



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

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (Школа)**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

(подпись)

Стаценко Л.Г.

(Ф.И.О.)

« 27 » января 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента электроники,  
телекоммуникации и приборостроения

(подпись)

Стаценко Л.Г.

(Ф.И.О.)

« 27 » января 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи

**Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**  
(Системы радиосвязи и радиодоступа)

**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.     - / пр. 36 / лаб. 16 час.

всего часов аудиторной нагрузки 162 час.

в том числе с использованием МАО 52 час.

самостоятельная работа 162 час.

в том числе на подготовку к экзамену 54 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект семестр 7

зачет не предусмотрен

экзамен семестр 6,7

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19.09.2017 г. №930.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения  
протокол № 7 от « 27 » января 2021 г.

Директор департамента д.ф.-м.н., профессор Л.Г. Стаценко

Составитель (ли): Л.В.Бондаренко, М.М. Смирнова

Владивосток

2021

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

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

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

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

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

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

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

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

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

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: формирование знаний, умений и навыков, дающие возможность проектировать и эксплуатировать антенно-фидерные устройства современных систем радиосвязи.

Задачи:

- рассмотрение основ теории антенно-фидерных устройств, требований к антеннам разного назначения и способов их обеспечения;
- развитие умений рассчитывать и конструировать различные типы передающих и приемных антенн;
- обучение навыкам измерений параметров фидерных трактов и антенн.

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

ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;

ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;

ОПК-3 Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
научно-исследовательский	ПК-3 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств	ПК -3.2 Применяет методы оценки качества работы инфокоммуникационного оборудования
технологический	ПК -4 Способность осуществлять мониторинг состояния и проверку качества работы, проведение измерений и диагностику ошибок и отказов телекоммуникационного оборудования, сетевых устройств, программного	ПК -4.3 Оценивает соответствие техническим нормам и параметрам оборудования и каналов передачи установленным эксплуатационно-техническим нормам

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	обеспечения инфокоммуникаций	
технологический	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	ПК-7.1 Проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи
		ПК-7.2 Ведет техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществляет проверку качества работы оборудования и средств связи
		ПК-7.3 Выбирает и использует соответствующее тестовое и измерительное оборудование, использует программное обеспечение оборудования при его настройке
организационно-управленческий	ПК-8 Способен к организации профилактических и ремонтных работ на радиоэлектронном оборудовании, инвентаризации радиоэлектронных средств и вспомогательного оборудования, обеспечению организационно-методической базы для обслуживания радиоэлектронных средств и оборудования	ПК-8.1 Применяет регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК -3.2 Применяет методы оценки качества работы инфокоммуникационного оборудования	Знает принципы действия передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования.
	Умеет правильно выбирать методы оценки качества работы СВЧ тракта.
	Владеет навыками применения выбранных методов оценки качества передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования
ПК -4.3 Оценивает соответствие техническим нормам и параметрам оборудования и	Знает физический принцип действия СВЧ устройств.
	Умеет рассчитать основные характеристики СВЧ устройств.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
каналов передачи установленным эксплуатационно-техническим нормам	Владеет навыком по измерению параметров линий передач и узлов СВЧ.
ПК-7.1 Проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи	Знает требования к техническому состоянию оборудования, трактов и каналов передачи
	Умеет измерять параметры СВЧ устройств и антенн
	Владеет навыком проводить регулировку и опытную проверку работоспособности СВЧ устройств.
ПК-7.2 Ведет техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществляет проверку качества работы оборудования и средств связи	Знает основные требования к техническим характеристикам СВЧ устройств в соответствии с международными и национальными стандартами.
	Умеет проверять работоспособность фидерных трактов и антенных устройств.
	Владеет навыком по измерению характеристик антенно-фидерных устройств.
ПК-7.3 Выбирает и использует соответствующее тестовое и измерительное оборудование, использует программное обеспечение оборудования при его настройке	Знает назначение необходимого тестовое и измерительное оборудование
	Умеет проводить анализ работы СВЧ устройств;
	Владеет навыком по измерению характеристик СВЧ устройств соответствующим измерительным оборудованием.
ПК-8.1 Применяет регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования	Знает режимы работы и условия эксплуатации радиоэлектронного оборудования;
	Умеет правильно применять регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования;
	Владеет навыками планирования порядка и последовательности проведения работ по обслуживанию радиоэлектронного оборудования;

## 2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 9 зачётных единиц (324 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

## Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной и текущей аттестации	
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		Контроль
1	Раздел I. Направляемые волны	6	20	10	8	-	27	27	УО-4; ПР-6; ПР-7; ПР-12
2	Раздел 2. Фидерные тракты	6	16	8	28				
3	Раздел 3. Основы теории антенных устройств	7	14	-	10	-	81	27	УО-4, ПР-7; ПР-9; ПР-12
4	Раздел 4. Типы антенных устройств	7	22	-	26	-			
Итого:			72	18	72	-	108	54	

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия (72 час.)

#### **Раздел 1. Направляемые волны (20 час.)**

##### *Подраздел 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.

##### *Подраздел 2 Линии передачи (11 час)*

### Тема 2.1. Прямоугольные металлические волноводы (5 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 ТЕМ (1 час)

Общие характеристики волн ТЕМ 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 Т-волне. Основные характеристики коаксиальной линии:  $\Lambda$ ;  $Z_c$ ;  $R_{пр}$ ,  $U_{пр}$ ,  $\alpha$ . 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.

## **Подраздел 3. Согласование линий передач (5 час)**

### Тема 3.1. Режимы в передающих линиях (3 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.

## **Раздел 2. Фидерные тракты (16 час.)**

### ***Подраздел 1. Передача энергии в фидерных трактах (2 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 (1 час)

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

### ***Подраздел 2. Элементы фидерных трактов (14 час)***

#### Тема 2.1. Согласованные нагрузки (эквиваленты антенны) (0,5 час)

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

#### Тема 2.2. Атенюаторы (0,5 час)

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

#### Тема 2.3. Волноводные разветвления (3,5 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 (0,5 час)

Механические переключатели, антенные балансные переключатели. Полупроводниковые коммутаторы.

#### Тема 2.5. Фазовращатели (0,5 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 (0,5 час)

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

### **Раздел 3. Основы теории антенных устройств (14 час.)**

#### ***Подраздел 1. Общие положения теории антенных устройств (6 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 (1 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 нагрузке 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.

### ***Подраздел 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).

### **Раздел 4. Типы антенных устройств (22 час.)**

#### ***Подраздел 1. Вибраторные и щелевые антенны УКВ (6 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 (2 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 (1 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.

## **Подраздел 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. Уголковая антенна. Линзовые антенны.

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

Диэлектрические стержневые антенны. Плоские антенны поверхностных волн.

### ***Подраздел 3. Сканирующие антенные решетки (2 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 (1 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.

### ***Подраздел 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 ССС и бортовые антенны ССС.

#### ***Тема 4.2. Антенны дециметрового (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 метрических (сверхдлинных), километровых (длинных) и гектометровых (средних) волн (2 час)***

Особенности антенн. Проволочные Г-, 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.

### ***Подраздел 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. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **Лабораторные работы (18 часов)**

#### **Лабораторная работа 1. Исследование распространения волн в прямоугольном волноводе (6 час)**

1. Экспериментальная проверка основных положений теории волновода.
2. Сравнение данных эксперимента с расчетными.

#### **Лабораторная работа 2. 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.

Лабораторная работа 3. Исследование микрополосковой антенны (4 час.).

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

Лабораторная работа 4. Исследование рупорной антенны (4 час)

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 (72 час.)**

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 (3 час)

1. Анализ полосковых волноводов.
2. Синтез полосковых волноводов.

### 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 (4 час)

1. Расчёт четвертьволновых трансформаторов.
2. Расчёт шлейфовых трансформаторов.

Занятие 8. Расчёт кольцевого моста (3 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 (3 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 (3 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 (2 час)

1. Определение величины электромагнитного поля, создаваемого вибратором.
2. Расчёт размеров вибраторов и их параметров.

Занятие 14. Антенные решётки (6 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 (6 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 многощелевой антенны.

Занятие 18. Излучение возбуждённых поверхностей (2 час)

1. Расчёт размеров возбуждённой поверхности по заданной величине коэффициента направленного действия.
2. Определение направленных свойств возбуждённых поверхностей.

Занятие 19. Расчёт оптимального рупора (2 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 декаметровых (коротких), мириаметровых (сверхдлинных), километровых (длинных) и гектометровых (средних) волн (4 час)

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

### Задания для самостоятельной работы

*Требования:* Перед каждой лабораторной работой обучающемуся необходимо изучить Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи».

#### Самостоятельная работа №1. Расчёт волновода прямоугольного сечения.

В прямоугольном волноводе на основной волне в согласованную нагрузку передается мощность  $P$ . Волновод заполнен воздухом. Длина волны генератора, возбуждающего волновод,  $\lambda$ .

Варианты расчетного задания

<i>Вариант</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P, \text{кВт}$	100	110	120	150	160	170	180	190	200	210
<i>Подвариант</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\lambda, \text{см}$	10	7,5	5,3	4,5	4	3,2	3	2,5	2	1,6

*Требования.*

Задание индивидуальное. Отчет предоставляется в письменной форме в форме расчетного задания (ПР-12). Каждый студент получает свой вариант.

1. Написать и объяснить условие существования в волноводе основной волны (низшей волны). Выбрать размеры стандартного волновода.
2. Нарисовать эскизы электрического и магнитного полей, токов проводимости и токов смещения для основной волны.
3. Найти значения  $\lambda_{\text{кр}}$  и  $\lambda_{\text{в}}$ , значения фазовой и групповой скоростей, характеристического сопротивления волновода.

4. Рассчитать амплитуду напряженности электрического поля, амплитуды поверхностного продольного и поперечного токов, токов смещения.

5. Определить предельную для данного волновода мощность.

6. Рассчитать глубину скин-слоя и потери мощности на единицу длины волновода для материала стенок: а) медь, б) серебро.

### Самостоятельная работа № 2. Расчёт оптимальной диаграммы направленности.

Задана антенна в виде ряда вибраторов. Число вибраторов  $N$ , расстояние между вибраторами  $d = \lambda/2$ , сдвиг фаз между токами вибраторов  $\psi$ .

Варианты расчетного задания

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\xi$ , дБ	-30	-28	-32	-25	-40	-36	-22	-38	-36	-24
Подвариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$N$	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9
$\psi$ (град)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Требования:

Задание индивидуальное. Отчет предоставляется в письменной форме в форме расчетного задания (ПР-12). Каждый студент получает свой вариант.

Определить:

1) амплитудные коэффициенты, обеспечивающие при заданном уровне боковых лепестков  $\xi$ , минимально возможную ширину диаграммы направленности;

2) коэффициент использования АР;

3) ширину диаграммы направленности при равноамплитудном распределении и  $\psi = 0$ ;

4) ширину диаграммы направленности при найденном амплитудном распределении и  $\psi = 0$ ;

5) ширину диаграммы направленности при равноамплитудно-фазовом распределении, ширину диаграммы направленности при найденном

амплитудном и равнофазовом распределении.

### Самостоятельная работа № 3. Курсовой проект по дисциплине «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи».

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.

#### *Требования.*

Задание индивидуальное. Отчет предоставляется в письменной форме в форме курсового проекта (ПР-9). Каждый студент получает свой вариант.

#### **Вариант 1**

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

Параметр	Подвариант									
	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.

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.

Параметр	Подвариант									
	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.

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

Параметр	Подвариант									
	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.

Параметр	Подвариант									
	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. 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.

Параметр	Подвариант									
	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.

### 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. Волновое сопротивление подводящей МПЛ равно 50 Ом.

Параметр	Подвариант									
	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.

Требуется выбрать конструкцию возбуждителя и направителя поверхностной волны.

Вход антенны – стандартный дроссельный фланец.

Параметр	Подвариант									
	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.

Вход антенны – стандартный дроссельный фланец, либо коаксиальный разъем 50 Ом.

Оценить излучающие свойства антенны на краях частотного диапазона.

Параметр	Подвариант
----------	------------



	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.

Таблица 10

Параметр	Подвариант									
	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.

## III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на	Форма контроля
-------	-----------------------	----------------------------	----------------------------	----------------

			<b>выполнение</b>	
1	В течение семестра 6	Подготовка к лабораторным занятиям, изучение литературы	12 часов	Работа на лабораторных занятиях (ПР-6)
2	В течение семестра 6	Выполнение самостоятельной работы № 1	12 часов	Расчетное задание (ПР-12)
3	В течение семестра 6	Закрепление лекционного материала	12 часов	Конспект (ПР-7), дискуссия (УО-4)
4	В течение семестра 6	Подготовка к экзамену	36 часов	Экзамен
5	В течение семестра 7	Выполнение самостоятельной работы № 2	18 часов	Расчетное задание (ПР-12)
6	В течение семестра 7	Выполнение самостоятельной работы № 3(Курсовой проект)	45 часов	ПР-9 (Курсовой проект)
7	В течение семестра 7	Закрепление лекционного материала	18 часов	Конспект (ПР-7), дискуссия (УО-4)
8	В течение семестра 7	Подготовка к экзамену	27 часов	Экзамен
Итого:			180 часов	

### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ. Обратить внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

*Работа с литературой.*

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при оформлении конспекта и подготовке к дискуссии рекомендуется работать со следующими видами изданий.

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к экзамену.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого

произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе больший объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

### **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 рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.**

*Самостоятельная работа №1.* От обучающегося требуется:

Структурно отчет по работе.

- Титульный лист.
- Исходные данные к выполнению заданий.
- Основная часть– материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

- Выводы– обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

- Список литературы– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

- Приложения– необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

Критерии оценки. Используется зачетная система. Расчетное задание выполнено без ошибок – оценка «зачтено».

*Самостоятельная работа №2.* От обучающегося требуется.

Структура отчета по работе.

- Титульный лист.
- Исходные данные к выполнению заданий.
- Основная часть– материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

- Выводы– обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

- Список литературы– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

- Приложения– необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

Критерии оценки. Используется зачетная система. Расчетное задание выполнено без ошибок – оценка «зачтено».

*Самостоятельная работа № 3.* Отчет осуществляется в форме курсового проекта. Курсовой проект должен содержать теоретическую и расчётную части. В теоретической части проводится анализ технического задания, рассматриваются возможные варианты его выполнения, даётся обоснование выбора конструкции антенны и питающего фидера с согласующими устройствами и со стандартным входным разъёмом, оцениваются достоинства и недостатки выбранной конструкции. Проводится выбор методики расчёта, описывается порядок расчёта с приведением расчётных формул, при

этом ссылки на литературу и нумерация формул по тексту записки обязательны.

В расчётной части проводится расчёт по формулам, приведенным в расчётной части, с подстановкой численных величин и окончательным результатом вычислений с обязательным указанием размерности.

Если один или несколько расчётных параметров определяются по графику из научно-технической литературы, то данный график необходимо перенести в текст пояснительной записки, сославшись на источник.

В перечень литературы включаются все издания, которые использовались в процессе проектирования, и на которые есть ссылки в тексте записки.

*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.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Направляемые волны	ПК -4.3 Оценивает соответствие техническим нормам и параметрам оборудования и каналов передачи установленным эксплуатационно-техническим нормам	Знает физический принцип действия СВЧ устройств.	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 6 семестр
			Умеет рассчитать основные характеристики СВЧ устройств.	ПР-6 лабораторная работа	
			Владеет навыком по измерению параметров линий передач и узлов СВЧ.	ПР-12 расчетная работа	
2	Раздел 2. Фидерные тракты	ПК -3.2 Применяет методы оценки качества работы инфокоммуникационного оборудования	Знает принципы действия передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования.	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 6 семестр
			Умеет правильно выбирать методы оценки качества работы СВЧ тракта.	ПР-6 лабораторная работа	
			Владеет навыками применения выбранных методов оценки качества передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования	ПР-12 расчетная работа	
		ПК-7.3 Выбирает и использует соответствующее тестовое и измерительное оборудование, использует программное обеспечение оборудования при его настройке	Знает назначение необходимого тестового и измерительного оборудование	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 6 семестр
			Умеет проводить анализ работы СВЧ устройств;	ПР-6 лабораторная работа	
			Владеет навыком по измерению характеристик СВЧ устройств соответствующим измерительным оборудованием	ПР-12 расчетная работа	



Раздел 3. Основы теории антенных устройств	ПК-7.1 Проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи	Знает требования к техническому состоянию оборудования, трактов и каналов передачи	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 7 семестр
		Умеет измерять параметры СВЧ устройств и антенн	ПР-12 расчетная работа	
		Владеет навыком проводить регулировку и опытную проверку работоспособности СВЧ устройств.	ПР-9 курсовой проект	
	ПК-7.2 Ведет техническую, оперативно- техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществляет проверку качества работы оборудования и средств связи	Знает основные требования к техническим характеристикам СВЧ устройств в соответствии с международными и национальными стандартами.	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 7 семестр
		Умеет проверять работоспособность фидерных трактов и антенных устройств.	ПР-12 расчетная работа	
		Владеет навыком по измерению характеристик антенно- фидерных устройств.	ПР-9 курсовой проект	
Раздел 4. Типы антенных устройств	ПК-8.1 Применяет регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования	Знает режимы работы и условия эксплуатации радиоэлектронного оборудования;	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 7 семестр
		Умеет правильно применять регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования;	ПР-12 расчетная работа	
		Владеет навыками планирования порядка и последовательности проведения работ по обслуживанию радиоэлектронного оборудования;	ПР-9 курсовой проект	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие результаты обучения, представлены в Приложении.

## 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. Жуков, В. М. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства систем радиосвязи : учебное пособие / В. М. Жуков, А. Н. Сысоев. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 81 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/64563.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>

4. Антенны связи диапазона СВЧ: Учебное пособие. [Электронный ресурс] / Бондаренко Л.В. — Владивосток : Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2017. — 81 с. <https://elibr.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000843687?query=антенны+и+фидеры&queryType=vitalDismax>

5. Задачи анализа и синтеза приемных и излучающих антенных систем : учебное пособие [Электронный ресурс] / Короченцев В.И., Сюань Линьлинь, Голиков С.Ю. — Владивосток : Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2018. — 51 с. <https://elibr.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000876864?query=антенны&queryType=vitalDismax>

### **Дополнительная литература**

1. Расчет и измерение характеристик устройств СВЧ и антенн : учебное пособие / Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов, С. Н. Шабунин ; под редакцией Ю. Е. Мительман. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 140 с. — ISBN 978-5-7996-1821-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/65981.html>

2. Основы теории антенн и распространения радиоволн : учебное пособие / В. П. Кубанов, В. А. Ружников, М. Ю. Сподобаев, Ю. М. Сподобаев ; под редакцией В. П. Кубанов. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 257 с. — ISBN 978-5-9912-0152-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/71866.html>

3. Замотринский, В. А. Устройства СВЧ и антенны. Часть 1. Устройства СВЧ : учебное пособие / В. А. Замотринский, Л. И. Шангина. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 222 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/13996.html>

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. Научная библиотека ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/>
4. «eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
5. СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ «WWW.IPRBOOKSHOP.RU» <http://www.iprbookshop.ru>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.** Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические и лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по

итогах освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, практические занятия, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

*Лекционные занятия* ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

*Практические и лабораторные занятия* акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче экзамена, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

**Работа с литературой.** Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

**Подготовка к экзамену.** К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (лабораторные, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

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

Для проведения лабораторных работ используются специализированные программные комплексы для моделирования устройств СВЧ.

Для оформления отчетов по лабораторным работам может использоваться стандартное программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows 10, Microsoft Office и др.).

При необходимости проведения занятий в дистанционном режиме используется платформа Microsoft Teams.

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**Фонды оценочных средств представлены в приложении.**



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

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

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

**Владивосток**  
**2021**

## Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины / модуля

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Направляемые волны	ПК -4.3 Оценивает соответствие техническим нормам и параметрам оборудования и каналов передачи установленным эксплуатационно-техническим нормам	Знает физический принцип действия СВЧ устройств.	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 6 семестр
			Умеет рассчитать основные характеристики СВЧ устройств.	ПР-6 лабораторная работа	
			Владеет навыком по измерению параметров линий передач и узлов СВЧ.	ПР-12 расчетная работа	
2	Раздел 2. Фидерные тракты	ПК -3.2 Применяет методы оценки качества работы инфокоммуникационного оборудования	Знает принципы действия передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования.	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 6 семестр
			Умеет правильно выбирать методы оценки качества работы СВЧ тракта.	ПР-6 лабораторная работа	
			Владеет навыками применения выбранных методов оценки качества передающих и приемных трактов инфокоммуникационного оборудования	ПР-12 расчетная работа	
		ПК-7.3 Выбирает и использует соответствующее тестовое и измерительное оборудование, использует программное обеспечение оборудования при его настройке	Знает назначение необходимого тестового и измерительного оборудование	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 6 семестр
			Умеет проводить анализ работы СВЧ устройств;	ПР-6 лабораторная работа	
			Владеет навыком по измерению характеристик СВЧ устройств соответствующим измерительным оборудованием	ПР-12 расчетная работа	
Раздел 3. Основы теории антенных устройств	ПК-7.1 Проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи	Знает требования к техническому состоянию оборудования, трактов и каналов передачи	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 7 семестр	
		Умеет измерять параметры СВЧ устройств и антенн	ПР-12 расчетная работа		
		Владеет навыком проводить регулировку и опытную проверку работоспособности СВЧ устройств.	ПР-9 курсовой проект		
	ПК-7.2 Ведет техническую, оперативно-техническую и технологическую	Знает основные требования к техническим характеристикам СВЧ устройств в соответствии с международными и национальными стандартами.	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 7 семестр	

		документацию по установленным формам; осуществляет проверку качества работы оборудования и средств связи	Умеет проверять работоспособность фидерных трактов и антенных устройств. Владеет навыком по измерению характеристик антенно-фидерных устройств.	ПР-12 расчетная работа ПР-9 курсовой проект	
Раздел 4. Типы антенных устройств	ПК-8.1 Применяет регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования		Знает режимы работы и условия эксплуатации радиоэлектронного оборудования;	УО-4 дискуссия, ПР-7 конспект	Перечень вопросов к экзамену 7 семестр
			Умеет правильно применять регламенты по обновлению и техническому сопровождению обслуживаемого радиоэлектронного оборудования;	ПР-12 расчетная работа	
			Владеет навыками планирования порядка и последовательности проведения работ по обслуживанию радиоэлектронного оборудования;	ПР-9 курсовой проект	

Для дисциплины «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Дискуссия (УО-4)

Письменные работы:

1. Лабораторная работа (ПР-6)

2. Конспект (ПР-7)

3. Курсовой проект (ПР-9)

4. Контрольно-расчетная работа (ПР-12)

**Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Дискуссия (УО-4) – оценочное средство, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их



умение аргументировать собственную точку зрения.

### **Письменные работы**

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Лабораторная работа (ПР-6) – средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу.

Конспект (ПР-7) – Продукт самостоятельной работы обучающегося, отражающий основные идеи заслушанной лекции, сообщения и т.д.

Курсовой проект (ПР-9) – Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Контрольно-расчетная работа (ПР-12) – средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине.

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

Итоговая оценка промежуточной аттестации выставляется согласно рейтинг-плану, который включает в себя оценочные мероприятия, в том числе и экзамен/зачет, и весовые коэффициенты. Преподаватель знакомит студентом с рейтинг-планом в начале семестра.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (дискуссий, лабораторных работ, конспекта, курсового проекта и контрольно-расчетных работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

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

#### **Раздел 1-2.**

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.

#### **Раздел 3-4.**

1. Простые вибраторные и щелевые антенны УКВ.
2. Антенны в печатном исполнении.

3. Логопериодические антенны.
4. Синтез антенн.
5. Фрактальные антенны.
6. Фазированные антенные решетки.
7. Методы сканирования.
8. Решетки с обработкой сигналов.
9. Схемы возбуждения фазированных антенных решеток.
10. Многолучевые антенные решетки.
11. Антенны для телевидения.
12. Антенны для радиорелейных линий радиосвязи.
13. Антенны для космической радиосвязи.
14. Антенны коротковолнового, средневолнового и длинноволнового диапазонов.

**Критерии оценивания:**

✓ 100-86 баллов выставляется студенту, если участие в дискуссии 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 участие в дискуссии 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. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 баллов выставляется студенту, если участие в дискуссии, свидетельствует 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 участие в дискуссии, обнаруживает 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.

### **Тематика лабораторных работ**

1. Исследование распространения волн в прямоугольном волноводе.
2. Исследование элементов и узлов коаксиального тракта.
3. Исследование микрополосковой антенны.
4. Исследование рупорной антенны.

### **Критерии оценки лабораторных работ**

<b>Оценка</b>	<b>Требования</b>
<b>«зачтено»</b>	Студент выполняет лабораторную работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения измерений, правильно самостоятельно определяет цель работы; самостоятельно, рационально выбирает необходимое оборудование для получения наиболее точных результатов проводимой работы. Грамотно и логично описывает ход работы, правильно формулирует

	выводы, точно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и т.п., умеет обобщать фактический материал. Допускается два/три недочёта или одна негрубая ошибка и один недочёт. Работа соответствует требованиям и выполнена в срок.
<b>«не зачтено»</b>	Студент выполнил работу не полностью, объём выполненной части не позволяет сделать правильные выводы; не определяет самостоятельно цель работы; в ходе работы допускает одну и более грубые ошибки, которые не может исправить, или неверно производит наблюдения, измерения, вычисления и т.п.; не умеет обобщать фактический материал. Лабораторная работа не выполнена.

## Темы обязательные для отражения в конспекте

### 6 семестр

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.

Классификация направляемых волн: поперечные электромагнитные (Т), электрические (Е), магнитные (Н), гибридные волны.

Фазовая скорость направляемых волн.

Критическая длина волны.

Связь между продольными и поперечными составляющими поля направляемых волн.

Типы волн в прямоугольном волноводе.

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 Н<sub>10</sub>.

Характеристическое сопротивление волноводов.

Волноводы специальной формы, гофрированные волноводы.

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.

Общие характеристики волн ТЕМ в линиях передач.

Двухпроводные, четырехпроводные и многопроводные линии передач.

Четырехпроводной перекрещенный фидер.

Коаксиальные линии передач. Типы волн в коаксиальной линии. Условия существования одномодового режима на Т-волне.

Основные характеристики коаксиальной линии:  $\Lambda$ ;  $Z_c$ ;  $R_{пр}$ ,  $U_{пр}$ ,  $\alpha$ .

Области применения коаксиальных линий.

Симметричная полосковая линия (СПЛ), микрополосковая линия (МПЛ). Основные параметры. Связанные МПЛ. Щелевые и копланарные линии.

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.

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).

Четвертьволновой и экспоненциальный трансформаторы.

Биноминальные и чебышевские переходы.

Шлейфовый трансформатор.

Реактивные элементы в волноводных линиях: штыри и диафрагмы.

Короткозамыкающие металлические поршни.

Согласование возбуждающих устройств с волноводом. Связь через одно или нескольких отверстий в стенках волноводах.

Фланцы, разъемы.

Волноводно-коаксиальные и волноводно-полосковые переходы.

Вращающиеся сочленения. E и H волноводные разветвления.

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

Поглощающие и предельные, переменные и фиксированные аттенюаторы.

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.

Механические переключатели, антенные балансные переключатели.

Методы управления фазой волны.

Волноводные взаимные фазовращатели.

Основные характеристики, конструкция.

Фазовращатели ИС СВЧ.

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.

Волноводные резонаторы.

Резонаторы коаксиального типа.

Тороидальные резонаторы: резонансная длина волны, перестройка.

Микрополосковые резонаторы.

Открытые резонаторы.

Фильтры с четвертьволновой и непосредственной связью.

Фильтры на связанных линиях.

Влияние потерь на характеристики фильтров.

Применение фильтров для широкополосного согласования.

Фильтры ИС СВЧ.

## 7 семестр

Назначение передающей и приемной антенны в радиоканале.

Классификация антенн.

Применение принципа суперпозиции при расчете антенн.

Направленные свойства элементарного вибратора.

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.

Физические основы процесса приёма.

Принцип взаимности для анализа приёмных антенн.

Условия выделения максимальной мощности в нагрузке приёмной антенны.

Основные электрические параметры приёмных антенн.

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.

Линейные антенные решётки.

Режимы работы антенных решёток.

Система из двух связанных вибраторов. Направленные свойства. Пассивные вибраторы.

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.

Понятие о синтезе антенны. Приближенные методы решения задач синтеза.

Сверхнаправленные антенны.

Идеальная излучающая плоская поверхность (апертура) прямоугольного и круглого раскрытия.

Влияние закона амплитудного и фазового распределения поля на излучающие свойства апертуры.

Коэффициент использования поверхности (КИП).

Симметрирующие устройства.

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.

Апериодический рефлектор.

Щелевые резонансные антенны.

Синфазные вибраторные антенные решетки. Схемы питания.

Многощелевые волноводные антенны.

Резонансное и нерезонансное возбуждение щелей.

Директорные антенны.

Логопериодические вибраторные антенны.

Турникетный излучатель.

Спиральная антенна. Условие излучения волны с круговой поляризацией.

Виды спиральных антенн.

Сверхминиатюрные интегрируемые антенны (СИА).

Широкополосные микрополосковые антенны (МПА).

Антенные решетки в полосковом исполнении.

Микрополосковые излучатели с круговой поляризацией.

Линейные МПА.

Фрактальные антенны.

Антенна в виде открытого конца волновода.

Виды рупорных антенн.

Распределение амплитуды и фазы поля в раскрыве.

Оптимальный рупор.

Согласование рупора с волноводом.

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.

Двухзеркальные антенны.

Облучатели зеркальных антенн: вибраторные, волноводные, рупорные, щелевые волноводные, спиральные.

Антенна – параболический цилиндр.

Угловая антенна.

Линзовые антенны.

Диэлектрические стержневые антенны.

Плоские антенны поверхностных волн.

Особенности работы фазированных антенных решеток (ФАР).

Возбуждение ФАР.

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.

Ромбическая антенна.

Двойная ромбическая антенна.

Антенна бегущей волны.

Антенны с резисторной связью.

Вертикальная несимметричная антенна бегущей волны.

Логопериодическая антенна.

Пространственные и плоские логопериодические

Синфазные решетки из логопериодических антенн.

Проволочные Т-, Г-образные и зонтичные антенны.

Вещательные антенны гектометровых волн.

Приемные антенны километровых и гектометровых волн.

### Критерии оценивания

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент выполнил конспект, все темы отражены в полном объеме или 1-5 тем не полностью отражены, либо отсутствуют.
«не зачтено»	Конспект отсутствует, либо отсутствует более 5 тем.

### Тематика курсовых проектов

1. Проектирование параболической антенны для приёма линейно-поляризованного сигнала.
2. Проектирование передающей ромбической антенны для магистральной связи.
3. Проектирование рупорно-параболической антенны.
4. Проектирование волноводно-щелевой антенной решетки с частотным сканированием.
5. Проектирование двухзеркальной антенны спутниковой связи для приема линейно-поляризованного сигнала.
6. Проектирование спиральной антенны в режиме осевого излучения.
7. Проектирование синфазной антенной решетки (САР) на микрополосковых излучателях.
8. Проектирование плоской антенны поверхностных волн (АПВ).
9. Проектирование Н-плоскостной рупорной антенны с корректирующей линзой в раскрыве.
10. Проектирование рупорной антенны с осесимметричной ДН и круговой

поляризацией поля излучения.

### **Критерии оценивания 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.

### **Тематика контрольно-расчетных работ**

1. Расчёт оптимальной диаграммы направленности.
2. Расчёт волновода прямоугольного сечения

### Критерии оценки контрольно-расчетных работ

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент выполнил контрольно-расчетную работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности этапов проведения работы.
«не зачтено»	Студент выполнил работу не полностью.

### Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (6-й, весенний семестр; 7-й, осенний семестр). Экзамен по дисциплине включает ответы на 2 вопроса.

### Критерии выставления оценки студенту на экзамене

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Баллы (рейтин говой оценки)	Оценка экзамена (стандартна я)	Требования к сформированным компетенциям
100-86	«отлично»	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>«удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
60-50	<i>«неудовлетворительно»</i>	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.

### Методические указания по сдаче экзамена

Экзамен принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению директора департамента (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, директор департамента имеет право принять экзамен в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться с разрешения преподавателя, проводящего экзамен, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамене, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на экзамене посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или директора департамента), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются экзамен с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Оценка вносится в экзаменационную ведомость. При неявке студента на экзамен в ведомости делается запись «не явился».

## **Вопросы 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 антенные решетки. Многощелевые 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.