

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



Декан факультета **Небольсин В.А.**
«31» августа 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Б1.В.02 «Микроволновые устройства обработки сигналов»

Направление подготовки **11.04.01 Радиотехника**

Профиль **Радиотехнические средства обработки и защиты информации в каналах связи**

Квалификация выпускника **магистр**

Нормативный период обучения **2 года**

Форма обучения **очная**

Год начала подготовки **2018**

Автор программы

/А.В. Останков/

Заведующий кафедрой
радиотехники

/Б.В. Матвеев/

Руководитель ОПОП

/А.В. Останков/

Воронеж 2018

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 «Микроволновые устройства обработки сигналов» относится к дисциплинам вариативной части 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 решеток 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 решеток с использованием программно-математического обеспечения
	владеть навыками численной оптимизации свойств антенных решеток для решения типовых задач радиотехники
ПК-3	знать ключевые положения теории антенных решеток, предназначенных для формирования, приема, обработки радиоволн микроволнового диапазона
	уметь выполнять анализ и параметрический синтез антенных решеток 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 решеток с использованием программно-математического обеспечения
	владеть навыками формирования рекомендаций по использованию результатов анализа микроволновых устройств

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Микроволновые устройства обработки сигналов» составляет 7 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий:

Очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		2	3
Аудиторные занятия (всего)	90	30	60
В том числе:			
Лекции	50	10	40
Лабораторные работы (ЛР)	40	20	20
Самостоятельная работа	162	114	48
Курсовая работа			есть

Виды промежуточной аттестации		зачет	зачет с оценкой
Общая трудоемкость академические часы з.е.	252 7	144 4	108 3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	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. Многополюсные микроволновые устройства, их свойства и волновые матрицы. Принцип декомпозиции многополюсных устройств. Анализ четырехполюсников и двухполюсников с помощью матриц. Основные положения матричной теории. Матрица рассеяния. Типы направленности многополюсников.	6	12	54	72
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	60	72

3	Характеристики и параметры микроволновых антенн	<p>Назначение и задачи, решаемые антенной. Классификация антенн. Линейные и апертурные антенны, антенные решетки. 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.</p>	10	—	14	24
4	Основные характеристики антенных решеток	<p>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 ее раскрытие на показатели направленности. Методы синтеза диаграммы направленности линейной антенной решетки. Плоская антенная решетка и анализ множителя решетки. Неэквидистантные антенные решетки и методы их синтеза. Разреженные антенные решетки. Антенные решетки со специальными диаграммами направленности и методы их синтеза. Эволюционные алгоритмы для синтеза и численной оптимизации характеристик и показателей антенных решеток.</p>	10	8	10	28
5	Антенные решетки с последовательным питанием	<p>Антенная решетка с последовательным питанием в виде открытой излучающей линии передачи. Принцип дифракционного излучения. Зависимость направленности и эффективности излучения от параметров линии и решетки. Обзор современного состояния техники антенн на основе излучающих линий передачи.</p>	10	8	12	30

		<p>Антенна дифракционного излучения на основе нагруженного гребенчатой решеткой планарного диэлектрического волновода. Принципы формирования электродинамической модели. Направленность и эффективность излучения антенны. Оптимизация характеристик за счет продольной вариации прицельного зазора и глубинного профилирования.</p> <p>Антенна дифракционного излучения с расширенными возможностями на основе решеток с двумя неоднородностями на периоде. Антенная решетка в режиме поперечного излучения. Дифракция Брэгга и ее ослабление за счет фрагментации решетки и применения интерферометрических схем реализации.</p> <p>Антенные решетки с последовательным питанием на основе волноводов со штыревыми стенками и EGB-волноводов. Конструкции и параметры решеток. Устройства возбуждения излучающих антенных решеток с последовательным питанием.</p>				
6	Фазированные антенные решетки	<p>Общие сведения о фазированных антенных решетках. Системы питания антенных решеток. Методы управления диаграммой направленности: фазовый, коммутационный, частотный. Особенности сканирования диаграммы направленности.</p> <p>Отражательные решетки с параллельным типом питания. Обзор вариантов реализации антенн с плоским рефлектором. Широкополосная зеркальная антенна микроволнового диапазона с гребенчатым рефлектором, ее характеристики, электродинамическая модель. Реализация специальных диаграмм направленности.</p> <p>Многолучевые антенные решетки. Устройства формирования лучей. Схемы диаграммообразующих устройств. Матрицы Батлера и Бласса. Линзы Люнеберга и Ротмана. Цифровое формирование лучей в антенных решетках. Адаптивные антенные решетки.</p>	10	4	12	26
Итого			50	40	162	252

5.2 Перечень лабораторных работ

Номер раздела	Наименование лабораторной работы	Объем, часов
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
4	Характеристики излучения антенных решеток	4
4	Оптимизация характеристик излучения антенных решеток с использованием эволюционных алгоритмов	4
5	Оптимизация направленности и энергетических показателей антенны дифракционного излучения	4
5	Антенная решетка с частотным сканированием диаграммы направленности	4
6	Оптимизация направленных свойств антенны с гребенчатым рефлектором	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 решеток»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- обзор методов обеспечения требуемых характеристик направленности современных антенных решеток и выбор оптимального метода;
- разработка и верификация математической модели антенной решетки;
- анализ характеристик направленности антенной решетки 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» или «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

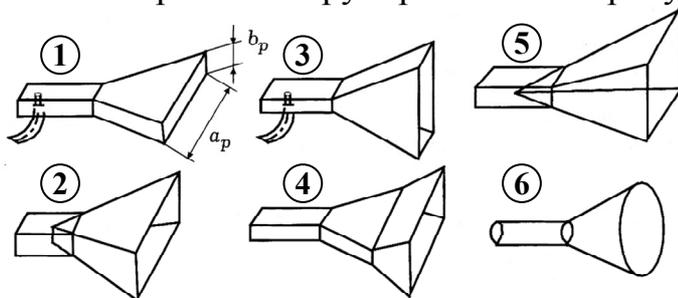
1. Полоса поглощения радиоволны в кислороде тропосферы имеет центр вблизи частоты ...

- 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
- эллиптической
- круговой

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 решетка 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 антенны $S_{\text{Э}}$, её коэффициент усиления G_m и длина излучаемой волны λ связаны соотношением ...

- $G_m = \frac{4\pi \cdot S_{\text{Э}}}{\lambda}$ $G_m = \frac{4\pi \cdot S_{\text{Э}}}{\lambda^2}$
 $G_m = \frac{4\pi}{\lambda^2 \cdot S_{\text{Э}}}$ $G_m = \frac{4\pi \cdot \lambda^2}{S_{\text{Э}}}$

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: $29.4 + 0.3 \cdot r + 7.6 \cdot \log(r)$, 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 составляет 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 зачету

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 зачету с оценкой

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. Разреженные антенные решетки.
22. Антенные решетки со специальными диаграммами направленности и методы их синтеза.
23. Эволюционные алгоритмы для синтеза и численной оптимизации характеристик и показателей антенных решеток.
24. Антенная решетка с последовательным питанием в виде открытой излучающей линии передачи.
25. Принцип дифракционного излучения. Зависимость направленности и эффективности излучения от параметров линии и решетки.
26. Обзор современного состояния техники антенн на основе излучающих линий передачи.
27. Принцип действия антенны на основе нагруженного гребенчатой решеткой планарного диэлектрического волновода.
28. Принципы формирования электродинамической модели антенны дифракционного излучения на основе гребенчатой решетки.
29. Оптимизация характеристик антенны дифракционного излучения за счет вариации прицельного зазора и глубинного профилирования.
30. Антенна дифракционного излучения с расширенными возможностями на основе решеток с двумя неоднородностями на периоде.
31. Антенная решетка в режиме поперечного излучения. Дифракция Брэгга.
32. Ослабление брэгговской дифракции за счет фрагментации решетки и применения интерферометрических схем реализации.
33. Антенные решетки с последовательным питанием на основе волноводов со штыревыми стенками и EGB-волноводов.
34. Устройства возбуждения излучающих антенных решеток с последовательным питанием.
35. Общие сведения о фазированных антенных решетках. Системы питания антенных решеток.
36. Методы управления диаграммой направленности ФАР: фазовый, коммутационный, частотный. Сканирование диаграммы направленности.
37. Отражательные решетки с параллельным типом питания. Обзор вариантов реализации антенн с плоским рефлектором.
38. Широкополосная зеркальная антенна микроволнового диапазона с гребенчатым рефлектором, ее характеристики, электродинамическая модель.
39. Многолучевые антенные решетки. Устройства формирования лучей. Схемы диаграммообразующих устройств. Матрицы Батлера и Бласса.
40. Линзы Люнеберга и Ротмана. Цифровое формирование лучей в антенных решетках.
41. Адаптивные антенные решетки.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачёт с оценкой 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 зачету с оценкой
4	Основные характеристики антенных решеток	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе, вопросы к зачету с оценкой
5	Антенные решетки с последовательным питанием	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к зачету с оценкой
6	Фазированные антенные решетки	ПК-3, ПК-2, ПК-1, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, вопросы к зачету с оценкой

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 методики 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 методики 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 методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита лабораторных работ выполняется методом устного опроса по контрольным вопросам, представленным в соответствующих 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

№ п.п.	Тип носителя	наименование	Кол-во	книгообеспеч.
	эл	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 .	неогр	1
	эл	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 .	неогр	1
	эл	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 радиоэлек-	неогр	1

		троники, 2012. – 149 с. – Режим доступа: URL: http://www.iprbookshop.ru/14032.html .		
	эл	Банков, С.Е. Антенные решетки с последовательным питанием [Текст]: монография / С.Е. Банков. – М.: Физматлит, 2013. – 416 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457642 .	неогр	1

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. 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>.

Офисный пакет приложений MicroSoftOffice, Веб-браузер Internet Explorer; Open Office Text; Open Office Calc. Свободно распространяемое ПО. Научная электронная библиотека elibrary (www.elibrary.ru)

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 сле-

дует 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 методическом руководстве. Выполнять этапы курсового проекта должны 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; пометать 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
1	<p>Актуализирован раздел 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.</p> <p>Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем.</p>	31.08.2019	
2	<p>Актуализирован раздел 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.</p> <p>Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем.</p>	31.08.2020	