1. Возникновение и этапы становления радиосвязи.
2. Общество и информация.
3. Выбор фидерных устройств.
4. Полосковые линии передачи.
5. Выбор согласующих устройств.
6. Сравнение различных видов резонаторов.
7. Простые вибраторные и щелевые антенны УКВ.
8. Антенны в печатном исполнении.
9. Логопериодические антенны.
10. Синтез антенн.
11. Фрактальные антенны.
12. Фазированные антенные решетки.
13. Методы сканирования.
14. Решетки с обработкой сигналов.
15. Схемы возбуждения фазированных антенных решеток.
16. Многолучевые антенные решетки.
17. Антенны для телевидения.
18. Антенны для радиорелейных линий радиосвязи.
19. Антенны для космической радиосвязи.
20. Антенны коротковолнового, средневолнового и длинноволнового диапазонов.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **Лабораторная работа №1**

1. Ознакомление с работой и конструкцией отдельных элементов и узлов коаксиального тракта.
2. Определение относительной величины потерь в коаксиальной линии передач.
3. Освоение методики измерения длины волны, коэффициента бегущей волны и полного сопротивления нагрузки с помощью измерительной линии и круговой диаграммы полных сопротивлений.

### **Лабораторная работа №2**

1. Экспериментальная проверка основных положений теории волновода.
2. Измерение полных проводимостей различного типа неоднородностей.
3. Сравнение данных эксперимента с расчетными.

### **Лабораторная работа №3**

1. Ознакомление с принципом действия и устройством СВЧ диодов Ганна.
2. Изучение конструкции, характеристик и параметров СВЧ генератора малой мощности на арсенидогаллиевом диоде Ганна трехсантиметрового диапазона, а также аппаратуры СВЧ, используемой при исследовании твердотельных генераторов.

### **Лабораторная работа №4**

1. ознакомление с основными характеристиками и параметрами антенн СВЧ, освоение методов измерения диаграмм направленности и коэффициента направленного действия рупорной антенны, сравнение и анализ данных расчёта и эксперимента.

### **Критерии оценки:**

✓ 100-86 баллов выставляется студенту, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, если ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 баллов выставляется студенту, если оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, если ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории,

несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.