

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



(подпись) И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины
«Антенны»**

Направление подготовки
11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль)
«Радиотехника»

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

1. Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является подготовка специалистов в области создания и обеспечения функционирования устройств СВЧ и антенн, основанных на использовании электромагнитных колебаний и волн, и предназначенных для передачи, приема и обработки информации.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- – получение необходимых знаний по физическим и теоретическим основам построения и функционирования антенн;
- – получение необходимых знаний по методам расчета основных параметров и характеристик антенн СВЧ, по основам их проектирования.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина основывается на общих разделах высшей математики и на соответствующих разделах физики, электродинамики и распространения радиоволн.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Антенны», используются обучаемыми при изучении дисциплины «Практикум по устройствам СВЧ и антеннам», а также в научно-исследовательской работе.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
ПК-1 Способен осуществлять сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач в области радиофизики, осуществлять поиск, анализ и выбор методов их решения	ИД_ПК-1.1 Осуществляет сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач	1. Знать основные радиотехнические характеристики и параметры антенн. Дать определения этих параметров. 2. Знать области применения различных типов антенн.
	ИД_ПК-1.2 Проводит анализ и обоснованный выбор методов решения профессиональных задач в области радиотехники	1. Знать области применения различных типов антенн. 2. Знать частотные диапазоны для работы антенн различных типов. 3. Знать частотные диапазоны для работы антенн различных типов.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение	7	1					0,5	
2	Основы теории антенн	7	1					2	устный опрос по теме
3	Параметры антенн в передающем и приемном режимах	7	7			0,5		7	Устный опрос по теме,
4	Линейные излучающие системы.	7	8			0,5		10	Устный опрос по теме,
5	Апертурные антенны	7	8			0,5		10	Устный опрос по теме,
6	Антенны различных диапазонов волн	7	7			0,5		7	Устный опрос по теме,
	в том числе с ЭО и ДОТ					1		4	Тест по разделу «Антенны» (разделы 6-10)
7	Заключение	7	2					1	
						2	0,5	33,5	Экзамен При подготовке к экзамену: Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины (разделы 2-6)
	Всего за 7 семестр		17	17	17	5	0.5	15,7	
	в том числе с ЭО и ДОТ					1		4	
	Всего		34			3	0.5	71	
	в том числе с ЭО и ДОТ					1		4	

Примечание: объем (в часах) самостоятельной работы в рамках установленного данной РПД количества часов, выполняемой студентом с применением ЭО и ДОТ (в ЭУК «Антенны и устройства СВЧ» в LMS Moodle, определяется каждым студентом в зависимости от уровня его подготовки и способов выполнения данного вида работ.

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение

Классификация устройств СВЧ и антенн. История развития.

2. Основы теории антенн

Структурная схема антенны. Простейшие излучатели линейной и круговой поляризации (вибраторы, рамки, турникеты, элементы Гюйгенса, микрополосковые элементы).

3. Параметры антенных систем в передающем и приемном режимах

Комплексная характеристика направленности. Поляризационные и фазовые свойства. Коэффициент направленного действия (КНД), коэффициент усиления, ширина луча, уровень бокового излучения и другие параметры. Взаимосвязь между параметрами. Методы экспериментального исследования антенных устройств. Антенные полигоны, безэховые камеры, коллиматоры. Автоматизация антенных измерений и антенные эталоны. Поляризационные соотношения при радиоприеме. Эффективная поверхность и шумовая температура приемной антенны.

4. Линейные излучающие системы

Идеальный линейный излучатель. Режимы излучения - поперечный, сканирующий, осевой. Ширина луча, КНД. Влияние вида амплитудно-фазового распределения возбуждения на параметры линейной антенны. Равномерная линейная фазированная антенная решетка. Выбор шага решетки. КНД решетки и мощность излучения. Антенны осевого излучения - диэлектрические, спиральные, импедансные, директорные. Волноводно-щелевые антенные решетки.

5. Апертурные антенны

Характеристики направленности, КНД, эффективная поверхность плоского раскрыва. Возможности фокусировки раскрыва в промежуточной и ближней областях излученного поля. Зеркальные, рупорные, линзовые апертурные антенны. Схемы построения одно-, двух- и многозеркальных антенн. Методы управления сканированием луча. Плоские фазированные антенные решетки. Размещение излучателей на раскрыве по критерию отсутствия побочных главных максимумов. Схемы построения и разновидности антенных решеток. Активные фазированные антенные решетки. Многолучевые, антенные решетки

6. Антенны различных диапазонов волн

Характерные особенности антенн в зависимости от применяемого диапазона волн. Общие свойства антенн малых электрических размеров. Антенны длинных, средних, коротких волн. УКВ-антенны. Способы увеличения рабочей полосы частот. Логопериодические и логоспиральные антенны.

7. Заключение. Перспективы развития устройств СВЧ и антенн.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения проводятся практические и лабораторные занятия, в ходе которых используются следующие типы занятий и образовательные технологии.

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и

практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Задействованы:

– интерактивная лекция.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

Асинхронная консультация (в рамках онлайн курса) – занятие по окончании модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Антенны и устройства СВЧ» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

- для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации программы Microsoft Office,
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Гошин, Г. Г. Устройства СВЧ и антенны : учебное пособие / Г. Г. Гошин. — Москва : ТУСУР, [б. г.]. — Часть 2 : Антенны — 2012. — 159 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4952>
2. Артемова Т.К., Фомичев Н.И. Антенны: Учебное пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2010. - 108 с.

б) дополнительная литература:

1. Фомичев Н.И. Устройства СВЧ и антенны) : Практикум. Ярославль, ЯрГУ, 2020. —Ч.1. - 36с.
2. Фомичев Н.И. Фомичев А.Н. Устройства СВЧ и антенны) : Практикум. Ярославль, ЯрГУ, 2020. —Ч.2. -80с.
3. Устройства СВЧ и антенны: метод. Указания по выполнению лабораторных работ, Ярославль, ЯрГУ, 2008. 48 с.

в) программное обеспечение и ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
(http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ, а также материалам онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 1)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline).

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному

составу группы обучающихся. (Для проведения лабораторных работ группа обучающихся делится на две подгруппы).

Автор(ы) :

Старший преподаватель
кафедры интеллектуальных
информационных радиофизических систем

Н.И. Фомичев

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

Контрольные вопросы для практических занятий по теме №2

1. Нарисовать структурную схему антенны.
2. Перечислить общие алгоритмы нахождения с помощью ЭВМ электромагнитного поля излучающей системы токов в дальней, промежуточной и ближней областях.
3. Простейшие излучатели линейной и круговой поляризации (вибраторы, рамки, турникеты, элементы Гюйгенса, микрополосковые элементы).
4. Как осуществляется учет влияния плоских и искривленных поверхностей на излучение источников.

Контрольные вопросы для практических занятий по теме №3

1. Комплексная характеристика направленности.
2. Поляризационные и фазовые свойства антенны
3. Коэффициент направленного действия (КНД), коэффициент усиления, ширина луча, уровень бокового излучения и другие параметры антенны. Взаимосвязь между параметрами.
4. Методы экспериментального исследования антенных устройств. Антенные полигоны, безэховые камеры, коллиматоры. Автоматизация антенных измерений и антенные эталоны.
5. Обобщенное представление антенны в радиосистеме в виде четырехполюсника. Эквивалентная схема приемной антенны.
6. Поляризационные соотношения при радиоприеме. Эффективная поверхность и шумовая температура приемной антенны.
7. Взаимное сопротивление между близко и далеко расположенными излучателями.
8. Эквивалентная отражающая поверхность антенны и способы ее изменения.

Контрольные вопросы для практических занятий по теме №4

1. Идеальный линейный излучатель.
2. Режимы излучения - поперечный, сканирующий, осевой.
3. Ширина луча, КНД.
4. Влияние вида амплитудно-фазового распределения возбуждения на параметры линейной антенны.
5. Равномерная линейная фазированная антенная решетка. Выбор шага решетки. КНД решетки и мощность излучения.
6. Понятие о методах синтеза линейных излучателей и решеток.
7. Антенны осевого излучения - диэлектрические, спиральные, импедансные, директорные.

Контрольные вопросы для практических занятий по теме №5

1. Характеристики направленности, КНД, эффективная поверхность плоского раскрыва.
2. Возможности фокусировки раскрыва в промежуточной и ближней областях излученного поля.
3. Зеркальные, рупорные, линзовые апертурные антенны.
4. Схемы построения одно-, двух- и многозеркальных антенн.
5. Методы управления сканированием луча.
6. Суммарные и разностные характеристики направленности.
7. Плоские фазированные антенные решетки. Размещение излучателей по раскрыву по критерию отсутствия побочных главных максимумов.
8. Схемы построения и разновидности антенных решеток. Активные фазированные антенные решетки.
9. Многолучевые антенные решетки.
10. Понятие об адаптивных антенных решетках.
11. Антенны с синтезированной апертурой.

Контрольные вопросы для практических занятий по теме №6

1. Характерные особенности антенн в зависимости от применяемого диапазона волн.
2. Общие свойства антенн малых электрических размеров.
3. Антенны длинных, средних, коротких волн. УКВ-антенны.
4. Способы увеличения рабочей полосы частот. Логопериодические и логоспиральные антенны.
5. Пассивные и активные приемные антенны.

Критерии оценивания заданий контрольной работы

Показатели	Критерии
Ответ	Верный, с правильными единицами измерения (для размерных величин).
Формулы	Корректные, применимые в условиях данной задачи, в стандартных обозначениях или обозначения раскрыты.
Решение	Имеются приводящие к ответу выкладки.
Графики	Построенная зависимость имеет верный вид, по осям указаны аргумент и имя функции со своими единицами, есть шкалы на осях, нанесены контрольные метки, соответствующие заданию.
Схемы	Представлен правильный набор элементов или блоков в стандартных обозначениях, правильно соединённых друг с другом, указаны их номиналы (если это возможно по имеющимся данным), указаны места соединения или шины.
Объяснения (ответы на смысловые вопросы)	Даны развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.

Шкала оценивания:

- 0 баллов – полное отсутствие критерия, работа не сдана в срок;
1-4 балла – частичное выполнение критерия;

5 - 7 баллов – (в основном) выполнение критерия,

8-10 баллов -полное выполнение критерия

Суммируются баллы за каждое задание.

Оценка проставляется по количеству набранных баллов:

менее 50% от максимально возможного количества баллов - неудовлетворительно,

от 51 до 69% от максимально возможного количества баллов - удовлетворительно,

70-85% от максимально возможного количества баллов - хорошо,

86-100% от максимально возможного количества баллов – отлично.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к экзамену

1. Радиотехнические характеристики и параметры передающих антенн.
2. Радиотехнические характеристики и параметры антенн в режиме приема
3. Симметричные вибраторные антенны
4. Спиральные антенны
5. Характеристики излучения открытого конца волновода.
6. Апертурные антенны.
7. Оптимальные рупорные антенны
8. Диэлектрические антенны
9. Линзовые антенны
10. Поле системы одинаковых и одинаково ориентированных в пространстве излучателей
11. Линейная равномерная антенная решетка
12. Анализ множителя направленности.
13. Методы экспериментального исследования антенных устройств в дальней зоне
14. Методы экспериментального исследования антенных устройств в ближней зоне

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (<i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i>)	Полное	Полное
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Исчерпывающий полный ответ

3. Описание процедуры выставления оценки

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Экзаменационный билет состоит из одного теоретического вопроса и одной задачи по материалам курса.

1. Теоретический вопрос в экзаменационном билете оценивается в 3 балла:

- 3 балла, если вопрос раскрыт более чем на 90% от требуемого объема. При этом студент демонстрирует глубокое и полное владение содержанием материала и понятийным аппаратом электродинамики; осуществляет межпредметные связи; умеет связывать теорию с практикой. Дает развернутые, полные и четкие ответы на вопрос билета и дополнительные вопросы, соблюдает логическую последовательность при изложении материала. Грамотно использует терминологию электродинамики.
- 2 балла, если вопрос раскрыт более чем на 70%, но менее, чем на 90% от требуемого объема. При этом ответ в целом соответствуют указанным выше критериям, но отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой. В ответе имеют место отдельные неточности (несущественные ошибки), которые исправляются самим студентом после дополнительных и (или) уточняющих вопросов экзаменатора.
- 1 балл, если вопрос раскрыт более чем на 50%, но менее чем на 70% от требуемого объема. При этом студент демонстрирует умение выделить существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. Ответы излагается в терминах технической электродинамики, но допускаются ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент не обосновывает свои суждения. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

Итоговая оценка высчитывается исходя из суммарного балла

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Антенны»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Антенны» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. По большинству тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным физическим задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях, при выполнении лабораторных работ или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются контрольные вопросы, которые необходимо проработать до выполнения соответствующей лабораторной работы.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных навыков в конце семестра изучения дисциплины студенты сдают зачет. Зачет по итогам первого семестра выставляется по итогам выполнения лабораторных работ и краткого собеседования по их результатам.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Антенны» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.