

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
доцент И.И. Растворова

---

**Проректор по образовательной**  
деятельности  
Д.Г. Петраков

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***УСТРОЙСТВА СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И АНТЕННЫ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Специалитет
<b>Специальность:</b>	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
<b>Направленность (профиль):</b>	Проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов
<b>Квалификация выпускника:</b>	инженер
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доц. А.С. Татаренко

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Устройства сверхвысокой частоты и антенны»**  
разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по специальности «11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы», утвержденного приказом Минобрнауки России № 94 от 09.02.2018 г.;

- на основании учебного плана специалитета по специальности «11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы» направленность (профиль) «Проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. А.С. Татаренко

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры Электронных систем от 25.01.2021 г., протокол № 7.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д-р.техн. наук И.И. Растворова

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования \_\_\_\_\_ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Устройства сверхвысокой частоты и антенны» является формирование знаний в области радиотехники, основных проблем в теории излучения, распространения и приема электромагнитных волн, принципов функционирования СВЧ трактов и антенн и методов их расчета; а также в области современных методов проектирования устройств СВЧ и антенн, особенностей экспериментального исследования их характеристик.

Основной задачей дисциплины «Устройства сверхвысокой частоты и антенны» является формирование навыков экспериментальных исследований материалов и приборных устройств, моделирования объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований структур СВЧ диапазона.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Устройства сверхвысокой частоты и антенны» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы по специальности «11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы» направленность (профиль) «Проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов», изучается в 9-ем и 10-ом семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Устройства сверхвысокой частоты и антенны», являются: теоретические основы радиотехники, радиотехнические цепи и сигналы, компоненты электронной техники.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Устройства сверхвысокой частоты и антенны» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен проектировать электронные системы и комплексы	ПКС-3.1	Знает передовой отечественный и зарубежный опыт проектирования и эксплуатации электронного оборудования
	ПКС-3.2	Умеет использовать при проектировании новейшие программные продукты
Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	ПКС-4.1	Знает стадии проектирования
	ПКС-4.2	Умеет разрабатывать техническое задание на проектирование

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 6 зачётных единиц, 216 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам	
		9	10
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>90</b>	<b>34</b>	<b>56</b>
Лекции (Л)	45	17	28
Практические занятия (ПЗ)	14	-	14
Лабораторные работы (ЛР)	31	17	14
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>90</b>	<b>56</b>	<b>34</b>
Подготовка к лекциям	15	8	7
Подготовка к лабораторным работам	15	8	7
Выполнение курсовой работы / проекта	20	-	20
Аналитический информационный поиск	7	7	-
Работа в библиотеке	18	18	-
Подготовка к зачету	15	15	-
<b>Промежуточная аттестация –зачет (З), экзамен (Э), курсовой проект (КП)</b>	<b>З, Э(36), КП</b>	<b>З</b>	<b>Э(36), КП</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>			
<b>ак. час.</b>	<b>216</b>	<b>90</b>	<b>126</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>6</b>	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

###### Разделы дисциплины и виды занятий в 9 семестре

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента,
1. Введение.	9	1	-	-	8
2. Регулярные линии передачи электромагнитной энергии и их технические характеристики	10	2	-	-	8
3. Нерегулярные линии передачи. Линии передачи конечной длины. Методы согласования линий передачи	12	4	-	-	8
4. Теоретические вопросы проектирования СВЧ элементов и узлов трактов. Общая теория пассивных многополюсников	12	4	-	-	8

5. Двухполюсники - оконечные устройства в линиях передачи	10	2	-	-	8
6. Четырехполюсники	19	2	-	9	8
7. Шестиполусники. Восьмиполусники	18	2	-	8	8
<b>Всего:</b>	<b>90</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>17</b>	<b>56</b>

#### Разделы дисциплины и виды занятий в 10 семестре

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента,
1. Электродинамические основы теории антенн. Параметры антенн	12	4	4	-	4
2. Излучение вибраторных антенн	14	4	4	2	4
3. Излучение линейной системы источников	8	4	-	-	4
4. Синтез линейных антенных систем по заданной диаграмме направленности	6	2	-	-	4
5. Плоские излучающие поверхности и решетки излучателей	8	4	-	-	4
6. Антенны в режиме приема	8	2	2	-	4
7. Вибраторные и щелевые антенны	14	2	-	8	4
8. Апертурные антенны	16	4	4	4	4
9. Антенные решетки	4	2	-	-	2
<b>Всего:</b>	<b>90</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>36</b>
<b>Подготовка к экзамену:</b>	<b>36</b>				
<b>Итого:</b>	<b>126</b>				

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
<b>9 семестр</b>			
1	Введение	Роль и значение антенных устройств в радиосистемах. Особенности конструирования устройств СВЧ и антенн. Вопросы автоматизации проектирования. Проблемы электромагнитной совместимости. История развития теории и техники антенн.	1
2	Регулярные линии передачи электромагнитной энергии и их	Типы линий передачи: проводные, коаксиальные, волноводные, полосковые. Типы волн, распространяющихся в линиях передач. Основные технические характеристики линий передачи: полоса	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
	технические характеристики	пропускания, волновое сопротивление, электрическая прочность, затухание электромагнитной энергии, дисперсионные свойства.	
3	Нерегулярные линии передачи. Линии передачи конечной длины. Методы согласования линий передачи	Неоднородности в линиях передач. Коэффициент отражения. Коэффициенты бегущей и стоячей волны. Принципы узкополосного и широкополосного согласования. Ограничения на ширину полосы согласования. Связь КПД и электрической прочности линии передачи с коэффициентом стоячей (бегущей) волны.	4
4	Теоретические вопросы проектирования СВЧ элементов и узлов трактов. Общая теория пассивных многополюсников	Волновые матрицы рассеяния и передачи. Матрицы сопротивлений и проводимостей. Основные свойства матриц (взаимности, геометрической симметрии и пр.) Физический смысл коэффициентов матриц. Экспериментальное определение элементов матриц.	4
5	Двухполюсники - оконечные устройства в линиях передачи	Основные свойства двухполюсников. Закорачивающие поршни, согласованные нагрузки, индикаторы мощности (детекторные и термисторные головки), объемные резонаторы.	2
6	Четырехполюсники	Основные свойства четырехполюсников. Переходы в линиях передачи. Вращающиеся сочленения. Согласующие устройства (диафрагмы, штыри, реактивный контур и трансформатор). Атенюаторы, фазовращатели, поляризаторы. Проходные резонаторы. Фильтры СВЧ. Теоретические основы использования ферритов в устройствах СВЧ. Невзаимные четырехполюсники. Ферритовые фазовращатели, вентили, поляризаторы.	2
7	Шестиполюсники. Восьмиполюсники	Основные свойства взаимных (тройники) и невзаимных (циркуляторы) шестиполюсников. Основные свойства восьмиполюсников. Гибридные T- и кольцевые мосты. Щелевой и квадратный мост. Направленные ответвители. Циркулятор на эффекте Фарадея. Фазовый циркулятор.	2
<b>Итого:</b>			17
<b>10 семестр</b>			
8.	Электродинамические основы теории антенн. Параметры антенн	Поле излучения элементарных излучателей (диполь Герца, магнитный диполь, элемент Гюйгенса). Постановка задачи о поле излучения заданной системы сторонних источников. Теорема эквивалентности. Амплитудная, фазовая, поляризационная характеристики поля излучения антенны. Коэффициенты: направленного действия, полезного действия, усиления антенны. Рабочая полоса частот, сопротивление излучения, мощность излучения, входное сопротивление антенны.	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
9.	Излучение вибраторных антенн	Идеальный линейный излучатель. Постановка задачи об излучении симметричного вибратора. Применение теории длинных линий для анализа излучения вибратора. Характеристики излучения вибратора: функция направленности, мощность и сопротивление излучения. Расчет активной и реактивной составляющих входного сопротивления вибратора. Несимметричный вибратор. Принцип двойственности, применительно к расчету щелевой антенны. Микрополосковые вибраторы и их эквивалентные схемы.	4
10.	Излучение линейной системы источников	Линейный источник излучения с равномерным амплитудно-фазовым распределением тока возбуждения. Теорема умножения. Режимы и характеристики излучения линейного источника. Оптимальная длина линейного источника. Эквидистантная линейная антенная решетка. Расчет характеристик решетки. Неэквидистантные решетки. Фазовое сканирование диаграммы направленности линейной решетки. Диаграмма направленности двух связанных активных вибраторов. Собственное, взаимное и вносимое сопротивление вибраторов. Активный и пассивный вибраторы. Рефлектор и директор. Влияние Земли на характеристики излучения вибратора. Влияние Земли на характеристики линейной антенной решетки.	4
11.	Синтез линейных антенных систем по заданной диаграмме направленности	Постановка задачи синтеза. Критерии оптимальности синтезируемых диаграмм. Преобразование Фурье и метод парциальных диаграмм. Сверхнаправленность.	2
12.	Плоские излучающие поверхности и решетки излучателей	Расчет поля излучения антенны методом эквивалентных поверхностных токов. Характеристики излучения идеальной, плоской прямоугольной и круглой поверхностей. Влияние законов распределения амплитуды и фазы поля по апертуре на характеристики излучения. Плоские фазированные антенные решетки. Методы оптимизации характеристик фазированных антенных решеток.	4
13.	Антенны в режиме приема	Принцип взаимности. Симметричный вибратор в поле плоской волны. Параметры приемных антенн. Передача мощности между двумя антеннами.	2
14.	Вибраторные и щелевые антенны.	Симметричные и несимметричные вибраторы. Петлевой и турникетный вибраторы. Уголковая антенна Пистолькорса. Ромбическая антенна. Синфазная горизонтальная диапазонная антенна. Проволочные антенны и антенны – мачты. Частотно-независимые антенны: логарифмические, логопериодические, спиральные. Антенны бегущей волны: директорные, спиральные, диэлектрические и импедансные. Щелевые	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		антенны с резонаторами. Волноводные многощелевые антенные решетки. Методы питания и согласования вибраторных и щелевых антенн.	
15.	Апертурные антенны	Открытый конец прямоугольного и круглого волновода. Секториальные, пирамидальные и конические рупорные антенны. Оптимальная рупорная антенна, согласование с волноводом. Параболические антенны. Характеристики излучения. Облучатели параболических зеркальных антенн. Способы формирования суммарных и разностных диаграмм направленности. Многомодовые облучатели. Реакция зеркала на облучатель. Двухзеркальные антенны Кассегрейна, Грегори. Способы сканирования диаграммы направленности в зеркальной антенне. Линзовые антенны. Ускоряющие и замедляющие линзы. Зонирование линзовых антенн. Линзы с широкоугольным качанием диаграммы направленности.	4
16.	Антенные решетки	Плоские фазированные антенные решетки. Типы излучателей. Способы питания антенных решеток. Активные решетки. Дискретное фазирование. Рабочая полоса частот антенной решетки. Многолучевые антенные решетки. Электромагнитная совместимость. Требования к величине взаимной развязки близко расположенных излучателей.	2
<b>Итого:</b>			<b>28</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 8.	Электродинамические основы электромагнитного излучения и теории антенн. Излучение элементарных источников. Основные электрические характеристики передающих антенн	4
2.	Раздел 9.	Вибраторные антенны. Полосковые антенны. Применение метода вектора Пойнтинга для расчета мощности и сопротивления излучения вибратора конечной длины	4
3.	Раздел 13.	Работа антенн в режиме приёма	2
4.	Раздел 16.	Антенные решётки с поперечным излучением. Антенны бегущей волны тока	4
<b>Итого:</b>			<b>14</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
<b>9 семестр</b>			
1	Раздел 4.	Изучение конструкции и исследование характеристик направленных ответвителей	5
2	Раздел 4.	Изучение конструкций и исследование характеристик мостовых	4



		устройств	
3	Раздел 6.	Исследование фильтров СВЧ	4
4	Раздел 6.	Исследование ферритовых устройств СВЧ	4
<b>Итого:</b>			<b>17</b>

<b>10 семестр</b>			
1.	Раздел 9.	Изучение вибраторных антенн. Штыревая антенна	2
2.	Раздел 14.	Изучение антенн бегущей волны. Директорная антенна или антенна типа волновой канал	4
3.	Раздел 14.	Изучение антенн бегущей волны. Спиральная антенна	4
4.	Раздел 15.	Рупорная антенна	4
<b>Итого:</b>			<b>14</b>

#### 4.3.4. Курсовые работы (проекты)

Учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы на тему:

№ п/п	Тематика курсовых проектов
1.	Плоская антенная решётка вибраторов
2.	Параболическая антенна
3.	Директорная антенна
4.	Волноводно-щелевая антенна
5.	Линзовая антенна
6.	Диэлектрическая антенна
7.	Цилиндрическая спиральная антенна
8.	Плоская логарифмическая спиральная антенна
9.	Рупорная антенна
10.	Антенна поверхностных волн

Обучающийся выбирает вариант для расчета по двум последним цифрам номера зачетной книжки.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена, зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного

приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в 9 семестре**

#### **Раздел 1. Введение.**

1. Какие электромагнитные колебания относятся к диапазону СВЧ?
2. Назовите диапазоны длин волн, граничащие с диапазоном СВЧ.
3. Почему техника СВЧ и антенн выделена как самостоятельная дисциплина?
4. Чем обусловлено широкое применение приборов и устройств техники СВЧ и антенн?
5. Что относится к устройствам СВЧ?

#### **Раздел 2. Регулярные линии передачи электромагнитной энергии и их технические характеристики.**

1. Изобразите эскизы конструкций линий передачи электромагнитной энергии.
2. Какие типы волн существуют в линиях передачи?
3. Приведите примеры типов линии передачи электромагнитной энергии.
4. Можно ли использовать методы теории цепей с сосредоточенными параметрами при расчете следующих устройств: а) телевизионной антенны, б) линии передачи электромагнитной энергии, в) микросхемы?
5. Дайте характеристику режимам волн в длинной линии.

#### **Раздел 3. Нерегулярные линии передачи. Линии передачи конечной длины. Методы согласования линий передачи.**

1. Что называют нерегулярной линией передачи?
2. Чем вызываются отражения энергии электромагнитной волны в линиях передачи?
3. Как определяются коэффициенты: отражения, бегущей и стоячей волны?
4. Объясните способы согласования линий передачи с нагрузкой (узкополосное и широкополосное согласование).
5. Какие бывают неоднородности, вызывающие отражения в линиях передачи?

#### **Раздел 4. Теоретические вопросы проектирования СВЧ элементов и узлов трактов. Общая теория пассивных многополюсников.**

1. Поясните принцип построения матрицы рассеяния и передачи многополюсника.
2. Какие типы волн могут распространяться в металлическом волноводе прямоугольного поперечного сечения?
3. Что называют характеристическим сопротивлением волны в прямоугольном металлическом волноводе?
4. Какие способы применяют для узкополосного согласования линий передачи с нагрузкой?
5. Какую модель устройств СВЧ используют для описания их внешних характеристик?

#### **Раздел 5. Двухполюсники - оконечные устройства в линиях передачи.**

1. Назовите примеры двухполюсников, используемых в качестве оконечного устройства в линиях передачи.
2. Назовите основные свойства характеристической матрицы двухполюсника.
3. Приведите примеры простейших реактивных двухполюсников.
4. Какие два подхода применяют к анализу цепей, содержащих многополюсные элементы?
5. По каким признакам можно классифицировать двухполюсники?

#### **Раздел 6. Четырехполюсники.**

1. Какой физический смысл имеют коэффициенты матриц передачи и рассеяния?
2. Объясните принципы конструирования и физику работы бесконтактных и контактных подвижных поршней в волноводе.
3. Каковы особенности конструкции и работы коаксиальных и волноводных детекторных секций?

4. Расскажите об особенностях характеристических матриц четырёхполюсников.
5. Опишите конструкции и основные свойства реактивных диафрагм в прямоугольном волноводе.

### **Раздел 7. Шестиполюсники. Восьмиполюсники.**

1. Запишите матрицу передачи и рассеяния для обобщённого шестиполюсника.
2. Изобразите эскизы Т- и Y- образных разветвителей. Расскажите об особенностях их работы.
3. Что понимают под взаимным шестиполюсником?
4. Объясните свойства двойного волноводного тройника, запишите его матрицу рассеяния.
5. Что из себя представляет щелевой мост, с какой целью он используется?

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету**

1. Волноводные фильтры с непосредственными связями. Конструкция и принцип работы.
2. Фазовый циркулятор на основе прямоугольного волновода.
3. Понятие о волновой матрице рассеяния. Физический смысл коэффициентов матрицы рассеяния.
4. Волноводный фазовый циркулятор. Конструкция и принцип работы.
5. Согласование линий передач с помощью четвертьволновых линий передач.
6. Диэлектрическая линия передачи. Структура поля, основные технические характеристики.
7. Основные принципы согласования устройств СВЧ.
8. Дроссельно-фланцевое соединение линий передачи.
9. Фазовращатели на основе волноводных линий передачи. Конструкция и принцип работы.
10. Детекторные и термисторные измерительные устройства. Конструкция и принцип работы.
11. Ступенчатые переходы и применение их для широкополосного согласования линий передачи с нагрузкой.
12. Принципы согласования линий передачи с нагрузкой. Характеристики возможных режимов волн.
13. Конструкция, принцип работы и основные характеристики направленных ответвителей, выполненных на основе прямоугольного волновода.
14. Волноводы с П- и Н – образными поперечными сечениями. Отличительные особенности и принцип работы.
15. Принцип построения фильтров с четвертьволновыми связями на основе прямоугольного волновода.
16. Фильтры СВЧ с чебышевской и максимально-плоской частотными характеристиками.
17. Атенюаторы. Конструкция, принцип работы и основные характеристики.
18. Особенности построения фильтров СВЧ. Виды частотных характеристик.
19. Ферритовые вентили. Конструкции и принципы работы.
20. Классификация типов волн, распространяющихся в линиях передачи. Одноволновый и многоволновый режимы.
21. Эффект Фарадея в подмагниченных ферритах. Использование его в устройствах СВЧ.
22. Фазовращатели. Принцип работы и основные характеристики.
23. Е-, Н- тройники. Конструкция, основные характеристики, матрицы рассеяния, передачи.
24. Коэффициенты бегущей (КБВ) и стоячей (КСВ) волны. Коэффициент отражения ( $\Gamma$ ) и связь его с КБВ и КСВ.
25. Е- тройник на основе прямоугольного волновода. Конструкция, принцип работы, основные свойства. Матрица рассеяния.
26. Реактивные диафрагмы в волноводах прямоугольного сечения. Принцип работы, свойства.
27. Волновые матрицы рассеяния и передачи.
28. Вращающиеся сочленения на основе волноводных линий передачи. Конструкция, принцип действия.
29. Полосовой фильтр на встречных стержнях.
30. Двухпроводная линия передачи. Структура поля. Технические характеристики.

## **6.2. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **6.2.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости в 10 семестре**

Тематика для самостоятельной подготовки

#### **Раздел 8. Электродинамические основы теории антенн. Параметры антенн.**

1. Для чего предназначены антенны?
2. Какие основные признаки, по которым классифицируют антенны?
3. Какие используют энергетические параметры антенн?
4. Какие применяют характеристики и параметры направленности антенн?
5. Что собой представляет симметричный вибратор?

#### **Раздел 9. Излучение вибраторных антенн.**

1. Какое волновое сопротивление имеет свободное пространство?
2. Какое соотношение между фазами напряжённостей электрического и магнитного полей, излучаемых элементарным электрическим диполем?
3. Меняет ли свой знак в течение периода колебаний мгновенное значение вектора Пойнтинга при излучении элементарного электрического диполя?
4. С какой скоростью энергия уходит от элементарного электрического диполя, то есть распространяется по радиальным направлениям?
5. Опишите расположение векторов электрического и магнитного поля излучения элементарного электрического диполя в пространстве дальней зоны.

#### **Раздел 10. Излучение линейной системы источников.**

1. Что такое антенная решётка, и какие используют типы антенных решёток?
2. В чём состоит смысл теоремы перемножения диаграмм направленности?
3. В чём заключается смысл множителя антенной решётки?
4. Что называют амплитудной диаграммой направленности линейной решётки излучателей?
5. Что означает фазовая диаграмма линейной решётки излучателей?

#### **Раздел 11. Синтез линейных антенных систем по заданной диаграмме направленности.**

1. Из-за чего расчёт и конструирование современных антенн в последние годы значительно усложнились?
2. Что понимают под задачей синтеза антенн?
3. Как проводят синтез линейного излучателя методом интеграла Фурье?
4. Каков физический смысл обобщённой угловой координаты?
5. От чего зависит направление и количество главных лепестков множителя антенной решётки?

#### **Раздел 12. Плоские излучающие поверхности и решетки излучателей.**

1. Что такое апертурная антенна?
2. Каких типов апертурные антенны Вы знаете?
3. Чем определяется ширина диаграммы направленности в главных плоскостях синфазного прямоугольного раскрыва?
4. Для чего применяют плоские решётки излучателей?
5. Какова методика расчёта диаграммы направленности плоской антенной решётки?

#### **Раздел 13. Антенны в режиме приёма.**

1. Что происходит при работе в режиме приёма на входе антенны под действием падающего на неё извне электромагнитного поля?
2. Что является основным параметром приёмной антенны, характеризующим её направленные свойства?
3. Что называют амплитудной диаграммой направленности приёмной антенны?
4. Какие особенности работы антенны в режиме приёма?
5. Чем определяется шумовая температура приёмной антенны?

#### **Раздел 14. Вибраторные и щелевые антенны.**

1. Что такое несимметричный вибратор?
2. Какова конструкция и принцип действия Т-образной антенны?

3. Что такое волноводно-щелевая антенна?
4. В каких целях используют слабонаправленные или ненаправленные бортовые антенны?
5. Каким образом поверхность летательного аппарата влияет на формирование диаграммы направленности слабонаправленной антенны?

#### **Раздел 15. Апертурные антенны.**

1. Какие типы излучателей относятся к апертурным антеннам?
2. Чем отличается диаграмма направленности излучения рупорной антенны от диаграммы направленности излучения открытого конца волновода?
3. Что такое секториальный рупор?
4. Чем определяются КНД и диаграмма направленности плоского раскрытия?
5. Уточните зависимость диаграммы направленности апертурной антенны от того, как меняется фаза поля в раскрытии.

#### **Раздел 16. Антенные решетки.**

1. От чего зависит количество боковых лепестков множителя антенной решетки?
2. Что влияет на количество нулей множителя антенной решетки?
3. В чём заключаются преимущества и недостатки неэквидистантных антенных решеток?
4. Каковы преимущества и недостатки фазированных антенных решеток?
5. Какие методы используют для управления диаграммой направленности?

#### **6.2.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации к экзамену**

##### **6.2.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине)**

1. Косекансное зеркало. Принцип работы, метод расчета.
2. Элементарный излучатель типа «магнитный диполь». Поле излучения.
3. Влияние рефлектора на диаграмму направленности синфазной решетки излучателей.
4. Волноводно-щелевая антенна. Конструкция, принцип работы, характеристики.
5. Определение сопротивления излучения симметричного вибратора методом наводимых ЭДС.
6. Принцип взаимности. Применение его к излучению приемных антенн.
7. Амплитудная, фазовая, поляризационная характеристики антенны.
8. Принцип определения поля излучения системы дискретных излучателей (вибраторов).
9. Шлейф-вибратор Пистолькорса. Конструкция, основные особенности и отличия.
10. Принцип определения поля излучения идеальной плоской прямоугольной поверхности, в каждой точке которой векторы электрического и магнитного полей имеют одинаковые амплитуды и фазы.
11. Метод анализа диаграммы направленности системы дискретных излучателей.
12. Способы питания вибраторных антенн.
13. Метод определения поля излучения двух связанных вибраторов, один из которых активный, другой – пассивный.
14. Способы симметрирования диаграммы направленности и согласования с питающей линией передачи.
15. Параметры антенны, характеризующие ее как преобразующее устройство (входное сопротивление, сопротивление излучения и потерь, коэффициент полезного действия, диапазонность, максимально-допустимая мощность).
16. Замедляющая линзовая антенна. Конструкция, принцип работы.
17. Расчет сопротивления излучения симметричного вибратора методом вектора Пойтинга.
18. Антенна типа открытого конца круглого волновода. Характеристики излучения.
19. Щелевой элементарный излучатель. Принцип двойственности.
20. Ускоряющая линзовая антенна. Конструкция, принцип работы.
21. Влияние распределения амплитуды поля в раскрытии антенны на ее характеристики излучения.
22. Теорема эквивалентности и применение ее к расчету антенн.
23. Зависимость формы диаграммы направленности симметричного вибратора от его относительной длины.
24. Реакция зеркала на облучатель и способы ее устранения.
25. Симметричный вибратор. Принцип определения поля излучения.

26. Элементарный излучатель типа «элемент Гюйгенса». Поле излучения.
27. Принцип эквивалентности.
28. Г-, Т- образные антенны. Конструкции, принцип работы, характеристики.
29. Зеркальная параболическая антенна. Конструкция, принцип работы, характеристики.
30. Антенна типа открытого конца прямоугольного волновода. Характеристики излучения.

### 6.2.3. Примерные тестовые задания к экзамену

#### Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Устройства, которые обеспечивают симметрию в схемах для питания вибраторных антенн используются в целях...	1. согласования антенны с фидером; 2. увеличения размеров антенны; 3. снижения шумовой температуры антенны; 4. сужения диаграммы направленности антенны.
2	Антенну Пистолькорса (угловую) используют в диапазоне...	1. сверхкоротких радиоволн; 2. длинных радиоволн; 3. коротких радиоволн; 4. средних радиоволн.
3	Антенны диапазонов длинных и сверхдлинных радиоволн (Г- и Т-образные) функционируют на волнах...	1. с вертикальной поляризацией; 2. с наклонной поляризацией; 3. с круговой поляризацией; 4. с эллиптической поляризацией.
4	В целях согласования полуволновой антенны (щелевой в экране с настроенным резонатором) с коаксиальной линией нужно...	1. подсоединить линию через сосредоточенную емкость; 2. параллельно щели подключать сопротивление, равное волновому сопротивлению линии; 3. подсоединить линию в центре щели; 4. подсоединить линию ближе к краю щели.
5	Антенные решетки (резонансные волноводные щелевые) изготавливают на волноводе, нагруженном на...	1. короткозамкнутую нагрузку; 2. коаксиальную нагрузку; 3. комплексную нагрузку; 4. нагрузку, согласованную с волноводом.
6	Волноводные антенны (щелевые нерезонансные) изготавливают на волноводе, нагруженном на...	1. короткозамкнутую нагрузку; 2. коаксиальную нагрузку; 3. комплексную нагрузку; 4. нагрузку, согласованную с волноводом.
7	В резонансной волноводной щелевой антенне интервал между синфазно возбуждаемыми щелями равен...	1. произвольной величине; 2. четверти длины волны в волноводе; 3. длине волны в волноводе; 4. половине длины волны в волноводе.
8	В резонансной волноводной щелевой антенне интервал между противофазно возбуждаемыми щелями равен...	1. произвольной величине; 2. четверти длины волны в волноводе; 3. длине волны в волноводе; 4. половине длины волны в волноводе.
9	Для нерезонансной волноводной щелевой антенны в волноводе устанавливается режим...	1. поперечных волн; 2. бегущих волн; 3. стоячих волн; 4. смешанных волн.

10	Здесь показано изображение...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. горизонтальной антенной решетки синфазных излучателей;</li> <li>2. системы питания антенны;</li> <li>3. антенны бегущей волны;</li> <li>4. многоцелевой антенны.</li> </ol>
11	Щелевые антенны на основе волноводов являются...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. широкополосными;</li> <li>2. частотно-независимыми;</li> <li>3. узкополосными;</li> <li>4. сверхширокополосными.</li> </ol>
12	Для построения частотно-независимых антенн используют принцип...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. эквивалентности;</li> <li>2. перестановочной двойственности;</li> <li>3. электродинамического подобия;</li> <li>4. взаимности.</li> </ol>
13	Антенны, форма которых определяется ... являются частотно-независимыми.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сохранением геометрии антенны;</li> <li>2. изменением линейных размеров пропорционально изменению частоты;</li> <li>3. постоянством линейных размеров;</li> <li>4. лишь угловыми размерами.</li> </ol>
14	В центре логарифмической спиральной антенны имеется активная зона. Это связано с...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. значением радиуса ветвей спирали;</li> <li>2. шагом навивки спирали;</li> <li>3. отсечкой излучающих токов;</li> <li>4. величиной длины волны.</li> </ol>
15	В центре логарифмической спиральной антенны имеется активная зона. Её размер составляет...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. треть длины волны излучения;</li> <li>2. четверть длины волны;</li> <li>3. половину длины волны;</li> <li>4. длину волны.</li> </ol>
16	Логарифмическая спиральная антенна прорезана в экране из металла. Характеристика направленности антенны имеет максимумы...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. под углом 45° к плоскости экрана;</li> <li>2. под углом 60° к плоскости экрана;</li> <li>3. в направлении, перпендикулярном плоскости экрана;</li> <li>4. в плоскости экрана.</li> </ol>
17	Логарифмическая спиральная антенна в направлении максимума своей функции направленности имеет ... поляризацию электромагнитного поля излучения.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наклонную;</li> <li>2. эллиптическую;</li> <li>3. вертикальную;</li> <li>4. горизонтальную.</li> </ol>
18	Логарифмическая спиральная антенна в диапазоне частот до 20:1 имеет ширину диаграммы направленности в пределах...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 200-300 ;</li> <li>2. 800-900;</li> <li>3. 100-200;</li> <li>4. 400-500.</li> </ol>
19	В сравнении с логарифмическими спиральными антеннами спиральные антенны Архимеда характеризуются...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. большей широкополосностью;</li> <li>2. более стабильными параметрами в диапазоне частот;</li> <li>3. меньшими габаритами;</li> <li>4. большей направленностью.</li> </ol>
20	Здесь показана ... 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. логопериодическая антенна;</li> <li>2. спиральная антенна;</li> <li>3. антенная решетка;</li> <li>4. антенна поверхностных волн.</li> </ol>

### Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
-------	--------	-----------------

1	Линейная синфазная решетка в дальней зоне имеет функцию направленности, которую находят в виде ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. произведения функции направленности элементов;</li> <li>2. множителя решетки;</li> <li>3. произведения функций направленности одного элемента на множитель решетки;</li> <li>4. суммы функций направленности элементов.</li> </ol>
2	Уточните амплитудно-фазовое распределение тока вдоль линейной антенны, при котором функция направленности антенны соответствует $\sin x/x$ .	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. равномерное;</li> <li>2. экспоненциальное;</li> <li>3. гиперболическое;</li> <li>4. параболическое.</li> </ol>
3	Оптимальными называют линейные синфазные антенны...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. со сверхнаправленностью;</li> <li>2. с максимальной направленностью;</li> <li>3. с оптимальным значением коэффициента усиления;</li> <li>4. с минимальным уровнем боковых лепестков.</li> </ol>
4	Линейная синфазная антенна называется оптимальной при распределении тока...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. с всплеском тока на краях антенны;</li> <li>2. косинусоидальном;</li> <li>3. равномерном;</li> <li>4. спадающем до нуля к краям антенны.</li> </ol>
5	На излучающем элементе антенны есть линейные фазовые искажения. Они приводят к...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. уменьшению ширины ДН;</li> <li>2. отклонению максимума ДН, увеличению ее ширины и уровня боковых лепестков;</li> <li>3. изменению степени согласования антенны со средой;</li> <li>4. изменению поляризации излучаемого электромагнитного поля.</li> </ol>
6	Линейная синфазная антенна имеет равномерное распределение тока ( $D$ -размер антенны, $\lambda$ -длина волны). Коэффициент направленного действия антенны равен...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>2.0 D/\lambda</math>;</li> <li>2. <math>4.0 D/\lambda</math>;</li> <li>3. <math>0.5 D/\lambda</math>;</li> <li>4. <math>D/\lambda</math>.</li> </ol>
7	Антенная (линейная) решётка называется эквидистантной когда расстоянием между элементами по её длине ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменяется;</li> <li>2. возрастает;</li> <li>3. постоянно;</li> <li>4. убывает.</li> </ol>
8	При синтезе антенны определяют ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. необходимую точность изготовления излучающей поверхности;</li> <li>2. закон распределения электромагнитного поля или тока на излучающей поверхности, при котором реализуется заданная диаграмма направленности;</li> <li>3. форму ДН по заданным значениям тока или электромагнитного поля на некоторой излучающей поверхности;</li> <li>4. геометрию излучающей поверхности.</li> </ol>
9	Характеристика антенны, которую называют сверхнаправленностью означает...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. излучение в пространство всей мощности сигнала, подаваемого на вход антенны;</li> <li>2. согласованность выхода антенны со средой излучения;</li> <li>3. возможность неограниченного увеличения коэффициента направленного действия;</li> <li>4. доведение до нуля уровня боковых лепестков.</li> </ol>



10	Характеристики антенны называют оптимальными, если они соответствуют...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. максимальному значению коэффициента направленного действия;</li> <li>2. минимальной ширине диаграммы направленности при заданном уровне бокового излучения;</li> <li>3. минимальному уровню боковых лепестков;</li> <li>4. минимальной ширине диаграммы направленности.</li> </ol>
11	Антенна Лüneберга (линзовая антенна) – это ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. линза переменной толщины с коэффициентом преломления, не зависящим от радиуса;</li> <li>2. диэлектрическая сфера с коэффициентом преломления, зависящим от радиуса сферы;</li> <li>3. диэлектрическая сфера с коэффициентом преломления, не зависящим от радиуса сферы;</li> <li>4. линза постоянной толщины с коэффициентом преломления, зависящим от радиуса.</li> </ol>
12	У антенны Лüneберга (линзовой антенны) фазовый фронт волны является...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. цилиндрическим;</li> <li>2. гиперболическим;</li> <li>3. сферическим;</li> <li>4. плоским.</li> </ol>
13	У антенны Лüneберга (линзовой антенны) облучатель находится...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. на расстоянии длины волны от поверхности сферы;</li> <li>2. внутри сферы;</li> <li>3. вне сферы;</li> <li>4. на поверхности сферы.</li> </ol>
14	Линзовую антенну называют ускоряющей, если это....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. метало-пластинчатая линзовая антенна;</li> <li>2. метало-диэлектрическая линзовая антенна;</li> <li>3. сферическая линзовая антенна Лüneберга;</li> <li>4. диэлектрическая линзовая антенна.</li> </ol>
15	Зеркальные антенны (параболические) используют на... радиоволнах.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. коротких;</li> <li>2. сантиметровых, миллиметровых и дециметровых;</li> <li>3. сверхдлинных и длинных;</li> <li>4. средних.</li> </ol>
16	Антенны (зеркальные параболические) преобразуют фазовый сферический фронт волны облучателя в раскрыве параболоида в...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. эллиптический;</li> <li>2. параболический;</li> <li>3. плоский;</li> <li>4. конический.</li> </ol>
17	Зеркальную параболическую антенну характеризуют коэффициентом использования поверхности. Этот параметр означает отношение....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. площади эффективно облучаемой электромагнитным полем поверхности зеркала к общей площади поверхности зеркала;</li> <li>2. площади апертуры зеркала к площади поверхности зеркала;</li> <li>3. площади апертуры облучателя зеркала к площади поверхности зеркала;</li> <li>4. площади апертуры облучателя зеркала к площади апертуры зеркала.</li> </ol>

18	У зеркальной параболической антенны влияние зеркала на ее облучатель проявляется в...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ухудшении согласования фидерного тракта облучателя с передатчиком и снижении коэффициента использования поверхности зеркала;</li> <li>2. изменении поляризации отраженного от зеркала поля;</li> <li>3. улучшении согласования фидерного тракта облучателя с передатчиком;</li> <li>4. изменении закона распределения электромагнитного поля вдоль апертуры зеркала.</li> </ol>
19	Уменьшение амплитуды поля на краях апертуры параболической зеркальной антенны приводит к...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сужению диаграммы направленности;</li> <li>2. расширению диаграммы направленности;</li> <li>3. увеличению коэффициента направленного действия;</li> <li>4. увеличению уровня бокового излучения.</li> </ol>
20	Увеличение уровня поля на краях апертуры для параболической зеркальной антенны обуславливает...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сужение диаграммы направленности;</li> <li>2. уменьшение коэффициента усиления;</li> <li>3. уменьшение уровня бокового излучения;</li> <li>4. снижение коэффициента использования поверхности зеркала.</li> </ol>

### Вариант № 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Для синфазной линейной решетки функцию направленности в дальней зоне находят в виде ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. произведения функции направленности одного элемента на множитель решетки;</li> <li>2. суммы функций направленности элементов;</li> <li>3. произведения функций направленности элементов;</li> <li>4. множителя решетки.</li> </ol>
2	... амплитудно-фазовое распределение тока вдоль линейной антенны формирует функцию направленности вида /х.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. экспоненциальное;</li> <li>2. параболическое;</li> <li>3. равномерное;</li> <li>4. гиперболическое.</li> </ol>
3	Какие линейные синфазные антенны носят название оптимальных антенн...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. с минимальным уровнем боковых лепестков;</li> <li>2. с оптимальным значением коэффициента усиления;</li> <li>3. с максимальной направленностью;</li> <li>4. со сверхнаправленностью.</li> </ol>
4	При каком распределении тока линейная синфазная антенна является оптимальной?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. спадающем до нуля к краям антенны;</li> <li>2. косинусоидальном;</li> <li>3. равномерном;</li> <li>4. с возрастанием тока на краях антенны.</li> </ol>
5	Линейные фазовые искажения на излучающем элементе антенны приводят к...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменению степени согласования антенны со средой;</li> <li>2. изменению поляризации излучаемого электромагнитного поля;</li> <li>3. уменьшению ширины ДН;</li> <li>4. отклонению максимума ДН, увеличению ее ширины и уровня боковых лепестков.</li> </ol>

6	Коэффициент направленного действия линейной синфазной антенны с равномерным распределением тока равен... (D-размер антенны, $\lambda$ -длина волны)	5. ; 6. 2.0 ; 7. 0.5; 8. 4.0
7	Эквидистантная линейная антенная решетка - это антенна с расстоянием между элементами по длине ...	1. возрастающим; 2. убывающим; 3. переменным; 4. одинаковым.
8	Задача синтеза антенн заключается в определении ...	1. формы ДН по заданным значениям тока или электромагнитного поля на некоторой излучающей поверхности; 2. геометрии излучающей поверхности; 3. необходимой точности изготовления излучающей поверхности; 4. закона распределения электромагнитного поля или тока на некоторой излучающей поверхности, обеспечивающего заданную диаграмму направленности.
9	Сверхнаправленность антенны это...	1. возможность неограниченного увеличения коэффициента направленного действия; 2. сведение к 0 уровня боковых лепестков; 3. 100% излучение в пространство мощности сигнала, подаваемого на вход антенны; 4. полная согласованность выхода антенны со средой излучения.
10	Оптимальными характеристиками антенн называют характеристики с...	1. наименьшим уровнем боковых лепестков; 2. наименьшей шириной диаграммы направленности; 3. наибольшим значением коэффициента направленного действия; 4. наименьшей шириной диаграммы направленности при заданном уровне бокового излучения.
11	Распределение амплитуды токов в элементах оптимальной синфазной линейной антенной решетки является...	1. равномерным; 2. косинусоидальным; 3. дольф-чебышевским; 4. косинусоидальным на пьедестале.
12	Относительный уровень боковых лепестков оптимальной дольф-чебышевской антенной решетки...	1. имеет постоянную амплитуду; 2. спадает по мере удаления от главного лепестка; 3. увеличивается по мере удаления от главного лепестка; 4. осциллирует по амплитуде.
13	Угол максимального излучения оптимальной дольф-чебышевской антенной решетки может регулироваться путем...	1. изменения амплитуды токов в элементах антенны; 2. создания линейного набега фазы по длине антенны; 3. изменения числа излучающих элементов антенны; 4. изменения длины излучаемой волны.

14	Плоские излучающие поверхности используются для формирования ... диаграмм направленности.	1. изотропных; 2. игольчатых; 3. веерных; 4. конусообразных.
15	Поле излучения плоской излучающей поверхности в дальней зоне вычисляется с помощью преобразования...	1. Лапласа; 2. Пуассона; 3. Фурье; 4. Гельмгольца.
16	Функция направленности плоской излучающей поверхности в дальней зоне определяется законом распределения по ней...	1. амплитуды токов; 2. фазы токов; 3. амплитуды и фазы токов; 4. амплитуды, фазы и частоты токов.
17	Коэффициент направленного действия плоской синфазной излучающей поверхности зависит от...	1. формы излучающей поверхности; 2. геометрической площади поверхности и длины волны; 3. закона распределения токов по поверхности; 4. геометрической площади, длины излучаемой волны и закона распределения токов по поверхности.
18	Коэффициент использования плоской синфазной, равномерно возбужденной излучающей поверхности равен...	1. 2.0; 2. 3.0; 3. 1.0; 4. 4.0.
19	Уменьшение амплитуды тока на краю синфазной, плоской излучающей поверхности приводит к...	1. уменьшению ширины главного лепестка диаграммы направленности; 2. увеличению ширины главного и боковых лепестков; 3. отклонению главного лепестка от нормали и уменьшению уровня боковых лепестков; 4. увеличению ширины главного лепестка и уменьшению уровня боковых лепестков.
20	Электромагнитное поле круговой поляризации может быть создано при интерференции...	1. двух взаимно перпендикулярных составляющих электромагнитного поля одинаковой амплитуды и фазы; 2. двух взаимно перпендикулярных составляющих электромагнитного поля одинаковой амплитуды, сдвинутых по фазе на угол $45^{\circ}$ ; 3. двух взаимно перпендикулярных составляющих электромагнитного поля одинаковой амплитуды, сдвинутых по фазе на угол $90^{\circ}$ ; 4. трех составляющих электромагнитного поля, развернутых на угол $120^{\circ}$ одинаковой амплитуды, сдвинутых по фазе на угол $120^{\circ}$ .

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)</b>	<b>Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)</b>	<b>Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)</b>
	Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

***Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:***

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

**6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)**

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
<b>Зачтено</b>	Посещение более 50 % лекционных и практических, лабораторных занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
<b>Не зачтено</b>	Посещение менее 50 % лекционных и практических, лабораторных занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

***Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:***

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

### 6.3.3. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсовой работы

Студент выполняет курсовой проект в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не выполнил курсовую работу в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы	Студент выполнил курсовую работу с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки	Студент выполнил курсовую работу с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины	Студент выполнил курсовую работу полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Филонов А. А., и др. Устройства СВЧ и антенны: учебник / Под ред. А. А. Филонова. – М.: ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2017 г.  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=505864>
2. Замотринский В.А. Устройства СВЧ и антенны. Часть 1. Устройства СВЧ [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Замотринский В.А., Шангина Л.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлек-троники, 2012.  
<http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=13996>.
3. Гошин Г.Г. Устройства СВЧ и антенны. Часть 2. Антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Гошин Г.Г.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.  
<http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=13997>.
4. Чебышев В.В. Устройства СВЧ и антенны. Часть 3. Устройства СВЧ [Электронный ре-сурс]: Учебное пособие/ Чебышев В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский технический университет связи и информатики, 2016. <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=61570>.

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Воскресенский Д. И., и др. Устройства СВЧ и антенны / Под ред. Д. И. Воскресенского. Изд. 3-е, испр. И доп. – М.: Радиотехника, 2008 г.  
<http://padaread.com/?book=30751&pg=1>

2. Чебышев В.В. Устройства СВЧ и антенны. Часть 1. Устройства СВЧ [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Чебышев В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский технический университет связи и информатики, 2014. <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=61568>.
3. Чебышев В.В. Устройства СВЧ и антенны. Часть 2 [Электронный ресурс]: Учебное по-собие/ Чебышев В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский технический уни-верситет связи и информатики, 2015.  
<http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=61569>.

### 7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Мительман Ю.Е. и др. Расчет и измерение характеристик устройств СВЧ и антенн [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Ю.Е. Мительман [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=65981>.
2. Антенны и устройства СВЧ [Текст] : рабочая прогр., метод. указания, задания на контрол. и курс. работу / сост.: В. Л. Гулюшин [и др.]. - Л. : СЗПИ, 1988.  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set\\_static\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%D0%9C%2D720632<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%9C%2D720632<.>)

### 7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

- БД **JSTOR** полнотекстовая база англоязычных научных журналов [www.jstor.org](http://www.jstor.org)
  - Научная электронная библиотека [www.eLibrary.ru](http://www.eLibrary.ru) (доступ к полным текстам ряда научных журналов с 2007 по 2011 г. )
1. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
  2. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru>
  3. Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы им. М.И.Рудомино <http://www.libfl.ru>
  4. Библиотека Академии Наук <http://www.ras.ru>
  5. Библиотека РАН по естественным наукам <http://www.benran.ru>
  6. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru>
  7. Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения РАН <http://www.spsl.nsc.ru/>
  8. Центральная научная библиотека Дальневосточного отделения РАН <http://lib.febras.ru>
  9. Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН <http://www.uran.ru>
  10. Библиотека Конгресса <http://www.loc.gov/index.html>
  11. Британская национальная библиотека <http://www.bl.uk>
  12. Французская национальная библиотека <http://www.bnf.fr>
  13. Немецкая национальная библиотека <http://www.ddb.de>
  14. Библиотечная сеть учреждений науки и образования RUSLANet <http://www.ruslan.ru:8001/rus/rcls/resources>
  15. Центральная городская универсальная библиотека им. В.Маяковского <http://www.pl.spb.ru>
  16. Научная библиотека им. М.Горького Санкт-Петербургского Государственного университета (СПбГУ) <http://www.lib.pu.ru>
- Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Политехнического университета (СПбГПУ) <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/>

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

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий.**

*48 посадочных мест*

Оснащенность: Стол аудиторный для студентов – 25 шт., стул – 48 шт., кресло преподавателя – 1 шт., стойка мобильная – 1 шт., экран SCM-16904 Champion – 1 шт., проектор XEED WUX450ST – 1 шт., ноутбук 90NB0AQ2-M01400 – 1 шт., источник бесперебойного питания Protection Station 800 USB DIN – 1 шт., доска настенная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 6 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 8 Professional (ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники», Microsoft Office 2007 Professional Plus (Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

#### **Аудитории для проведения практических занятий.**

*16 посадочных мест*

Оснащенность: Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) - 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) - 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) - 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 - 17 шт., (возможность доступа к сети «Интернет»), плакат - 5 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus; CorelDRAW Graphics Suite X5, Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО), Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» , Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» , Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 ,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 , Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 , Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть Университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.



Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 .

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 .

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» ,

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1.

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011).

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»).

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007).

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).

4. LabView Professional, ГК №1142912/09 от 04.12.2009 "На поставку программного обеспечения".