

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

Институт информационных технологий и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
А.А. Галкин  
2021 г.  
« 1 » 09



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Устройства СВЧ и антенны

**Направление подготовки / специальность**

11.03.01 Радиотехника

**Направленность (профиль) подготовки**

Радиотехнические устройства и системы

г. Владимир  
2021 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины "Устройства СВЧ и антенны" являются:

1. Приобретение знания, умения и навыков, обеспечивающих достижение целей основной образовательной программы по направлению «Радиотехника».
2. Подготовка в области радиотехники и инфотелекоммуникаций для решения задач создания новой и совершенствования существующих устройств связи и антенн.

Задачи:

1. Ознакомление с современной методологией научно-технического творчества.
2. Подготовка для использования радиотехнических знаний при решении практических задач по разработке и эксплуатации систем, устройств и комплексов радиотехнического профиля.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Устройства СВЧ и антенны» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.0.13).

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	ОПК-1.1. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования. ОПК-1.2. Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования. ОПК-1.3. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	Знает основные законы теории поля распространения радиоволн в свободном пространстве и направляющих системах диапазона СВЧ; Умеет использовать положения закона и методы расчёта электромагнитных полей при анализе СВЧ устройств и антенн; Владеет математическими методами для решения задач инженерной деятельности в области СВЧ устройств и антенн.	Опрос по пройденному теоретическому материалу. Тестовые вопросы в лабораторных работах и практических занятиях. Практико-ориентированные задания.
ОПК-2. Способен самостоятельно	ОПК-2.1. Знает методы обработки и представления результатов при экспериментальных	Знает методы обработки и представления результатов при экспериментальных	Лабораторные работы с физическим оборудованием.

проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.	исследованиях процессов прохождения сигналов через различные радиотехнические структуры. ОПК-2.2. Умеет самостоятельно выполнять наблюдения и измерения при экспериментальных исследованиях в лабораторных условиях ОПК-2.3. Владеет навыками измерения параметров радиотехнических процессов и обработки полученных значений	исследованиях СВЧ устройств и антенн. Умеет самостоятельно выполнять измерения при экспериментальных исследованиях антенн и устройств СВЧ в лабораторных условиях. Владеет навыками измерения параметров СВЧ устройств и антенн различных типов.	Отчет по лабораторному практикуму.
--	---	--	------------------------------------

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часов.

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
	<b>Раздел 1</b>								
1	Линии передачи.	5	1	2	2			2	
2	Напряжения и токи в произвольном сечении ЛП.	5	2	2	2	4	1	8	
3	Согласование ЛП.	5	3	2	4	4	2	8	
4	Понятие многополюсника и матрицы энергии электромагнитного поля	5	4	2	4	4	1	8	
5	Взаимность, отсутствие потерь и симметрия многополюсников	5	5	2		4	1	8	
6	Примеры простых многополюсников СВЧ	5	6	2		4	1	8	Рейтинг-контроль 1

Раздел 2									
1	Основы теории антенн.	5	7	2	4		1	6	
2	Векторная комплексная диаграмма направленности (ДН).	5	8	2		4	2	8	
3	Простые антенны.	5	9	2	4		2	6	
4	Щелевые антенны. антенны.	5	10	2			1	6	
5	Линейные антенны и решетки.	5	11	2	4	4	1	6	
6	Идеальный линейный излучатель.	5	12	2			2	6	Рейтинг-контроль 2
7	КНД	5	13	2	4		2	8	
8	Излучающие раскрывы и решетки	5	14	2	4		3	8	
9	Вопросы синтеза линейных антенных систем.	5	15	2				6	
10	Апертурные антенны.	5	16	2	4	8	2	6	
11	Зеркальные параболические антенны (ПА).	5	17	2			3	8	
12	Антенные решетки (АР).	5	18	2			5	1	Рейтинг-контроль 3
Всего за 5 семестр:				36	36	36		117	Экзамен (27), КП
Наличие в дисциплине КП/КР					+				
Итого по дисциплине				36	36	36		117	Экзамен (27), КП

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Устройства СВЧ.

Тема 1. Линии передачи.

Основные параметры. Типы линий передачи. Общность их рассмотрения. Математическая модель регулярной линии передачи (ЛП). Нормированные напряжения и токи. Коэффициент отражения.

Тема 2. Напряжения и токи в произвольном сечении ЛП.

Векторные диаграммы. Различные режимы работы. Трансформация сопротивлений. Круговая диаграмма сопротивлений (диаграмма Вольперта).

Тема 3. Согласование ЛП.

Необходимость согласования. Постановка задачи. Узкополосное согласование, алгоритмы и расчет схем согласования. Согласование в тракте со многими нерегулярностями.

Тема 4. Понятие многополосника и матрицы.

Виды матриц. Матрица рассеяния. Достоинства. Применение для описания работы устройств. Идеальные и реальные матрицы.

Тема 5. Взаимность, отсутствие потерь и симметрия многополосников.

Следствия из унитарности матрицы рассеяния. Составные многополосные устройства.

Тема 6. Примеры простых многополосников

СВЧ многополосники от двухполосников до восьмиполосников.

Раздел 2. Антенны

Тема 1. Основы теории антенн.

Назначение и структурная схема антенны.

Поле излучения антенны в дальней, ближней и промежуточной областях.

Тема 2. Векторная комплексная диаграмма направленности (ДН).

Вторичные параметры, характеризующие направленность. Антенна как четырехполюсник. Антенны в режиме радиоприема.

Тема 3. Простые антенны.

Электрический вибратор. Поле излучения вибратора, сопротивление излучения, КНД.

Входное сопротивление вибратора.

Тема 4. Щелевые антенны.

Конструкции вибраторных и щелевых антенн. Способы их возбуждения. Полосковые и микрополосковые антенны. Сверхширокополосные антенны. Связанные вибраторы. Метод наводимых ЭДС

Тема 5. Линейные антенны и решетки.

Диаграмма направленности системы одинаковых одинаково ориентированных излучателей.

Теорема перемножения диаграмм.

Тема 6. Идеальный линейный излучатель.

Анализ ДН. Коэффициент направленного действия. Влияние амплитудного и фазового распределения на параметры линейной антенны. Анализ направленности линейной равномерной антенной решетки. Подавление побочных главных максимумов.

Тема 7. КНД.

Влияние амплитудного и фазового распределения на параметры линейной антенны. Антенны бегущей волны: диэлектрические, спиральные, импедансные, директорные

Тема 8. Излучающие раскрывы и решетки.

Способы расчета полей плоских раскрывов и решеток. КНД и эффективная поверхность плоского синфазного раскрыва. Излучение плоских раскрывов круглой и прямоугольной формы. Управление положением главного максимума. Плоские фазированные антенные решетки. Размещение элементов. Рассогласование при сканировании

Тема 9. Вопросы синтеза линейных антенных систем.

Постановка задачи синтеза. Синтез методом интеграла Фурье. Синтез методом парциальных диаграмм.

Тема 10. Апертурные антенны.

Рупорные антенны. Линзовые антенны.

Тема 11. Зеркальные параболические антенны (ПА).

Виды зеркал. Облучатели ПА. Разновидности антенн.

Тема 12. Антенные решетки (АР).

Фазированные антенные решетки. Управление положением луча. Многолучевые АР.

### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине.**

Тема 1. Изучение элементов волноводных трактов.

Изучение элементов волноводных трактов.

Тема 2. Исследование ферритовых устройств на прямоугольных волноводах.

Исследование ферритовых устройств на прямоугольных волноводах.

Тема 3. Многополюсники СВЧ.

Многополюсники СВЧ.

Тема 4. Узкополосное согласование.

Узкополосное согласование.

Тема 5. Изучение рупорных антенн.

Изучение рупорных антенн.

Тема 6. Измерение коэффициента усиления рупорных антенн.

Измерение коэффициента усиления рупорных антенн.

Тема 7. Изучение линзовых антенн.

Изучение линзовых антенн.

Тема 8. Линейные антенные решетки.

Линейные антенные решетки.

### Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Линии передачи.

Основные параметры. Типы линий передачи. Общность их рассмотрения. Математическая модель регулярной линии передачи (ЛП). Нормированные напряжения и токи. Коэффициент отражения. Напряжения и токи в произвольном сечении ЛП. Векторные диаграммы. Различные режимы работы. Трансформация сопротивлений. Круговая диаграмма сопротивлений (диаграмма Вольперта)

Тема 2. Согласование ЛП.

Необходимость согласования. Постановка задачи. Узкополосное согласование, алгоритмы и расчет схем согласования. Согласование в тракте со многими нерегулярностями.

Тема 3. Понятие многополюсника и матрицы.

Виды матриц. Матрица рассеяния. Достоинства. Применение для описания работы устройств. Идеальные и реальные матрицы. Взаимность, отсутствие потерь и симметрия многополюсников. Следствия из унитарности матрицы рассеяния. Составные многополюсные устройства

Тема 4. Основы теории антенн.

Назначение и структурная схема антенны. Поле излучения антенны в дальней, ближней и промежуточной областях. Векторная комплексная диаграмма направленности (ДН).

Вторичные параметры, характеризующие направленность. Антенна как четырехполюсник.

Антенны в режиме радиоприема.

Тема 5. Простые антенны.

Электрический вибратор. Поле излучения вибратора, сопротивление излучения, КНД.

Входное сопротивление вибратора. Щелевые антенны. Конструкции вибраторных и щелевых антенн. Способы их возбуждения. Полосковые и микрополосковые антенны.

Сверхширокополосные антенны. Связанные вибраторы. Метод наводимых ЭДС.

Тема 6. Линейные антенны и решетки.

Диаграмма направленности системы одинаковых одинаково ориентированных излучателей.

Теорема перемножения диаграмм. Идеальный линейный излучатель. Анализ ДН.

Тема 7. Коэффициент направленного действия.

Влияние амплитудного и фазового распределения на параметры линейной антенны. Анализ направленности линейной равномерной антенной решетки. Подавление побочных главных максимумов. КНД. Антенны бегущей волны: диэлектрические, спиральные, импедансные, директорные

Тема 8. Излучающие раскрыты и решетки.

Способы расчета полей плоских раскрытов и решеток. КНД и эффективная поверхность плоского синфазного раскрыва. Излучение плоских раскрытов круглой и прямоугольной формы. Управление положением главного максимума. Плоские фазированные антенные решетки. Размещение элементов. Рассогласование при сканировании

Тема 9. Апертурные антенны.

Рупорные антенны. Линзовые антенны. Зеркальные параболические антенны (ПА). Виды зеркал. Облучатели ПА. Разновидности антенн.

**5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ,  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ  
И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
СТУДЕНТОВ**

### 5.1. Текущий контроль успеваемости

#### Рейтинг-контроль №1

1. Режимы работы ЛПП
2. Параметры, характеризующие режимы работы ЛПП
3. Трансформация сопротивлений в ЛПП
4. Четвертьволновый и полуволновый трансформаторы сопротивлений
5. Диаграмма полных сопротивлений и проводимостей
6. Узкополосное согласование в ЛПП. Основные принципы. Примеры
7. Согласование параллельным шлейфом
8. Согласование последовательным шлейфом
9. Согласование четвертьволновым трансформатором
10. Матрица рассеяния S
11. Взаимность, симметрия и недиссипативность устройств СВЧ
12. Методы измерения диагональных элементов матрицы S
13. Методы измерения недиагональных элементов матрицы S
14. Измерение больших и малых КСВ

#### Рейтинг-контроль №2

1. Классификация антенн;
2. Входное сопротивление антенны
3. Диаграмма направленности антенны по полю и мощности
4. Ширина диаграммы направленности по уровням
5. КНД антенны, связь КНД с размерами антенны, амплитудным и фазовым распределением
6. Излучение элементарного электрического диполя
7. Элемент Гюйгенса
8. ДН симметричного вибратора и ее свойства
9. Сопротивление излучения симметричного вибратора в широком диапазоне частот
10. Входное сопротивление симметричного вибратора в широком диапазоне частот
11. Два излучателя при разных фазовых соотношениях и расстояниях между элементами
12. Свойства синфазной системы ненаправленных излучателей
13. Система направленных излучателей

#### Рейтинг-контроль №3

1. Взаимное сопротивление параллельных полуволновых вибраторов
2. Схемы питания полуволновых вибраторов
3. Несимметричные вибраторы и способы их питания
4. Диполь Надененко
5. Диаграммы направленной синфазной прямоугольной и круглой площадок при разном АР
6. Влияние фазовых искажений на излучение площадки
7. Оптимальный рупор
8. Е-секториальный и Н-секториальный рупор
9. Состав ЛА, назначение элементов, типы
10. Кубические и квадратичные фазовые искажения в ЛА
11. Типы параболических антенн, их свойства. Уравнения параболоида вращения
12. ДН апертурной антенны, ее связь с АР
13. КИП рассеяния ПА.
14. Измерение ДН антенн.
15. Измерение поляризационных характеристик антенн

## 16. Методы измерения коэффициента усиления антенн

**5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

Вопросы к экзамену.

1. Назначение и основные свойства антенн.
2. Классический и волновой подход к описанию свойств многополюсников СВЧ
3. Классификация антенн.
4. Матрица рассеяния  $S$ .
5. Входное сопротивление антенны
6. Связь между матрицами  $S$ ,  $Z$ ,  $Y$ .
7. Сопротивление излучения, мощность излучения, мощность потерь, полная мощность, КПД антенны.
8. Взаимность, симметрия и недиссипативность устройств СВЧ.
9. Зоны излучения.
10. Перенумерация входов устройств. Матрица перенумераций.
11. Диаграмма направленности антенны по полю и мощности
12. Методы измерения диагональных элементов матрицы  $S$ .
13. Фазовая характеристика направленности, поляризационная характеристика.
14. Методы измерения недиагональных элементов матрицы.
15. Ширина диаграммы направленности по уровням.
16. Измерение больших и малых КСВ
17. КНД антенны, связь КНД с размерами антенны, амплитудным и фазовым распределением.
18. Метод 3-х эталонных нагрузок
19. Коэффициент усиления (КУ) антенны. Способы измерения КУ
20. Метод замещения.
21. Действующая длина и эффективная площадь (поверхность) антенны. КИП антенны
22. Измерение элементов матрицы  $S$  на автоматическом измерителе в полосе частот
23. Максимально-допустимая мощность, рабочий частотный диапазон антенны.
24. Двойной T-мост
25. Роль теории элементарных излучателей при определении поля
26. излучения антенны
27. Волноводно-щелевой направленный ответвитель
28. Принцип эквивалентных токов
29. Квадратный мост
30. Излучение элементарного электрического диполя
31. Гибридное кольцо
32. Излучение тонкого провода
33. Направленный ответвитель на связанных ЛП
34. Элементарный магнитный диполь
35. Ферритовый вентиль на эффекте смещения поля
36. Элементарная электрическая рамка
37. Ферритовый Y-циркулятор
38. Элемент Гюйгенса



39. Регулируемый ферритовый фазовращатель
40. Распределение тока и заряда на тонком вибраторе
41. Математическая модель регулярной линии передачи (ЛП)
42. ДН симметричного вибратора и её свойства
43. Нормированное напряжение и ток в ЛП. Векторная диаграмма токов и напряжений, распределение токов и напряжений в ЛП
44. Входное сопротивление антенны
45. Связь между матрицами  $S$ ,  $Z$ ,  $Y$
46. Действующая длина симметричного вибратора
47. Режимы работы ЛП
48. Сопротивление излучения симметричного вибратора в широком диапазоне частот
49. Параметры, характеризующие режимы работы ЛП
50. Входное сопротивление симметричного вибратора в широком диапазоне частот
51. Влияние режима работы на КПД
52. Поле излучателей, одинаково направленных в пространстве. Теорема перемножения
53. Трансформация сопротивлений в ЛП
54. Линейные системы идентичных излучателей
55. Входное сопротивление и проводимость короткозамкнутого и разомкнутого отрезков ЛП
56. Два излучателя при разных фазовых соотношениях и расстояниях между элементами
57. Четвертьволновый и полуволновый трансформаторы сопротивлений
58. Свойства синфазной системы ненаправленных излучателей
59. Диаграмма полных сопротивлений и проводимостей
60. Система ненаправленных излучателей со сдвигом фаз между токами
61. Узкополосное согласование в ЛП. Основные принципы.
62. Примеры
63. Система направленных излучателей
64. Согласование параллельным шлейфом
65. Комплексное сопротивление системы вибраторов
66. Согласование последовательным шлейфом
67. Взаимное сопротивление параллельных полуволновых вибраторов
68. Согласование четвертьволновым трансформатором
69. Учет влияния земли на параметры вибраторов
70. Согласованные нагрузки
71. ДН вибратора над землей
72. Короткозамыкатели и реактивные нагрузки
73. ДН вибраторов над землей с конечной проводимостью
74. Изоляторы коаксиальных трактов
75. Настроенные вибраторы. Полуволновый вибратор и его свойства
76. Разъемы и сочленения. Вращающиеся сочленения
77. Схемы питания полуволновых вибраторов
78. Переходы между ЛП
79. Полуволновый вибратор с плоским рефлектором
80. Классический и волновой подход к описанию свойств многополюсников СВЧ
81. Шлейф-вибратор Пистолькорса

82. Матрица рассеяния  $S$
83. Схемы питания вибраторов гибким коаксиалом
84. Связь между матрицами  $S$ ,  $Z$ ,  $Y$
85. Схемы питания вибраторов жестким коаксиалом
86. Взаимность, симметрия и недиссипативность устройств СВЧ
87. Несимметричные вибраторы и способы их питания
88. Перенумерация входов устройств. Матрица перенумераций
89. Несимметричные вибраторы с расширенной полосой
90. Методы измерения диагональных элементов матрицы  $S$
91. Директорные антенны типа волновой канал
92. Методы измерения недиагональных элементов матрицы  $S$
93. Антенны обратного излучения
94. Измерение больших и малых КСВ
95. Диполь Надененко
96. Метод 3-х эталонных нагрузок
97. Биконическая и коническая антенна
98. Метод замещения
99. Дisko-конусная антенна
100. Измерение элементов матрицы  $S$  на автоматическом измерителе в полосе частот
101. Угловая антенна
102. Двойной T-мост
103. Частотно-независимая антенна. Принципы построения и свойства
104. Волноводно-щелевой направленный ответвитель
105. Плоские логопериодические антенны
106. Квадратный мост
107. Основные свойства апертурных антенн. КНД. Ширина главного лепестка ДН
108. Гибридное кольцо
109. Излучение прямоугольной и круглой площадок при разном амплитудном распределении поля (АР)
110. Направленный ответвитель на связанных ЛП
111. Диаграммы направленной синфазной прямоугольной и круглой площадок при разном АР
112. Ферритовый вентиль на эффекте смещения поля
113. Влияние фазовых искажений на излучение площадки
114. Ферритовый Y-циркулятор
115. Излучение открытого конца волновода
116. Регулируемый ферритовый фазовращатель
117. Оптимальный рупор
118. Математическая модель регулярной линии передачи (ЛП)
119. E-секториальный и H-секториальный рупор
120. Нормированное напряжение и ток в ЛП. Векторная диаграмма токов и напряжений, распределение токов и напряжений в ЛП
121. Пирамидальный рупор
122. Связь между матрицами  $S$ ,  $Z$ ,  $Y$
123. Конический рупор

124. Режимы работы ЛП
125. Рупор с асимметричной ДН
126. Параметры, характеризующие режимы работы ЛП
127. Состав ЛА, назначение элементов, типы
128. Влияние режима работы на КПД
129. Уравнение, определяющее профиль линзы
130. Трансформация сопротивлений в ЛП
131. Влияние линз на амплитудные распределения в апертуре ЛА
132. Входное сопротивление и проводимость короткозамкнутого и разомкнутого отрезков ЛП
133. Кубические и квадратичные фазовые искажения в ЛА
134. Четвертьволновый и полуволновый трансформаторы сопротивлений
135. Типы параболических антенн, их свойства. Уравнения параболоида вращения
136. Диаграмма полных сопротивлений и проводимостей
137. Расчет параболических антенн
138. Узкополосное согласование в ЛП. Основные принципы. Примеры
139. Облучатели параболических антенн. Связь амплитудного распределения в апертуре с ДН облучателя
140. Согласование параллельным шлейфом
141. ДН апертурной антенны, её связь с АР
142. Согласование последовательным шлейфом
143. Составное АР и апертурный КИП ПА
144. Согласование четвертьволновым трансформатором
145. Учет затенения раскрыва облучателя. КИП тени
146. Согласованные нагрузки
147. КИП рассеяния ПА
148. Короткозамыкатели и реактивные нагрузки
149. Измерение ДН антенн
150. Изоляторы коаксиальных трактов
151. Измерение поляризационных характеристик антенн
152. Разъемы и сочленения. Вращающиеся сочленения
153. Методы измерения коэффициента усиления антенн
154. Переходы между ЛП.
155. Измерение коэффициента усиления антенн по методу плоского экрана
156. Разъемы и сочленения. Вращающиеся сочленения
157. Определение входного сопротивления антенн путем измерения модуля и фазы коэффициента отражения
158. Переходы между ЛП

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

#### 5.3.1. Задания, структурированные к СРС.

Задание 1. Рассчитать и построить в декартовой и полярной системах координат в нормированном и ненормированном виде диаграмму направленности симметричного электрического вибратора длиной  $2l = \lambda/4 * n$ , где  $n$ -порядковый номер студентов группы.

Полученные результаты сравнить с результатами расчета соседних вариантов. Первый вариант сравниваем с элементарным электрическим вибратором, а последний сравниваем с вариантом, который имеет номер  $n+1$ .

Задание 2. Рассчитать и построить в декартовой и полярной системах координат в нормированном и ненормированном виде диаграмму направленности линейной антенной решетки системы полуволновых вибраторов в плоскости вектора  $E$ . Данные приведены в таблице.

Варианты	Число излучателей	Расстояние между излучателями	Сдвиг			
			0	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$
1,2,3,4	2	$\lambda/2$	0	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$
4,6,7,8	2	$\lambda$	0	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$
9,10,11,12	2	$3\lambda/2$	0	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$
13,14,15,16	2	$2\lambda$	0	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$
17,18,19,20	3	$\lambda/2$	0	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$
21,22,23,24	3	$\lambda$	0	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$
25,26,27,28	3	$3\lambda/2$	0	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$
29,30,31,32	3	$2\lambda$	0	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$

Продемонстрировать при выполнении работы теорему перемножения.

Задание 3. Решить задачу узкополосного согласования с применением круговой диаграммы нормированных сопротивлений и проводимостей Вольперта, при следующих исходных данных.

Вариант N	Сопротивление нагрузки		Волновое сопротивление $Z_0$ , Ом	Устройство согласования
	$R_n$ , Ом	$jX_n$ , Ом		
1	20	+j20	50	Параллельный К.З. шлейф
2	30	-j40	50	Параллельный К.З. шлейф
3	40	+j40	50	Параллельный Х.Х. шлейф
4	10	-j50	50	Последовательный Х.Х. шлейф
5	60	+j70	50	Четвертьволновый трансформатор
6	70	-j10	50	Параллельный К.З. шлейф
7	80	+j20	50	Последовательный К.З шлейф
8	90	-j30	50	Параллельный К.З. шлейф
9	100	+j40	50	Последовательный Х.Х. шлейф
10	110	-j60	50	Четвертьволновый трансформатор
11	120	+j70	50	Четвертьволновый трансформатор
12	130	+j10	50	Последовательный К.З шлейф
13	140	-j20	50	Четвертьволновый трансформатор

14	150	-j150	100	Четвертьволновый трансформатор
15	20	-j170	100	Последовательный Х.Х. шлейф
16	30	+j70	100	Последовательный. К.З шлейф
17	40	-j110	100	Параллельный К.З. шлейф
18	50	+j50	50	Параллельный К.З. шлейф
19	10	-j10	50	Параллельный К.З. шлейф
20	20	+j100	100	Последовательный Х.Х. шлейф
21	30	-j120	50	Последовательный. К.З шлейф
22	40	+j150	50	Последовательный. К.З шлейф
23	60	-j10	100	Параллельный К.З. шлейф
24	70	+j20	50	Последовательный. К.З шлейф
25	80	-j160	100	Четвертьволновый трансформатор

### 5.3.2. Тесты, структурированные к СРС.

1. Между какими величинами устанавливает связь матрица рассеяния?
  1. Между токами и напряжениями
  2. Между комплексными амплитудами падающих и отраженных волн
  3. Между напряжениями на входе и выходе
2. Какой физический смысл свойства унитарности[S]?
  1. Отсутствие потерь в устройстве
  2. Равенство напряжений на входе и выходе
  3. Симметричность входов
3. Что называется коэффициентом стоячей волны?
  1. Отношение напряжения на входе к напряжению на выходе
  2. Отношение максимума и минимума электрического поля в линии передачи
  3. Отношение  $U_{\text{обрат}}$  и  $U_{\text{пад}}$
4. Как точнее измерить координату минимума?
  1. Метод вилки
  2. Метод замещения
  3. Метод трех эталонных нагрузок
5. Дает ли оставленный открытым (без нагрузок) конец волноводной измерительной линии режим холостого хода?
  1. Да
  2. Нет
  3. Это согласованная нагрузка
6. Чем отличаются взаимный и невзаимный фазовращатели?
  1. Значением коэффициентов отражения
  2. Равенством всех элементов матрицы
  3. Значением коэффициента передачи

7. Чем полностью описывается внешнее поведение устройства?
  1. Значение элементов матрицы [S]
  2. Количеством элементов матрицы
  3. Числом ходов устройства
8. Как измерить большое значение КСВ?
  1. Метод замещения
  2. Метод удвоенного минимума
  3. Метод эталонной нагрузки
9. Какой вентиль является более диапазонным?
  1. На эффекте смещения поля
  2. На эффекте ферромагнитного резонанса
10. В чем состоит отличие матриц рассеяния идеальных и реальных вентилях, циркуляторов, фазовращателей?
  1. Все нули в первых строках матрицы [S]
  2. Все единицы по главной диагонали
  3. Наличием нулей и единиц в идеальной матрице [S]
11. Как определяется число полюсов многополюсника?
  1. Число входов, умноженное на два
  2. Равно числу входов
  3. Число входов и независимых токов волн по входам, умноженное на два
12. Какова МР короткозамыкателя?
  1.  $\rho_n = -1$
  2.  $[S] = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$
  3.  $[S] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
13. Как изменяются элементы МР многополюсника при перемещении плоскостей отсчета?
  1. Изменяются модули коэффициентов передачи
  2. Изменяются фазы всех элементов
  3. Изменяются модули и фазы всех элементов
14. Как сказывается на МР недиссипативность устройства?
  1. Одинаковы коэффициенты передачи
  2. Нули на главной диагонали
  3. Сумма квадратов элементов любой строки
15. Какова периодичность в распределении  $U'(z)$  и  $I'(z)$ ?
  1. Длина волны
  2. Половина длины волны
  3. Четверть длины волны
16. Какова связь  $Z'$  и  $Y'$  на диаграмме импедансов?
  1. Это одна и та же точка
  2. Это диаметрально противоположные точки
  3. Это точки на линии  $|\rho| = 1$
17. Каким элементом выполняется согласование точек В и D?
  1. Трансформатор сопротивлений
  2. Реактивный шлейф
18. Насколько отличаются длины разомкнутого и короткозамкнутого шлейфов?
  1. на  $\lambda/8$
  2. на  $\lambda/4$
  3. на  $\lambda/2$
19. От чего зависит положение главного максимума ДН решетки?
  1. От сдвига фазы между элементами
  2. От амплитудного распределения
  3. От формы отдельных излучателей
20. Как влияет число элементов решетки на число боковых лепестков?

1. Увеличивается с увеличением  $n$
  2. Уменьшается с увеличением  $n$
  3. Не изменяется
21. Какие антенны называются резонансными?
1.  $d=\lambda/4$
  2.  $d=\lambda/d$
  3.  $d=\lambda/8$
22. Какое амплитудное распределение дает наибольший коэффициент направленного действия?
1. Равномерное
  2. Спадающее к краю
  3. Квадратичное
23. Из-за чего в линзовой антенне возникает квадратичное фазовое распределение?
1. Смещение облучателя вдоль фокальной оси из фокуса
  2. Смещение облучателя поперек фокальной оси
24. от чего зависит коэффициент преломления металлопластинчатой линзы?
1. От расстояния между пластинами
  2. От толщины пластин
  3. От диаметра линзы
25. Каково АР в рупорных антеннах?
1. Равномерное
  2. Косинусоидальное
  3. Квадратичное
26. Каково ФР в рупорных антеннах?
1. Равномерное
  2. Косинусоидальное
  3. Квадратичное
27. Как влияет квадратичное ФР на ДН?
1. Расширяет главный лепесток и увеличивает боковые
  2. Расширяет главный лепесток и уменьшает боковые
  3. Сужает главный лепесток

### 5.3.3. Темы курсового проекта и его содержание

При курсовом проектировании студент решает инженерную задачу по разработке устройства с заданными характеристиками. В процессе проектирования он должен:

- рационально спланировать выполняемую работу;
- освоить инженерные методы разработки устройства;
- выполнить расчеты параметров и характеристик устройства современными методами с достаточной точностью;
- логично и грамотно изложить результаты работы в пояснительной записке.

Значительная часть тем связана с разработкой и расчетом характеристик направленных антенн различных типов: параболических, линзовых, рупорно-линзовых, антенных решеток, многовибраторных антенн поверхностных волн и др.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки объемом 25-30 страниц формата А4 и 1-1,5 листа чертежей формата А1.

Пояснительная записка должна включать в себя:

1. Техническое задание на разработку (1 с.).
2. Введение (1 – 2 с.), в нем кратко определяется место разрабатываемого устройства в ряду других.
3. Анализ технического задания (3 - 5 с.), где рассматриваются возможные варианты решения задачи, принципы действия и назначение основных частей устройства, формируются требования к ним и обосновывается выбранный вариант.

4. Расчетная часть устройства (5 – 7 с.), где определяются основные геометрические размеры конструкции и рассчитываются электрические характеристики. Выполняется необходимое число коррекций данных исходного варианта до достижения требуемых характеристик.
5. Конструктивная разработка узла (3 – 5 с.) (если задана), в которой рассчитываются и обосновываются все размеры, материалы и элементы.
6. Описание конструкции (2 – 3 с.), где показывается взаимодействие основных частей, указаны особенности конструкции.
7. Заключение (1 – 2 с.) с выводами о результатах и возможных путях улучшения конструкции.
8. Список использованной литературы.
9. Содержание.

### Типовые задания на курсовой проект

Варианты заданий к курсовому проекту по теме “Параболические антенны”

Вариант	$\lambda$ , см	Требования к ДН			Р, кВт	Поляризация	Другие указания (тип антенны, сканирование); Узел для разработки.
		КНД	$\Delta\theta_e$ , град	$\Delta\theta_n$ , град			
1	0,8	5000	-	-	-	Линейная	Корабельная: Антенный переключатель(АП)
2	1,2	-	2	2	-	Круговая	Сканирование в 2 плоскостях: сканер
3	0,8	2000	-	-	-	Круговая	Бортовая; поляризатор
4	1,4	-	-	1	1	Линейная	Бортовая; АП
5	1,6	3800	10	-	2	Линейная	Сканирование в плоскости Е; вращающееся сочленение
6	10,8	-	1	5	500	Круговая	Стационарная; поляризатор
7	12,0	1200	5	15	800	Линейная	Подвижная; АП
8	18,0	-	-	2	700	Линейная	Стационарная; облучатель



9	14,4	950	30	-	900	Круговая	Стационарная; АП
10	16,5	-	-	2	600	Круговая	Стационарная; зеркало
11	3,2	2800	3	-	200	Линейная	Сканирование в плоскости; сканер
12	3,8	-	-	1	300	Круговая	Корабельная; поляризатор
13	3,3	1350	15	-	250	Круговая	Бортовая; поляризатор
14	2,9	-	8	8	150	Круговая	Сканирование в плоскости; сканер
15	3,6	2000	2	-	350	Линейная	Сканирование в плоскости; АП
16	3,0	3200	-	-	250	Круговая	Сканирование в 2 плоскостях; АП
17	3,4	-	3	8	-	Линейная	Бортовая; облучатель
18	3,7	1800	20	-	220	Круговая	Бортовая; поляризатор
19	4,2	-	4	3	-	Линейная	Бортовая; АП
20	2,6	4000	-	-	215	Круговая	Бортовая; зеркало
21	6,2	900	-	-	500	Линейная	Сканирование в 2 плоскостях; облучатель
22	6,0	-	3	2	-	Круговая	Сканирование в 2 плоскостях; поляризатор
23	5,8	-	2	4	300	Линейная	Корабельная; АП
24	6,6	1050	-	5	-	Круговая	Сканирование в плоскости Н; поляризатор
25	5,0	-	8	5	380	Линейная	Бортовая; АП

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций, обучающихся по дисциплине, оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для радиотехнических спец. вузов/ Д.М. Сазонов; ред. Е.В. Вязова-Москва: Высшая Школа, 1988.-431с.-ISBN 5-06-001149-6	1988	<a href="https://booksee.org/book/477012">https://booksee.org/book/477012</a>
2. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Филонов, А. Н. Фомин, Д. Д. Дмитриев [и др.] ; ред. А. А. Филонов. – Красноярск :Сиб. федер. ун-т, 2014. – 492 с. - ISBN 978-5-7638-3107-8	2014	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=505864">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=505864</a>
3. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны: Учебное пособие для вузов / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов; Под ред. А.М. Сомова. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012. - 440 с.ISBN 978-5-9912-0255-8	2012	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=390281">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=390281</a>
4. Зеркальные антенны для земных станций спутниковой связи/ Фролов О.П., Вальд В.П. - М.:Гор. линия-Телеком, 2012. - 496 с.: ISBN 978-5-9912-7002-1	2012	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=562740">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=562740</a>
5. Антенны с импедансными периодическими структурами / В.Д. Двуреченский, А.Ю. Федотов. - М.: Гор. линия-Телеком, 2013. - 152 с. ISBN 978-5-9912-0278-7	2013	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=397326">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=397326</a>
6. Антенны. Практическое руководство [Электронный ресурс] : практическое руководство / Г. Миллер. - СПб. : Наука и техника, 2012	2012	<a href="https://radiohata.ru/transfer/1211-antennas.html">https://radiohata.ru/transfer/1211-antennas.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1. Антенны. Том 1. [Электронный ресурс] / Ротхаммель К., Кришке А. - М. : ДМК Пресс, 2009	2009	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/5-85648-715-X.html">http://www.studentlibrary.ru/book/5-85648-715-X.html</a>
2. Антенны. Том 2 [Электронный ресурс] / Ротхаммель К., Кришке А. Пер. с нем. - М. : ДМК Пресс, 2009.	2009	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5856487168.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5856487168.html</a>
3. Фазированные антенные решетки с секторными парциальными диаграммами направленности [Электронный ресурс] / Скобелев С.П. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010	2010	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112291.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112291.html</a>
4. Применение пакета программ MicrowaveOffice 2009 AWR для проектирования микрополосковых устройств СВЧ [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / И.А. Федоренко, Н.В. Федоркова. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012.	2012	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0469.html">http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0469.html</a>
5. Спутниковое телевидение от А до Я [Электронный ресурс] / С.Л. Корякин-Черняк. - СПб. : Наука и техника, 2010.	2010	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785943873607.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785943873607.html</a>
6. Ситнянский Б.Д. Устройства СВЧ: Методические указания к лабораторным работам. - Владимир, 2013г.	2013	

7. Ситнянский Б.Д. Антенны СВЧ: Методические указания к лабораторным работам. – Владимир, 2013г	2013	
8. Ситнянский Б.Д., Садовский Н.В., Гаврилов В.М. Антенны и устройства СВЧ: Методические указания к курсовой работе. - Владимир, 2012г. – 26с.	2012	
9. Ситнянский Б.Д. устройства СВЧ. Описание программ компьютерного моделирования. Владимир. 2012г. Электронная версия.	2012	
10. Исследование антенны с электрическим сканированием лучом [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Р. В. Комягин, В. Л. Хандамиров. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015.	2015	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703840436.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703840436.html</a>
11. Введение в смарт-антенны [Электронный ресурс] / Баланис Константин А., ИоанидесПанайотис И. - М. : Техносфера, 2012.	2012	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363127.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363127.html</a>

## 6.2. Периодические издания

### Отечественные журналы:

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов.

### Реферативные журналы:

- Радиотехника;
- Электроника.

### Зарубежные журналы:

- IEEE Transactions on Communications;
- IEEE Transactions on Antennas and Propagation

## 6.3. Интернет-ресурсы

1. Журнал "Радиотехника" - <http://radiotec.ru/catalog.php?cat=jr11>
2. <http://mexalib.com/view/15117>
3. <http://znanium.com>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического и лабораторного типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций. Практические и лабораторные работы проводятся в ауд.510.

Рабочую программу составил Садовский Н.В., доцент кафедры РТ и РС  
Рецензент

«Владимирское КБ Радиосвязи», Генеральный директор Богданов А.Е.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 18 от 26.06.19 года

Заведующий кафедрой Никитин О.Р.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.01 Радиотехника

Протокол № 7 от 27.06.19 года

Председатель комиссии Никитин О.Р., заведующий кафедрой

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 20 / 20 21 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.20 года

Заведующий кафедрой

ОР Никитин

Рабочая программа одобрена на 20 21 / 20 22 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.21 года

Заведующий кафедрой

ОР Никитин

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 29.08.22 года

Заведующий кафедрой

Н.В. Садовский

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

в рабочую программу дисциплины

Устройства СВЧ и антенны

образовательной программы направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, направленность:  
Радиотехнические устройства и системы (бакалавр)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Никитин О.Р.