

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин

«19» апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Устройства СВЧ и антенны»

Специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность Радиоэлектронные системы передачи информации

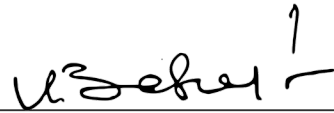
Квалификация выпускника Инженер

Нормативный период обучения 5,5 лет

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2024 г.

Автор программы

 /Зеленин И.А./

Заведующий кафедрой
радиоэлектронных устройств
и систем

 /Журавлёв Д.В./

Руководитель ОПОП

 /Журавлёв Д.В./

Воронеж 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины:

1. Демонстрация места и роли устройств СВЧ и антенн в радиотехническом комплексе;
2. Усвоение основных теоретических положений и физических принципов действия устройств СВЧ и антенн;
3. Получение и закрепление навыков экспериментального исследования и расчёта антенно-фидерных устройств и трактов СВЧ.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

1. Формирование знаний основ теории антенн, физических принципов построения устройств СВЧ и конструкций антенн различного назначения;
2. Освоение методов анализа и расчёта антенн различных диапазонов волн;
3. Формирование умений и навыков по экспериментальному исследованию устройств СВЧ и антенн, обработке результатов эксперимента, работе с современными измерительными приборами;
4. Получение и закрепление навыков практического применения устройств СВЧ и антенн в радиотехнических системах различного назначения;
5. Ознакомление с проблемами электромагнитной совместимости и способами их решения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Устройства СВЧ и антенны» относится к дисциплинам обязательной части блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

ОПК-1 - Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

ОПК-3 - Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы
	уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера
	владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач
ОПК-3	знать методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования
	уметь подготавливать научные публикации на основе результатов исследований
	владеть навыками использования методов решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» составляет 7 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
Аудиторные занятия (всего)	124	54	70
В том числе:			
Лекции	72	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	52	18	34
Самостоятельная работа	119	54	65
Курсовой проект	+	-	+
Вид промежуточной аттестации - экзамен	45	-	45
Вид промежуточной аттестации – ЗсО	-	+	-
Общая трудоемкость час зач. ед.	288	108	180
	8	3	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по семестрам и видам занятий

Очная форма обучения, семестр 6

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Классификация, характеристики и параметры устройств СВЧ и антенн	Роль устройств СВЧ и антенн в радио-технических системах и комплексах. Классификация устройств СВЧ и антенн. Характеристики устройств СВЧ: коэффициенты распространения волны, затухания, фазы; волновое сопротивление; коэффициент отражения волны по напряжению; коэффициенты бегущей и стоячей волн; входное сопротивление; коэффициент полезного действия. Характеристики антенн: характеристика (диаграмма) направленности; фазовая и поляризационная характеристики; действующая высота (длина); эффективная площадь (поверхность); коэффициент использования площади; коэффициенты усиления, направленного и полезного действия; сопротивление излучения; входное сопротивление; допустимая излучаемая мощность; рабочий диапазон частот; шумовая температура.	8	-	13.5	21.5
2	Линии передачи СВЧ	Режимы работы линии передачи без потерь и с потерями. Металлические волно-	10	4	13.5	27.5

		воды. Режимы работы волновода. Прямоугольный, круглый и коаксиальный волноводы. Полосковые линии передачи. Соединения, изгибы и скрутки линий передачи. Переходы между линиями передачи. Выбор линии передачи.				
3	Согласование линии передачи СВЧ с нагрузкой и симметрирование	Цели согласования линии передачи (фидера) с нагрузкой (антенной). Способы и устройства узкополосного согласования (четвертьволновый трансформатор, последовательный и параллельный шлейфы). Способы и устройства широкополосного согласования (частотные компенсаторы, ступенчатые трансформаторы, плавные переходы). Симметрирующие устройства: функции, U-колена, четвертьволновый стакан.	8	6	13.5	27.5
4	Устройства СВЧ	Элементы волноводного тракта СВЧ: нагрузки, тройники, направленные ответвители, мостовые устройства, многоканальные делители мощности, трансформаторы типов волн. Устройства СВЧ с применением ферритов: основные свойства ферритов, вентили циркуляторы. Управляющие устройства СВЧ: устройства управления амплитудой СВЧ-колебаний (выключатели, коммутаторы, аттенюаторы, ограничители мощности, фазовращатели, поляризаторы).	10	8	13.5	2731.5
Часы на контроль						
Итого за семестр 1			36	18	54	108

Очная форма обучения, семестр 7

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Симметричный вибратор	Распределение тока на симметричном вибраторе. Поле излучения вибратора. Диаграмма направленности. Коэффициент направленного действия. Действующая длина (высота) вибратора. Сопротивление излучения и входное сопротивление. Широкополосные симметричные вибраторы. Подключение симметричного вибратора к фидерному тракту.	6	8	13	27
2	Антенные решётки	Функции и возможности антенных решёток. Способы управления положением диаграммы направленности. Эквидистантные и неэквидистантные антенные решётки. Фазированные антенные решётки (ФАР): активные и пассивные ФАР. Схемы последовательного и параллельного питания ФАР. Проходная и отражательная схемы распределения питания (распределители оптического типа). Многолучевые антенные решётки. Последовательная и параллельная диаграммообразующие схемы. Адаптивные антенные решётки. Схемы адаптивных решёток.	8	8	13	27
3	Апертурные ан-	Рупорные, зеркальные, параболические и	8	8	13	27

	тенны СВЧ	линзовые антенны. Облучатели зеркальных антенн. Параболоцилиндрическая антенна. Антенна с диаграммой направленности косекансной формы.				
4	Антенны для телевидения, радиорелейных линий, спутниковой и космической радиосвязи	Телевизионные антенны: передающие (турникетные, панельные, радиальные вибраторы); приемные (директорные, зигзагообразные). Антенны радиорелейной линии прямой видимости: основные требования, двухзеркальная симметричная антенна со смещенной фокальной осью, антенна с вынесенным облучателем, рупорно-параболическая антенна, перископическая антенна. Антенны для спутниковой и космической радиосвязи: антенны земных станций и бортовые антенны систем спутниковой связи. Питание антенн.	8	8	13	27
5	Расчет и проектирование устройств СВЧ и антенн	Расчет и проектирование антенн. Методы решения задач синтеза антенн. Математическое моделирование антенн и устройств СВЧ. Автоматизированное проектирование устройств СВЧ и антенн: общая характеристика процесса проектирования антенн; основные принципы автоматизации проектирования; средства автоматизации проектирования; компьютерные программы автоматизации проектирования устройств СВЧ и антенн.	6	2	13	21
Часы на контроль						45
Итого за семестр 2			36	34	65	180
Итого за год			72	52	119	288

5.2. Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Исследование волноводных линий передачи;

Лабораторная работа;

№ 2. Исследование волноводных ферритовых циркуляторов;

Лабораторная работа № 3. Исследование зеркальной антенны с косекансной диаграммой направленности;

Лабораторная работа № 4. Исследование директорной антенны;

Лабораторная работа № 5. Исследование директорной антенны;

Лабораторная работа № 6. Исследование кардиоидной антенны

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 7 семестре.

Примерная тематика курсового проекта (работы):

6.1. Прямоугольный волновод.

- 6.2. Круглый волновод.
- 6.3. Коаксиальный волновод.
- 6.4. Полосковые линии передачи.
- 6.5. Соединение линий передачи.
- 6.6. Переходы между линиями передачи.
- 6.7. Узкополосное согласование линий передачи СВЧ с нагрузкой.
- 6.8. Широкополосное согласование линии передачи СВЧ с нагрузкой.
- 6.9. Устройства согласования линий передачи СВЧ.
- 6.10. Нагрузки СВЧ.
- 6.11. Тройники.
- 6.12. Направленные ответвители.
- 6.13. Мостовые устройства.
- 6.14. Многоканальные делители мощности.
- 6.15. Вентили.
- 6.16. Циркуляторы.
- 6.17. Фазовращатели.
- 6.18. Поляризаторы.
- 6.19. Пирамидальная рупорная антенна.
- 6.20. Рупорно-линзовая антенна с линзой из искусственного диэлектрика.
- 6.21. Рупорно-линзовая антенна с металлопластинчатой линзой.
- 6.22. Диэлектрическая антенна-линза.
- 6.23. Металлопластинчатая антенна-линза.
- 6.24. Рупорно-параболическая антенна.
- 6.25. Перископическая антенна.
- 6.26. Параболический цилиндр.
- 6.27. Зеркальная антенна для телевизионного вещания.
- 6.28. Двухзеркальная антенна.
- 6.29. Директорная антенна (антенна «волновой канал»).
- 6.30. Сложная антенна с вращающейся поляризацией.
- 6.31. Многощелевая волноводная антенна.
- 6.32. Сложная стержневая диэлектрическая антенна.
- 6.33. Многовибраторная антенна с активным рефлектором.
- 6.34. Многовибраторная антенна с аperiодическим рефлектором.
- 6.35. Ромбическая антенна.
- 6.36. Параболоид вращения.
- 6.37. Частотно-независимая антенна.
- 6.38. Фазированная антенная решетка.
- 6.39. Многолучевая антенная решетка.
- 6.40. Адаптивная антенная решетка.

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Проектирование антенной системы в соответствии с заданными требованиями
- Расчет основных параметров спроектированной антенной системы

Учебным планом по дисциплине не предусмотрено выполнение контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-3	знать методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь подготавливать научные публикации на основе результатов исследований	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками использования методов решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 и 7 семестре для очной формы обучения, по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ОПК-1	знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
ОПК-3	знать методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь подготавливать научные публикации на основе результатов исследований	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть навыками использования методов решения задач	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств					
--	---	--	--	--	--	--

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Поперечная электромагнитная волна (Т-волна) НЕ может распространяться в

А. коаксиальном кабеле

Б. круглом волноводе

В. полосковой линии

Г. микрополосковой линии

2. Компланарная линия передачи представляет собой

А. двухпроводную линию

Б. трёхпроводную полосковую линию

В. многопроводную проволочную линию

Г. коаксиальный волновод

3. Бегущая волна, создаваемая генератором и движущаяся в направлении возрастания продольной координаты линии передачи, называется

А. падающей

Б. отраженной

В. гибридной

Г. электрической

4. Термин «четвертьволновый трансформатор» употребляется для отрезков линий с электрической длиной $\beta \cdot l$, равной

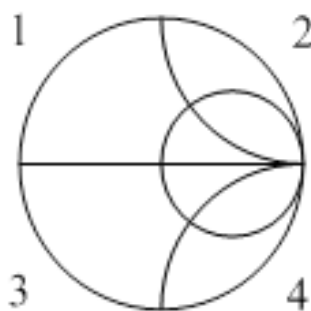
А. π

Б. $\pi/4$

В. $\pi/2$

Г. $3\pi/4$

5. На частоте 1 ГГц согласованная нагрузка, подключенная к тракту с волновым сопротивлением 50 Ом, имеет полное входное сопротивление $52 + j \cdot 4.2$ Ом. Точка, соответствующая такому сопротивлению, на номограмме Вольперта-Смита будет расположена в четверти



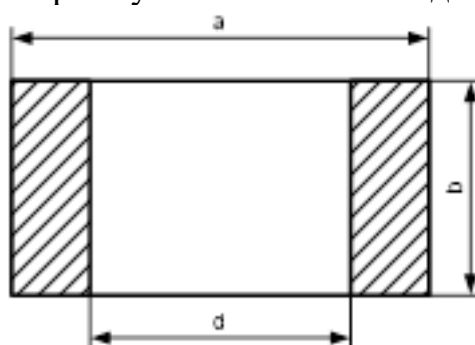
А. 1

Б. 2

В. 3

Г. 4

6. На рисунке сечения прямоугольного волновода показана



А. резонансная диафрагма

Б. индуктивный штырь

В. емкостная диафрагма

Г. индуктивная диафрагма

7. Режим работы резонатора, при котором в определённой полосе частот (соответствующей спектру поступающего сигнала, либо условиям возбуждения генератора) могут существовать колебания только одного типа, называется

А. многомодовым

Б. основным

В. резонансным

Г. одномодовым

8. Вырожденными колебаниями называются колебания

А. с разной структурой поля и одинаковыми резонансными частотами

Б. с одинаковой структурой поля и разными резонансными частотами

В. с разной структурой поля и разными резонансными частотами

Г. с одинаковой структурой поля и одинаковыми резонансными

частотами

9. Метод анализа устройств СВЧ, предусматривающий замену каждого выделенного базового элемента некоторой схемой замещения, состоящей из сосредоточенных элементов L , C и R и отрезков линии передачи, называется

А. рекомпозицией

- Б. интеграцией
- В. декомпозицией
- Г. дезинтеграцией

10. Для взаимных четырёхполюсников определитель матрицы передачи равен

- А. единице
- Б. нулю**
- В. модулю коэффициента отражения
- Г. модулю коэффициента передачи

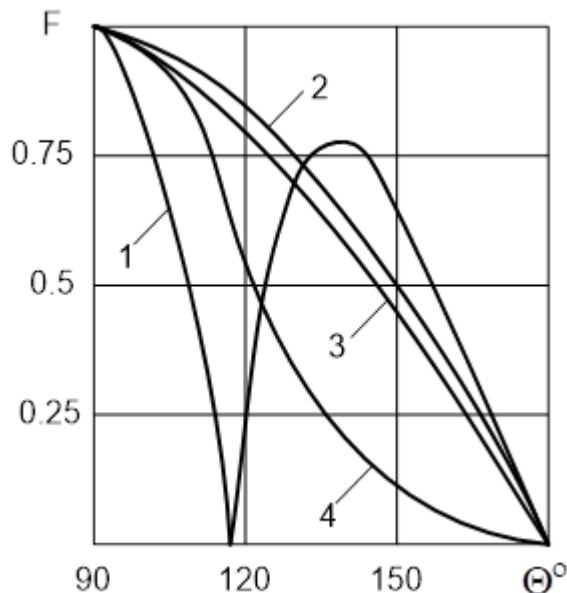
7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. К проекционным методам анализа СВЧ цепей относятся:
 - А. конечных разностей и коллокаций
 - Б. Трефтца и коллокаций**
 - В. конечных разностей и Бубнова-Галёркина
 - Г. Бубнова-Галёркина и Трефтца
2. Комплексная векторная нормированная диаграмма направленности антенны НЕ характеризует ее
 - А. степень согласования**
 - Б. поляризационные свойства
 - В. фазовые свойства
 - Г. угловое распределение поля
3. Степень концентрации излучения в направлении максимума амплитудной диаграммы направленности оценивается
 - А. уровнем боковых лепестков
 - Б. коэффициентом направленного действия
 - В. коэффициентом полезного действия
 - Г. коэффициентом использования поверхностей**
4. Излучающая система с равномерным распределением амплитуды возбуждения и линейным распределением фазы волны называется
 - А. идеальным линейным излучателем
 - Б. антенной решеткой
 - В. диполем**
 - Г. магнитным вибратором
5. Способом подавления побочных главных максимумов антенной решетки НЕ является
 - А. ограничение шага решетки
 - Б. применение направленных элементов**
 - В. неэквилидистантное расположение излучателей
 - Г. снижение мощности излучения

6. Форма амплитудной диаграммы направленности симметричного электрического вибратора в меридиональной плоскости зависит от

- А. входного сопротивления вибратора
- Б. положения точек подключения к вибратору генератора**
- В. распределения тока вдоль вибратора
- Г. толщины вибратора

7. Из семейств диаграмм направленности вибратора в меридиональной плоскости для различных l / λ случаю $l = 0.5\lambda$ соответствует кривая



- А. 1
- Б. 2
- В. 3**
- Г. 4

8. Фазовый центр симметричного электрического вибратора

- А. совпадает с его серединой
- Б. отсутствует
- В. располагается на одном из его концов
- Г. обладает сильной дисперсией**

9. Множитель направленности двух вибраторов при их равноамплитудном возбуждении и расстоянии между ними 0.25λ в графическом представлении имеет вид кардиоиды, если сдвиг фаз возбуждающих эти вибраторы токов равен

- А. 0**
- Б. $\pi / 2$
- В. π
- Г. $\pi / 4$

10. Пассивный излучатель в системе связанных вибраторов, обеспечивающий максимум излучения в сторону активного вибратора, называется

- А. директором
- Б. облучателем**

- В. рефлектором
- Г. шунтом

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Для излучения волн с круговой поляризацией микрополосковые антенны
 - А. не приспособлены**
 - Б. возбуждаются квадратурно (в резонаторе присутствуют колебания двух ортогональных линейных поляризаций с равной амплитудой и взаимным фазовым сдвигом $\pm \pi / 2$)
 - В. возбуждаются коаксиальной линией
 - Г. должны работать в диапазоне частот не более 10 ГГц
2. Несимметричный полуволновой электрический вибратор резонирует на частоте 2.5 ГГц, при этом его длина составляет
 - А. 12 см
 - Б. 25 мм
 - В. 25 см**
 - Г. 12,5 см
3. Коэффициент стоячей волны однозначно связан с модулем коэффициента отражения через формулу
 - А. $1 - |\rho|$
 - Б. $\frac{1-|\rho|}{1+|\rho|}$
 - В. $\frac{1+|\rho|}{1-|\rho|}$**
 - Г. $1 + |\rho|$
4. Фронт волны в пирамидальном рупоре имеет
 - А. сферическую форму
 - Б. плоскую форму
 - В. цилиндрическую форму
 - Г. цилиндрическую форму с образующей, параллельной вектору Н**
5. Сопротивление излучения полуволнового вибратора приблизительно равно
 - А. 200 Ом
 - Б. 50 Ом
 - В. 75 Ом
 - Г. 1 кОм**
6. Одной из целей, преследуемых при создании фазированных антенных решеток, является
 - А. формирование глубоких минимумов и максимумов в амплитудной ДН, направленных на помеху
 - Б. создание тороидальной ДН всей антенной системы**
 - В. выравнивание фаз сигналов всех элементов, входящих в ФАР

- Г. повышение входного сопротивления антенной решетки
7. Направление вектора Умова-Пойтинга совпадает с
- А. направлением вектора напряженности электрического поля
- Б. направлением вектора напряженности магнитного поля**
- В. направлением переноса энергии волны
- Г. направлением вектора магнитной индукции
8. Принцип работы развязывающих устройств волноводного типа основан на
- А. эффекте Коттона-Мутона
- Б. эффекте Фарадея
- В. эффекте Доплера**
- Г. скин-эффекте
9. Игольчатой диаграммой направленности обладают:
- 1) петлевой вибратор,
 - 2) ТЕМ-рупор,
 - 3) зеркальная параболическая антенна,
 - 4) симметричный электрический вибратор,
 - 5) щелевая антенна бегущей волны,
 - 6) турникетный вибратор
- А. 2, 3, 5
- Б. 1, 4, 6
- В. 2, 3, 5, 6
- Г. все**
10. Антенны, у которых может быть выделена плоская поверхность раскрыва, формирующая остронаправленное излучение, относятся к
- А. вибраторным
- Б. полосковым
- В. микрополосковым
- Г. апертурным**

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Роль и значение устройств СВЧ и антенн в радиотехнических системах и комплексах.
2. Классификация устройства СВЧ и антенн.
3. Характеристики устройств СВЧ: коэффициенты распространения волны, затухания и фазы.
4. Характеристики устройств СВЧ: коэффициенты отражения, бегущей и стоячей волн.

5. Характеристики устройств СВЧ: входное сопротивление линии передачи, коэффициент полезного действия.

6. Характеристики антенн: диаграмма направленности, фазовая и поляризационные характеристики.

7. Характеристики антенн: действующая высота (длина), эффективная площадь (поверхность), коэффициент использования площади.

8. Характеристики антенн: коэффициенты усиления, направленного и полезного действия.

9. Характеристики антенн: сопротивление излучения, входное сопротивление, допускаемая излучаемая мощность.

10. Характеристики антенн: рабочий диапазон частот, шумовая температура.

11. Режимы работы линии передачи без потерь и с потерями.

12. Металлические волноводы. Режимы работы волновода.

13. Прямоугольный волновод.

14. Круглый волновод.

15. Коаксиальный волновод.

16. Полосковые линии передачи.

17. Соединения, изгибы и скрутки линий передачи.

18. Переходы между линиями передачи.

19. Выбор линии передачи.

20. Цели согласования линии передачи с нагрузкой (антенной).

21. Способы и устройства узкополосного согласования.

22. Способы и устройства широкополосного согласования.

23. Симметрирующие устройства.

24. Нагрузки, тройники, направленные ответвители.

25. Мостовые устройства, многоканальные делители мощности, трансформаторы типов волн.

26. Основные свойства ферритов.

27. Ферритовые вентили.

28. Ферритовые циркуляторы.

29. Устройство управления амплитудой СВЧ-колебаний.

30. Симметричный вибратор: распространение тока, диаграмма направленности.

31. Симметричный вибратор: коэффициент направленного действия, действующая высота (длина), сопротивление излучения.

32. Способы подключения симметричного вибратора к фидерному тракту.

33. Антенные решетки. Способы управления диаграммой направленности.
34. Эквидистантная и неэквидистантная антенные решётки.
35. Фазированные антенные решетки (ФАР). Активные и пассивные ФАР.
36. ФАР: Схемы последовательного и параллельного питания.
37. Проходная и отражательная схемы распределения мощности (распределители оптического типа).
38. Многолучевые антенные решетки. Последовательная и параллельная диаграммообразующие схемы (ДОС).
39. Адаптивные антенные решетки.
40. Рупорные антенны.
41. Зеркальные антенны.
42. Линзовые антенны.
43. Облучатели зеркальных антенн.
44. Параболический цилиндр (параболоцилиндрическая антенна).
45. Косекансная антенна.
46. Передающие телевизионные антенны.
47. Приемные телевизионные антенны.
48. Антенны для радиорелейных линий.
49. Антенны для спутниковой и космической радиосвязи.
50. Антенны для мобильной (подвижной) радиосвязи.
51. Методы решения задач синтеза антенн.
52. Математическое моделирование устройств СВЧ и антенн.
53. Автоматизированное проектирование устройств СВЧ и антенн.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается 5 баллами, задача оценивается 10 баллами. Максимальное количество набранных баллов – 25.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 10 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 10 до 15 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 15 до 20 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 20 до 25 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Классификация, характеристики и параметры устройств СВЧ и антенн	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
2	Линии передачи СВЧ	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
3	Согласование линии передачи СВЧ с нагрузкой и симметрирование	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
4	Устройства СВЧ	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
5	Симметричный вибратор	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
6	Антенные решётки	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
7	Апертурные антенны СВЧ	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен

8	Антенны для телевидения, радиорелейных линий, спутниковой и космической радиосвязи	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
9	Расчет и проектирование устройств СВЧ и антенн	ОПК-1, ОПК-3	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: учебник / Г.А. Ерохин, О.В. Чернышов, Н.Д. Козырев, В.Г. Кочержевский. Под ред. Г.А. Ерохина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 491 с.

2. Фельд Я.Н. Основы теории антенн: учеб. пособие. – М.: Дрофа, 2007. – 491 с.

3. Антенны / Ю.Т. Зырянов, П.А. Федюнин, О.А. Белоусов и др. – СПб.: Лань, 2020. – 412 с.

4. Замотринский В.А. Устройства СВЧ и антенны: учеб пособие. Часть 1. Устройства СВЧ / В.А. Замотринский, Л.И. Шангина. – Томск: ТГУСУ и Р, 2012. – 223 с.

5. Буянов Ю. И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: учеб. пособие / Ю.И. Буянов, Г.Г. Гошин. – Томск: ТУСУР, 2013. – 300 с.

6. Нефедов Е.И. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: Учебник. – М.: Академия, 2006. – 320 с.

7. Антенно-фидерные устройства: учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016.

8. Горбачев А.П. Проектирование директорных антенн методом наводимых электродвижущих сил: учеб. пособие / А.П. Горбачев, Н.В. Тарасенко. – Новосибирск: НГТУ, 2013. – 116 с.

9. Семенихин А.И. Проектирование зеркальных антенн с помощью пакета Mathcad: учеб. пособие / А.И. Семенихин, В.Г. Кошкидько, А.В. Климов. – Таганрог: ЮФУ, 2016. – 81 с.

10. Обуховец В.А. Проектирование фазированных антенных решеток / В.А. Обуховец. – Таганрог: ЮФУ, 2016. – 80 с.

11. Зеленин И.А. Волноводы, циркуляторы и антенны: лабораторный практикум / И.А. Зеленин; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. – 367 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Автоматизированное проектирование антенн: специализированное программное обеспечение для компьютерного моделирования устройств СВЧ и антенн SuperNec 2.5.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций, проекционной аппаратурой и интерактивными досками.

Учебная лаборатория: «Антенны и СВЧ-устройства».

Стенды для измерения направленных свойств антенн и исследования характеристик передачи устройств СВЧ: 4 лабораторных стенда, включающих панорамные измерители КСВН и ослаблений в СВЧ-диапазоне, генераторы СВЧ, измерительные линии и осциллографы, а также устройства СВЧ (аттенюаторы, вентили, ферритовые поляризаторы, р-і-п-диодные модуляторы, звуковые генераторы, цифровые вольтметры и источники питания).

Установка для измерения диаграмм направленности антенн СВЧ, включающая опорноповоротное устройство, измерительный усилитель, цифровой вольтметр, анализатор спектра (измеритель мощности/ детектор СВЧ-колебаний), а также генератор СВЧ, эталонную рупорную антенну и комплект исследуемых антенн СВЧ.

Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума, 6 рабочих мест для компьютерного моделирования устройства СВЧ и антенн (требования к ПК – тактовая частота не ниже 2 ГГц, ОЗУ не менее 4 Гб.).

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Устройства СВЧ и антенны» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы контрольной работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой контрольной работы, защитой контрольной работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП