

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета радиотехники и электроники

Небольсин В.А.
«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Микроволновые устройства обработки сигналов»

Направление подготовки — 11.04.01 «Радиотехника»

Магистерская программа — «Радиотехнические средства обработки
и защиты информации в каналах связи»

Квалификация выпускника — магистр

Нормативный период обучения — 2 года

Форма обучения — очная

Год начала подготовки — 2021

Автор программы



/А.В. Останков/

Заведующий кафедрой
радиотехники



/А.В. Останков/

Руководитель ОПОП



/А.В. Останков/

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у обучающихся системы понятий, идей и методов в области микроволновых устройств обработки сигналов, объединяющих физические представления с математическими моделями современных и перспективных классов микроволновых устройств обработки сигналов.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

— дать представление о современном состоянии и перспективных направлениях развития микроволновых устройств, включая технику антенных решеток диапазонов СВЧ и КВЧ;

— научить применять математические методы для анализа и оптимизации микроволновых устройств;

— сформировать навыки использования компьютерной техники для расчета, оптимизации и моделирования микроволновых устройств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Микроволновые устройства обработки сигналов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 — Способен самостоятельно осуществлять постановку задачи исследования, формирования плана его реализации, выбор методов исследования и обработку результатов;

ПК-2 — Способен выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая пакеты прикладных программ;

ПК-3 — Способен выполнять анализ радиотехнических средств формирования, приема, обработки и защиты информации, формировать рекомендации по использованию результатов анализа;

ПК-4 — Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.

Код компетенции	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать основные свойства и области применения линий передачи и антенных решёток микроволнового диапазона

	уметь выполнять расчёт множителя ослабления радиоволн микроволнового диапазона с учетом поверхности Земли и атмосферы
	владеть навыками анализа микроволновых устройств матричными методами
ПК-2	знать сущность типового эволюционного алгоритма для параметрической оптимизации микроволновых устройств
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решёток с использованием программно-математического обеспечения
	владеть навыками численной оптимизации свойств антенных решёток для решения типовых задач радиотехники
ПК-3	знать ключевые положения теории антенных решёток, предназначенных для формирования, приёма, обработки радиоволн микроволнового диапазона
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решёток с использованием программно-математического обеспечения
	владеть навыками формирования рекомендаций по использованию результатов анализа микроволновых устройств
ПК-4	знать —
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решёток с использованием программно-математического обеспечения
	владеть навыками формирования рекомендаций по использованию результатов анализа микроволновых устройств

4. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины «Микроволновые устройства обработки сигналов» составляет 5 з.е.

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам занятий:

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		2	3
Аудиторные занятия (всего)	84	30	54
в том числе:			
лекции	28	10	18
лабораторные работы, в том числе в форме практической подготовки	56/16	20	36/16
Самостоятельная работа	69	42	27

Курсовая работа			есть
Часы на контроль	27		27
Виды промежуточной аттестации		зачёт	экзамен
Общая трудоемкость академические часы з.е.	180 5	72 2	108 3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоёмкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лек-ции	Лаб. зан.	СРС	Итого
1	Линии передачи микроволнового диапазона	Классификация линий передачи микроволнового диапазона. Эквивалентная схема линии передачи. Распространение электромагнитных волн по регулярным линиям. Явление отражения волн в линиях. Основные параметры линий передачи. Коэффициент стоячей волны. Характеристики основных типов линий передачи. Радиочастотные кабели. Двухпроводная линия передачи. Коаксиальные линии передачи. Волноводные линии передачи. Полосковые и микрополосковые линии передачи. Принципы согласования линий передачи. Многополосные микроволновые устройства, их свойства и волновые матрицы. Принцип декомпозиции многополосных устройств. Анализ четырехполосников с помощью матриц. Основные положения матричной теории. Матрица рассеяния. Типы направленности многополосников.	6	12	22	40
2	Распространение радиоволн микроволнового диапазона	Энергетические соотношения при распространении радиоволн в свободном пространстве. Потери передачи. Первая зона Френеля. Отражательная трактовка влияния Земли. Электрические параметры земной поверхности. Интерференционный множитель ослабления. Учёт сферичности поверхности Земли. Рефракция радиоволн в тропосфере и её учет. Ослабление радиоволн в атмосфере. Поглощение в газах тропосферы. Ослабление в тропосферных гидрометеорах. Поглощение и поляризационные потери в ионосфере. Характеристики источников шума. Шумовая температура антенны. Причины замираний. Разнесённый прием.	4	8	20	32

3	Характеристики и параметры микроволновых антенн	Назначение и задачи, решаемые антенной. Классификация антенн. Дальняя зона антенны. Параметры передающих антенн, характеризующие функции преобразования (мощность излучения, коэффициент полезного действия). Характеристики и параметры антенн, характеризующие функцию излучения. Диаграмма направленности по напряженности поля, по мощности и ее сечения. Уровень боковых лепестков. Коэффициенты направленного действия и усиления. Параметры антенн, характеризующие функции преобразования и излучения: эффективная площадь раскрытия, коэффициент использования площади. Диапазонные и поляризационные свойства антенн. Шумовая температура антенны. Основные типы конструкций микроволновых антенн. Принцип действия и характеристики директорных, рупорных и линзовых антенн, зеркальных параболических, антенн вытекающей волны и планарных микрополосковых антенн.	6	—	4	10
		Практическая подготовка обучающихся	—	2	—	2
4	Основные характеристики антенных решеток	Классификация антенных решеток. Направленность антенной решетки. Множитель антенной решетки. Диаграмма направленности линейной эквидистантной равноамплитудной антенной решетки. Антенная решетка в режиме наклонного и поперечного излучения. Показатели направленности решетки. Влияние параметров антенной решетки и вида амплитудно-фазового распределения на её раскрытие на показатели направленности. Методы синтеза диаграммы направленности линейной антенной решетки. Плоская антенная решетка и анализ её множителя. Неэквидистантные антенные решетки и методы их синтеза. Разреженные решетки. Антенные решетки со специальными диаграммами направленности и методы их синтеза. Эволюционные алгоритмы для синтеза и численной оптимизации характеристик и показателей антенных решеток.	6	12	14	32
		Практическая подготовка обучающихся	—	10	—	10
5	Современные разновидности антенных решеток	Общие сведения о фазированных антенных решетках. Системы питания антенных решеток. Методы управления диаграммой направленности. Особенности сканирования диаграммы направленности. Антенная решетка с последовательным питанием в виде излучающей линии передачи. Принцип дифракционного излучения. Антенна дифракционного излучения на основе нагруженного гребенчатой решеткой планарного диэлектрического волновода.	6	8	9	23

	Антенные решетки с последовательным питанием на основе волноводов со штыревыми стенками и ЕGB-волноводов. Конструкции и параметры решеток. Устройства возбуждения решеток с последовательным питанием. Отражательные решетки с параллельным питанием. Обзор вариантов реализации антенн с плоским рефлектором. Широкополосная зеркальная антенна микроволнового диапазона с гребенчатым рефлектором.				
	Практическая подготовка обучающихся	—	4	—	4
Итого		28	56	69	153

Практическая подготовка при освоении дисциплины (модуля) проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на лабораторных работах:

№ п/п	Перечень выполняемых обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	Формирование плана исследования. Обработка результатов исследования	ПК-1
2	Моделирование антенных решеток и процессов в них с целью анализа и оптимизации их показателей и характеристик с использованием пакетов прикладных программ	ПК-2
3	Анализ радиотехнических устройств формирования и приема радиоволн. Формирование рекомендаций по использованию результатов анализа	ПК-3
4	Выполнение экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	ПК-4

5.2. Перечень лабораторных работ

Номер раздела	Наименование лабораторной работы	Объем, часов / практическая подготовка
1	Режимы работы линий передачи конечной длины	4
1	Согласование нагрузки с микроволновой линией передачи	4
1	Характеристики микрополоскового двухшлейфного направленного ответвителя	4
2	Влияние земной поверхности на распространение микроволн	4
2	Влияние ослабления радиоволн в спутниковой линии на помехоустойчивость связи	4
3,4	Исследование излучающей системы из нескольких симметричных вибраторов	4/4

Номер раздела	Наименование лабораторной работы	Объём, часов / практическая подготовка
4	Характеристики и показатели направленности антенных решёток	4
4	Оптимизация показателей направленности эквидистантной антенной решётки	4/4
4	Потенциально достижимые показатели направленности неэквидистантной антенной решётки	4
4	Синтез антенной решётки со специальной диаграммой направленности	4/4
4	Оптимизация шаблона при синтезе антенной решётки со специальной диаграммой направленности	4
5	Характеристики излучения и показатели антенны дифракционного излучения и их оптимизация	4/4
5	Антенная решётка с частотным сканированием диаграммы направленности	4
5	Характеристики и показатели направленности антенны с гребенчатым рефлектором и их оптимизация	4

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в третьем семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы:

«Анализ и оптимизация характеристик антенных решёток»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- обзор методов обеспечения требуемых характеристик направленности современных антенных решёток и выбор оптимального метода;
- разработка и верификация математической модели антенной решётки;
- анализ характеристик направленности антенной решётки и выявление степеней свободы по управлению характеристикой решетки;
- выбор алгоритма численной оптимизации, модификация математической модели антенной решетки, оптимизация характеристик направленности антенной решетки;
- формирование рекомендаций по обеспечению требуемых характеристик направленности антенной решетки как устройства обработки микроволнового диапазона.

Работа выполняется по индивидуальным вариантам технического задания и включает в себя элементы научного исследования.

По результатам выполнения работы оформляется расчетно-пояснительная записка. Защита работы проводится в форме собеседования.

Выполнение контрольной работы учебным планом не предусмотрено.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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
ПК-1	знать основные свойства и области применения линий передачи и антенных решеток микроволнового диапазона	Знание теории и готовность к ее обсуждению при защите лабораторной работы	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы
	уметь выполнять расчёт множителя ослабления радиоволн микроволнового диапазона с учетом поверхности Земли и атмосферы	Готовность выполнять расчёт множителя ослабления радиоволн с учетом поверхности Земли и атмосферы	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы
	владеть навыками анализа микроволновых устройств матричными методами	Готовность использовать матричный метод анализа микроволновых устройств	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы
ПК-2	знать сущность типового эволюционного алгоритма для параметрической оптимизации микроволновых устройств	Знание теории и готовность к ее обсуждению при защите лабораторной работы	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток с использованием программно-математического обеспечения	Готовность выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток на основе программных средств	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы
	владеть навыками численной оптимизации свойств антенных решеток для решения типовых задач радиотехники	Готовность выполнять численную оптимизацию свойств антенных решеток	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы
ПК-3	знать ключевые положения теории антенных решеток, предназначенных для формирования, приема, обработки радиоволн микроволнового диапазона	Знание теории и готовность к ее обсуждению при защите лабораторной работы	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток с использованием программно-математического обеспечения	Готовность выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток на основе программных средств	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы
	владеть навыками формирования рекомендаций по использованию результатов анализа микроволновых устройств	Готовность формировать рекомендации на основе анализа микроволновых устройств	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы

ПК-4	знать —		—	—
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток с использованием программно-математического обеспечения	Готовность выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток на основе программных средств	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы
	владеть навыками формирования рекомендаций по использованию результатов анализа микроволновых устройств	Готовность формировать рекомендации на основе анализа микроволновых устройств	Выполнение в срок и защита лабораторной работы	Невыполнение в срок или неудовлетворительная защита лабораторной работы

7.1.2. Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются во втором семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено» или

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	знать основные свойства и области применения линий передачи и антенных решеток микроволнового диапазона	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь выполнять расчёт множителя ослабления радиоволн микроволнового диапазона с учетом поверхности Земли и атмосферы	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками анализа микроволновых устройств матричными методами	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	знать сущность типового эволюционного алгоритма для параметрической оптимизации микроволновых устройств	Результат формируется и оценивается в третьем семестре		
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток с использованием программно-математического обеспечения	Результат формируется и оценивается в третьем семестре		
	владеть навыками численной оптимизации свойств антенных решеток для решения типовых задач радиотехники	Результат формируется и оценивается в третьем семестре		
ПК-3	знать ключевые положения теории антенных решеток, предназначенных для формирования, приема, обработки радиоволн микроволнового диапазона	Результат формируется и оценивается в третьем семестре		
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток с использованием программно-математического обеспечения	Результат формируется и оценивается в третьем семестре		
	владеть навыками формирования рекомендаций по использованию результатов анализа микроволновых устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

ПК-4	знать —			
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток с использованием программно-математического обеспечения	Результат формируется и оценивается в третьем семестре		
	владеть навыками формирования рекомендаций по использованию результатов анализа микроволновых устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в третьем семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать основные свойства и области применения линий передачи и антенных решеток микроволнового диапазона	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выполнять расчёт множителя ослабления радиоволн микроволнового диапазона с учетом поверхности Земли и атмосферы	Результат формируется и оценивается во втором семестре				
	владеть навыками анализа микроволновых устройств матричными методами	Результат формируется и оценивается во втором семестре				
ПК-2	знать сущность типового эволюционного алгоритма для параметрической оптимизации микроволновых устройств	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток с использованием программно-математического обеспечения	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех. Верный ответ не получен во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками численной оптимизации свойств антенных решеток для решения типовых задач радиотехники	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех. Верный ответ не получен во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать ключевые положения теории антенных решеток, предназначенных для формирования, приема, обработки радиоволн микроволнового диапазона	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток с использованием программно-математического обеспечения	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех. Верный ответ не получен во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	владеть навыками формирования рекомендаций по использованию результатов анализа микроволновых устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех. Верный ответ не получен во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-4	знать —					
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток с использованием программно-математического обеспечения	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех. Верный ответ не получен во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками формирования рекомендаций по использованию результатов анализа микроволновых устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех. Верный ответ не получен во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

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

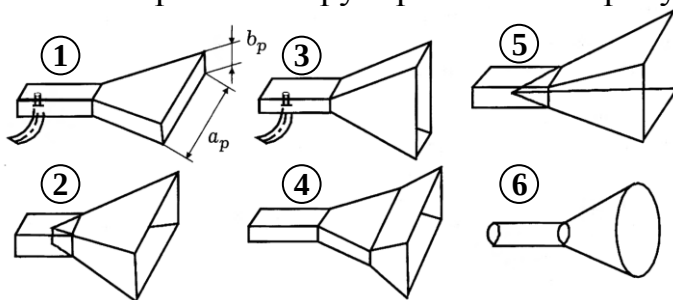
1. Полоса поглощения радиоволны в кислороде тропосферы имеет центр вблизи частоты ...

- ☐ 2 ☐ 60 ☐ 22 ☐ 183

2. Полуволновый линейный симметричный электрический вибратор с длиной плеча $l = 3$ см может быть использован в качестве самостоятельной антенны в диапазоне ...

- ☐ ОВЧ ☐ УВЧ ☐ СВЧ ☐ КВЧ

3. E -секториальный рупор показан на рисунке под номером – ...



- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 3 ☐ 4

4. Основной рефлектор осесимметричных зеркальных антенн представляет собой, как правило, вырезку из ...

- ☐ гиперболоида вращения
- ☐ эллипсоида вращения
- ☐ параболоида вращения
- ☐ тороидальной поверхности

5. Причиной тропосферной рефракции радиоволн является зависимость

...

- ☐ коэффициента преломления от частоты
- ☐ концентрации электронов от высоты
- ☐ положения плоскости поляризации от пройденного пути
- ☐ диэлектрической проницаемости от высоты

6. Основной причиной быстрых замираний радиоволн в системах радиосвязи является ...

- ☐ влияние гидрометеоров
- ☐ интерференция отраженных радиоволн
- ☐ рефракция радиоволны
- ☐ случайные изменения поляризации радиоволны

7. Плоскость поляризации излучаемой антенной радиоволны перпендикулярна поверхности Земли и её положение неизменно. Такая антенна излучает радиоволны с ... поляризацией.

- | | |
|--|--|
| ☐ линейной горизонтальной | ☐ линейной вертикальной |
| ☐ линейной наклонной | |
| ☐ круговой | ☐ эллиптической |

8. Область пространства, существенная для распространения радиоволны прямым лучом, представляет собой ...

- | | |
|--|---|
| ☐ параболоид вращения | ☐ гиперболоид вращения |
| ☐ эллипсоид вращения | ☐ сфероид |

9. Глубину быстрых замираний радиоволн принято характеризовать ... сигнала.

- ☐ медианным уровнем
- ☐ максимальным уровнем
- ☐ средним уровнем
- ☐ разностью двух фиксированных уровней

10. Последовательная схема питания (возбуждения) частей антенны, при которой характеристики и параметры антенны существенно зависят от частоты излучаемой (принимаемой) радиоволны, является основной для ...

- ☐ апертурных антенн
- ☐ линейных антенн
- ☐ антенных решеток

7.2.2. Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Антенная решётка обладает мощностью излучения 90 Вт и мощностью потерь — 10 Вт. Коэффициент полезного действия антенной решетки равен ... %.

- ☐ 10 ☐ 40 ☐ 70 ☐ 90

2. Основные потери передачи при распространении радиоволны диапазона СМВ в направлении от геостационарного спутника к земной абонентской станции может достигать ... дБ.

- ☐ 100 ☐ 150 ☐ 200 ☐ 300

3. Эффект усиления УКВ радиоволны клиновидным препятствием при отсутствии прямой видимости между передающей и абонентской станцией и малыми потерями на огибание препятствия может приводить к увеличению напряженности поля в точке приема почти в ... раза по сравнению с полем в свободном пространстве.

- ☐ 1.5 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

4. Учет сферичности поверхности Земли в интерференционных формулах (включая формулу Введенского) сводится к замене реальных высот передающей и приёмной антенн приведёнными, которые тем ..., чем ...

- ☐ больше ... больше расстояние между антеннами
☐ меньше ... больше расстояние между антеннами
☐ больше ... меньше реальные высоты антенн

5. Напряженность поля, создаваемого в дальней зоне на расстоянии r антенной с коэффициентом усиления G_m в направлении максимального излучения при известной мощности, подводимой к антенне P_A , определяется как ...

- ☐ $\frac{\sqrt{60 \cdot P_A \cdot G_m}}{r}$ ☐ $\frac{\sqrt{60 \cdot P_A \cdot G_m}}{r}$ ☐ $\frac{\sqrt{60 \cdot G_m \cdot P_A}}{r^2}$ ☐ $\frac{\sqrt{120 \cdot P_A \cdot G_m^2}}{r^2}$

6. Коэффициент использования площади излучающего раскрыва оптимального H -(или E -)секториального металлического рупора равен ...

- ☐ 0.16 ☐ 0.32
☐ 0.64 ☐ 0.96

7. Рупорная антенна запитывается прямоугольным металлическим волноводом с размерами 23x10 мм. Такая антенна предназначена для работы в диапазоне ...

- ☐ МВ ☐ ДМВ
☐ СМВ ☐ ММВ

8. Эффективная площадь микроволновой антенны S_{Σ} , её коэффициент усиления в направлении максимума диаграммы направленности G_m и длина излучаемой волны λ связаны соотношением ...

☐ $G_m = \frac{4\pi \cdot S_{\Sigma}}{\lambda}$

☐ $G_m = \frac{4\pi \cdot S_{\Sigma}}{\lambda^2}$

☐ $G_m = \frac{4\pi}{\lambda^2 \cdot S_{\Sigma}}$

☐ $G_m = \frac{4\pi \cdot \lambda^2}{S_{\Sigma}}$

9. Поляризационные потери на космической радиолинии, обусловленные рассогласованием поляризаций принимаемой радиоволны и приёмной антенны в результате проявления эффекта Фарадея, учитывают на частотах ...

☐ до 3 ГГц

☐ свыше 10 ГГц

☐ до 10 ГГц

☐ свыше 3 ГГц

10. У абонентской зеркальной параболической антенны спутниковой связи значение коэффициента усиления, как правило, составляет ... дБ.

☐ единицы

☐ сотни

☐ десятки

☐ тысячи

7.2.3. Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Максимальный размер излучающего раскрыва антенны диапазона СВЧ равен 1 м, а длина волны излучения – 0.02 м. Граница дальней зоны для такой антенны определяется расстоянием ... м.

☐ 1

☐ 10

☐ 100

☐ 1000

2. В соответствии с моделью Окамуры дополнительные потери передачи радиоволны с частотой 4 ГГц в условиях городской застройки и фиксированными высотами базовой и мобильной станций определяется выражением: $29.4 + 0.3r + 7.6 \cdot \log(r)$, дБ. При расстоянии между станциями 10 км потери передачи составят ... дБ.

☐ 29.7

☐ 36.2

☐ 40.0

☐ 49.9

3. Основные потери передачи при распространении радиоволны в свободном пространстве при увеличении длины волны в два раза ...

☐ возрастут на 2 дБ

☐ уменьшатся на 6 дБ

☐ возрастут на 6 дБ

☐ уменьшатся на 3 дБ

4. Максимум ненормированной диаграммы направленности антенны по мощности равен 1000 единиц, а уровень наибольшего бокового лепестка со-

ставляет 1 единицу. Максимальный уровень бокового излучения такой антенны равен ... дБ.

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| ☐ -30 | ☐ -10 |
| ☐ 10 | ☐ 30 |

5. Ширина диаграммы направленности оптимального конического рупора с диаметром раскрыва, равным 3λ , по уровню половинной мощности приблизительно равна ... градусам.

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| ☐ 0.5 | ☐ 20 |
| ☐ 5 | ☐ 60 |

6. Погонное ослабление радиоволны в дожде составляет 2 дБ/км, длина трассы радиоволны в дожде – 5 км. При таких условиях дополнительные потери при распространении радиоволны в дожде составляют ...

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| ☐ 2 | ☐ 5 |
| ☐ 10 | ☐ 20 |

7. В соответствии с критерием Рэлея допустимая высота неровностей поверхности земли, при которой отражение от нее радиоволны диапазона УКВ длиной λ , приходящей под углом Θ к поверхности земли, можно считать зеркальным, определяется по формуле ...

- | | |
|--|--|
| ☐ $\frac{\lambda}{8 \cdot \sin \Theta}$ | ☐ $\frac{\cos \Theta}{8 \cdot \lambda}$ |
| ☐ $\frac{\lambda}{8 \cdot \cos \Theta}$ | ☐ $\frac{\sin \Theta}{8 \cdot \lambda}$ |

8. Коэффициент усиления антенны равен 7 дБ, коэффициент направленного действия антенны составляет 10 дБ. При таких условиях коэффициент полезного действия рассматриваемой антенны равен ... %.

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| ☐ 0.5 | ☐ 20 |
| ☐ 50 | ☐ 80 |

9. Осесимметричная параболическая антенна с диаметром зеркала 1 м предназначена для работы на длине волны 10 см. Ширина диаграммы направленности по уровню половинной мощности составляет ... градусов.

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| ☐ 0.1 | ☐ 4 |
| ☐ 0.5 | ☐ 16 |

10. На радиолинии, для которой справедлива двухлучевая модель распространения радиоволны, в условиях идеальной отражающей поверхности Земли максимальное значение множителя ослабления равно ...

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| ☐ 0.5 | ☐ 0.707 |
| ☐ 1.0 | ☐ 2.0 |

7.2.4. Примерный перечень вопросов для подготовки к зачёту

1. Классификация и обзор линий передачи микроволнового диапазона.
2. Эквивалентная схема линии передачи и распространение в ней волн.
3. Явление отражения волн в линиях. Режимы работы линий передачи.
4. Основные параметры линий передачи.
5. Радиочастотные кабели.
6. Двухпроводная и коаксиальные линии передачи.
7. Волноводные линии передачи.
8. Полосковые и микрополосковые линии передачи.
9. Принципы согласования линий передачи.
10. Многополюсные микроволновые устройства, их свойства.
11. Принцип декомпозиции многополюсных устройств.
12. Анализ четырехполюсников и двухполюсников с помощью матриц.
13. Основные положения матричной теории. Матрица рассеяния.
14. Потери передачи радиоволн в свободном пространстве.
15. Первая зона Френеля.
16. Отражательное влияние Земли при распространении радиоволн.
17. Учёт сферичности и электрических параметров поверхности Земли.
18. Рефракция радиоволн в тропосфере и её учет.
19. Ослабление радиоволн в газах тропосферы.
20. Ослабление радиоволн в гидрометеорах тропосферы.
21. Поглощение и поляризационные потери радиоволн в ионосфере.
22. Характеристики источников шума. Шумовая температура антенны.
23. Причины замираний. Разнесённый прием.

7.2.5. Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Назначение и задачи, решаемые антенной. Классификация антенн. Линейные и апертурные антенны, антенные решетки.
2. Дальняя зона антенны.
3. Параметры передающих антенн, характеризующие функции преобразования (мощность излучения, коэффициент полезного действия).
4. Характеристики и параметры антенн, характеризующие функцию излучения. Диаграмма направленности. Уровень боковых лепестков.
5. Коэффициенты направленного действия и усиления антенны.
6. Параметры антенн, характеризующие функции преобразования и излучения: эффективная площадь, коэффициент использования площади.
7. Диапазонные и поляризационные свойства антенн. Шумовая температура антенны.
8. Принцип действия и характеристики директорных антенн.
9. Принцип действия и характеристики рупорных антенн.
10. Принцип действия и характеристики линзовых антенн.
11. Принцип действия и характеристики зеркальных параболических антенн.

12. Принцип действия и характеристики антенн вытекающей волны.
13. Принцип действия и характеристики планарных микрополосковых антенн.
14. Классификация антенных решеток. Направленность антенной решетки. Множитель антенной решетки.
15. Диаграмма направленности линейной эквидистантной равноамплитудной антенной решетки.
16. Антенная решетка в режиме наклонного и поперечного излучения. Показатели направленности решетки.
17. Влияние параметров антенной решетки и вида амплитудно-фазового распределения на ее раскрытие на показатели направленности.
18. Методы синтеза диаграммы направленности линейной антенной решетки.
19. Плоская антенная решетка и анализ множителя решетки.
20. Неэквидистантные антенные решетки и методы их синтеза.
21. Антенные решетки со специальными диаграммами направленности и методы их синтеза.
22. Эволюционные алгоритмы для синтеза и численной оптимизации характеристик и показателей антенных решеток.
23. Антенная решетка с последовательным питанием в виде открытой излучающей линии передачи.
24. Принцип дифракционного излучения. Зависимость направленности и эффективности излучения от параметров линии и решетки.
25. Обзор современного состояния техники антенн на основе излучающих линий передачи.
26. Принцип действия антенны на основе нагруженного гребенчатой решеткой планарного диэлектрического волновода.
27. Антенные решетки с последовательным питанием на основе волноводов со штыревыми стенками и EGB-волноводов.
28. Устройства возбуждения излучающих антенных решеток с последовательным питанием.
29. Общие сведения о фазированных антенных решетках. Системы питания антенных решеток.
30. Методы управления диаграммой направленности ФАР: фазовый, коммутационный, частотный. Сканирование диаграммы направленности.
31. Отражательные решетки с параллельным типом питания. Обзор вариантов реализации антенн с плоским рефлектором.
32. Широкополосная зеркальная антенна микроволнового диапазона с гребенчатым рефлектором, ее характеристики, электродинамическая модель.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест - билетам, каждый из которых содержит 10 тестовых вопросов и два задания. Каждый правильный ответ на вопрос в

тесте оценивается в три балла, задания оцениваются по 10 баллов каждое. Максимальное количество набранных баллов составляет 50.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 25 баллов.

Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 25 до 34 баллов

Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 35 до 44 баллов.

Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 45 до 50 баллов.

7.2.7. Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Линии передачи микроволнового диапазона	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к зачету
2	Распространение радиоволн микроволнового диапазона	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к зачету
3	Характеристики и параметры микроволновых антенн	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к экзамену
4	Основные характеристики антенных решеток	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе, вопросы к экзамену
5	Современные разновидности антенных решеток	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к экзамену

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 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.

Защита лабораторных работ выполняется методом устного опроса по контрольным вопросам, представленным в методических материалах.

Защита курсовой работы осуществляется согласно существующим требованиям к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Мандель, А.Е. Распространение радиоволн [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Е. Мандель, В.А. Замотринский. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 163 с. – Режим доступа: URL: <http://www.iprbookshop.ru/13969.html>.

2. Антенны [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.Т. Зырянов П.А. Федюнин, О.А. Белоусов [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 412 с. — Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/107934>.

3. Ефанов, В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Ефанов. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 149 с. – Режим доступа: URL: <http://www.iprbookshop.ru/14032.html>.

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

1. Система компьютерной математики свободного доступа.
2. Программная среда свободного доступа для моделирования активных проводных антенн MMANA.
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru>.
3. Электронные версии реферативных журналов на Зональной научной библиотеке ВГУ: "Радиотехника", "Связь". – Режим доступа: URL: <http://www.lib.vsu.ru/?p=4&t=3>.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Лаборатория кафедры радиотехники «Радиотехнические цепи и сигналы» с лабораторным оборудованием (высокочастотные генераторы-частотомеры, низкочастотные генераторы гармонических сигналов, осциллографы, вольтметры, лабораторные стенды со сменными панелями) и объединенными в локальную сеть персональными компьютерами с установленной системой компьютерной математики свободного доступа.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Микроволновые устройства обработки сигналов» читаются лекции и проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе. С темой предстоящей лекции следует ознакомиться заранее и до ее начала проработать по учебникам теоретический материал. Прослушав лекцию, в этот же день необходимо просмотреть материал лекции по конспекту и проработать наиболее сложные и непонятные моменты.

Лабораторные работы выполняются методом моделирования на персональном компьютере в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ. К каждой работе следует проработать теоретический материал, выполнить домашнее расчетное задание, оформить заготовку отчета. В процессе выполнения работы необходимо сформировать окончательный отчет, внося экспериментальные результаты и выводы в заготовку. Стандартным явлением должна стать защита работы сразу после её выполнения.

Методика выполнения курсовой работы изложена в соответствующем методическом руководстве и предполагает помимо технических расчётов выполнение элементов научного исследования. Во избежание срыва сроков защиты выполнять этапы курсового проекта необходимо своевременно и в установленные сроки.

Большое значение по формированию компетенций имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о возможных видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится устным опросом при защите результатов лабораторных работ, проверкой курсовой работы и её защитой.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекции	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.
Лабораторные работы	Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Изучение теоретических материалов и подготовка домашних заданий к лабораторным работам. Выполнение исследований; при этом особое внимание следует уделить выявлению взаимосвязей между параметрами радиотехнических цепей и характеристиками формируемых (обрабатываемых) ими радиотехнических сигналов.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: – работу с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспекта лекций; – выполнение домашних заданий и расчетов; – работу над темами для самостоятельного изучения; – участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; – подготовку к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	При подготовке к промежуточной аттестации необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, выполненные исследования на лабораторных занятиях, результаты выполнения курсовой работы.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
	Актуализирован перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	20.04.2025	