

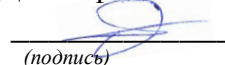
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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
«Практикум по устройствам СВЧ и антеннам»

Направление подготовки
«11.03.01 Радиотехника»

Направленность (профиль)
«00 Радиотехника»

Форма обучения
очная

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

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

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью и задачами освоения дисциплины «Практикум по устройствам СВЧ и антеннам» являются:

- приобретение практических навыков проведения экспериментальных исследований по дисциплинам «Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ)» и «Антенны»;
- овладение теоретическими знаниями основных понятий, законов и моделей по дисциплинам «Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ)» и «Антенны»;
- освоение основных методов обработки и анализа экспериментальных результатов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 (Б1.В.05).

Для освоения данной дисциплиной студенты должны уяснить решающую роль антенных систем и трактов СВЧ в обеспечении задач пространственной обработки сигналов в радиосистемах, владеть материалом дисциплин «Радиотехнические цепи и сигналы» и «Метрология, стандартизация и сертификация»

Полученные в курсе «Практикум по устройствам СВЧ и антеннам» знания необходимы для изучения дисциплин «Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ)» и «Антенны» и для продолжения обучения в магистратуре по направлению Радиотехника.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные 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
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ		
ПК-2. Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью модернизации существующих и (или) создания новых перспективных радиотехнических устройств и систем	ИД_ПК-2.1 Знает основные характеристики радиотехнических устройств и систем.	Назвать частотные диапазоны для работы антенн различных типов. Знать области применения различных типов антенн.
	ИД_ПК-2.2 Применяет экспериментальные методы исследования процессов в радиотехнических устройствах и системах.	Уметь формулировать требования к оборудованию при решении задач экспериментального исследования антенных систем. Владеть навыками экспериментального исследования антенных систем
	ИД_ПК-2.3 Проводит теоретические исследования радиотехнических устройств и систем.	Знать фундаментальные ограничения на достижимые параметры радиосистем, налагаемых электрическими размерами антенн, требованиями к применяемому диапазону волн и ширине рабочей полосы частот, погрешностями изготовления;

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
	ИД_ПК-2.4 Оформляет отчёты в соответствии предъявляемыми требованиями.	Уметь оформлять отчёты в соответствии предъявляемыми требованиями

4. Объём, структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачёт. ед., 72 акад. час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Основы теории антенн	7				0.5		2	
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	
2	Параметры антенн в передающем и приемном режимах	7			8	0.5		6	отчет по лабораторным работам.
	в том числе с ЭО и ДОТ							3	
3	Линейные излучающие системы.	7			9	1		7	отчет по лабораторным работам.
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
4	Апертурные антенны	7			9	0.5		10	отчет по лабораторным работам.
	в том числе с ЭО и ДОТ							3	
5	Антенны различных диапазонов волн	7			8	0.5		8	отчет по лабораторным работам.
	в том числе с ЭО и ДОТ							3	
6	Заключение	7						1.7	
	Промежуточная аттестация	7					0.3		Зачёт
	ИТОГО	7			34	3	0.3	34.7	72
	в том числе с ЭО и ДОТ							12	

Примечание: объём (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

Лабораторный практикум

1. **Лабораторная работа №1. Исследование характеристик излучения спиральных антенн**
2. Лабораторная работа №2. Исследование характеристик излучения рупорных антенн
3. **Лабораторная работа №3** Исследование характеристик излучения параболических антенн
4. **Лабораторная работа №4** Исследование характеристик излучения системы излучателей (антенных решеток).
5. **Лабораторная работа №5** Измерение диаграмм направленности вибраторных антенн

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Задействованы:

- допуск к выполнению экспериментальных исследований;
- коллективная работа в ходе выполнения лабораторной работы;
- командная защита отчёта.

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 в форме тестов и заданий для проведения текущего контроля успеваемости обучающихся;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины
- 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

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ /Д.М. Сазонов. – М.: Высш. шк. 1988.
2. Т.К. Артемова, Н.И. Фомичев Антенны: Учебное пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2010, 108 стр.

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 стр.

в) программное обеспечение и ресурсы сети «Интернет»

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

8. 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 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.

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
«Практикум по устройствам СВЧ и антеннам»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущей аттестации**

Задания для самостоятельной работы

Контрольные вопросы по результатам выполнения лабораторной работы №1

1. Дайте классификацию спиральных антенн.
2. Зависят ли свойства антенны от того, работает она на передачу или на прием? Почему?
3. Почему диаграмму направленности измеряют в дальней зоне излучения?
4. Каково отличие коэффициента направленного действия от коэффициента усиления антенны?
5. Где применяются спиральные антенны?
6. В чём состоит отличие спирали с постоянным шагом от равноугольной спирали?
7. Назовите параметры цилиндрической, конической, сферической спиральной антенн.
8. Каково направление намотки спиральных антенн?
9. Каков сдвиг фаз между питанием элементов многозаходных спиральных антенн?
10. В чём состоит отличие односторонних и двусторонних спиралей?
11. В чём заключается сходство и отличие цилиндрической спиральной и рамочной антенн?
12. Каково распределение тока на проводах спирали?
13. Что обозначает индекс моды тока?
14. Назовите режимы работы цилиндрической спиральной антенны.
15. Опишите процессы, происходящие в цилиндрической спиральной антенне при изменении рабочей длины волны.
16. Какой режим и почему является основным для цилиндрической спиральной антенны?
17. Каковы условия его существования для однозаходных и двухзаходных спиралей?
18. Охарактеризуйте основной режим излучения цилиндрической спиральной антенны.
19. Какие виды поляризации излучения и в каких режимах можно получить у цилиндрической спиральной антенны?
20. В чем заключается поляризационное согласование антенн?
21. Опишите диаграмму направленности цилиндрической спиральной антенны в основном режиме.
22. Как изменяется ДН цилиндрической спирали при изменении длины волны в пределах основного режима?
23. Каким образом ослабляют обратное излучение цилиндрической спирали?
24. В чём состоит отличие ДН и поляризации однозаходной и многозаходной односторонней цилиндрических спиралей?
25. Каков КНД цилиндрической спиральной антенны?

26. Что такое активная зона конической спиральной антенны?
27. Каково распределение мод тока по виткам конической спирали?
28. Чем определяются характеристики конической спиральной антенны?
29. В чём заключается отличие плоских спиральных антенн от цилиндрических и конических?
30. Какова активная зона плоских спиральных антенн?
31. Как она зависит от частоты у спирали Архимеда? У плоской равноугольной спирали?
32. На какой диапазон частот рассчитаны спиральные антенны?

Контрольные вопросы по результатам выполнения лабораторной работы №2

1. Дайте классификацию рупорных антенн.
2. Зависят ли свойства антенны от того, работает она на передачу или на прием? Почему?
3. Почему диаграмму направленности измеряют в дальней зоне излучения?
4. Что такое фазовый центр антенны? Как его определить? Обладают ли рупорные антенны фазовым центром?
5. В чем заключается поляризационное согласование антенн?
6. Каково отличие коэффициента направленного действия от коэффициента усиления антенны?
7. Какое влияние оказывает поляризация принимаемых электромагнитных волн на уровень сигнала в приёмнике?
8. Что является раскрывом применительно к различным рупорным антеннам?
9. Как запитываются рупорные антенны?
10. В чём заключается отличие открытого конца волновода от рупорной антенны?
11. На какой диапазон частот и почему рассчитаны рупорные антенны?
12. Чем определяется ширина диаграммы направленности рупорных антенн?
13. Сравните ширину диаграммы направленности открытого конца волновода и построенной на таком же волноводе рупорной антенны.
14. Какую поляризацию излучения обеспечивают рупорные антенны?
15. Что можно сказать о диапазонных свойствах рупорных антенн?
16. Назовите области применения рупорных антенн.

Контрольные вопросы по результатам выполнения лабораторной работы №3

1. Зависят ли свойства антенны от того, работает она на передачу или на приём? Почему?
2. Почему диаграмму направленности измеряют в дальней зоне излучения?
3. Что такое дальняя зона излучения и как её оценить?
4. Какие антенны относятся к антеннам апертурного типа? Привести примеры.
5. Как рассчитываются характеристики антенн апертурного типа?
6. Как формируется ДН антенн апертурного типа, от каких факторов она зависит?
7. Рассказать о конструкции зеркальной антенны. Пояснить назначение отдельных элементов.
8. Каково отличие коэффициента направленного действия от коэффициента усиления антенны?
9. Каким образом можно определить коэффициент усиления антенны?
10. Относительно каких эталонов определяют коэффициент направленного действия и коэффициент усиления?
11. Дайте определение эффективной площади антенны
12. Объяснить работу лабораторной установки.

Контрольные вопросы по результатам выполнения лабораторной работы №4

1. Как определяется поля системы излучателей в дальней зоне?
2. Дайте формулировку теоремы перемножения диаграмм направленности.
3. Что такое множитель комбинирования антенной решётки?
4. Чем определяется вид множителя направленности?
5. Какая решётка называется эквидистантной?
6. Чем определяются поляризационные свойства антенной решётки?
7. Запишите выражение для множителя комбинирования для линейной эквидистантной антенной решётки.
8. Что такое коэффициент замедления?
9. Как зависит вид множителя комбинирования от числа элементов в антенной решётке?
10. Какова протяжённость зоны видимости линейной антенной решётки?
11. От чего зависит положение направления максимального излучения линейной антенной решётки??
12. Как отличие возбуждения излучателей от синфазного повлияет на положение основного лепестка диаграммы направленности линейной антенной решётки?
13. Каковы пределы сканирования луча в линейной антенной решётке?
14. Какова ширина главного лепестка диаграммы направленности антенной решётки?
15. Каким образом можно сузить главный лепесток ДН антенной решётки?
16. Как фаза возбуждения влияет на ширину главного лепестка диаграммы направленности?
17. От чего зависит уровень боковых лепестков в диаграмме направленности антенной решётки?
18. Назовите режимы возбуждения линейной антенной решётки.
19. Назовите режимы излучения линейной антенной решётки и сопоставьте их режимам возбуждения.
20. При каких режимах возбуждения границы зоны видимости располагаются симметрично относительно направления $\Psi = 0$?
21. Опишите метод построения диаграммы направленности антенной решётки на примере режима осевого возбуждения.
22. Каким образом знак разности фаз в возбуждении соседних излучателей определяет ориентацию главного максимума диаграммы направленности?
23. Является ли равноамплитудность возбуждения элементов антенной решётки необходимой?
24. Как повлияет неравноамплитудность возбуждения на параметры антенной решётки?
25. Как может сказаться неэквидистантность расположения элементов антенной решётки на её параметрах?
26. В каком режиме и при каких условиях антенная решётка обладает максимальным коэффициентом усиления?
27. Какие типы антенных решёток, кроме линейных, Вы знаете?

Контрольные вопросы по результатам выполнения лабораторной работы №5

1. Дайте классификацию вибраторных антенн.
2. Зависят ли свойства антенны от того, работает она на передачу или на приём? Почему?
3. Почему диаграмму направленности измеряют в дальней зоне излучения?
4. Дайте определение диаграммы направленности антенны при работе в режиме на прием и на передачу.
5. Критерий дальней зоны. Его физический смысл.

6. Что такое фазовый центр антенны? Как его определить? В чём заключается поляризационное согласование антенн?
7. Каково отличие коэффициента направленного действия от коэффициента усиления антенны?
8. Какое влияние оказывает поляризация принимаемых электромагнитных волн на уровень сигнала в приемнике?
9. Какую поляризацию излучения обеспечивают вибраторные антенны?
10. Что можно сказать о диапазонных свойствах вибраторных антенн?
11. Назовите области применения вибраторных антенн.

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачёту

(зачет выставляется по результатам
собеседования со студентом после выполнения всех лабораторных работ)

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. Оптимальные рупорные антенны
7. Линзовые антенны,
8. Диэлектрические антенны
9. Поле системы одинаковых и одинаково ориентированных в пространстве излучателей
10. Линейная равномерная антенная решетка
11. Анализ множителя направленности.
12. Многолучевые антенные решетки. Матрица Блааса
13. Многолучевые антенные решетки. Матрица Батлера

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Практикум по устройствам СВЧ и антеннам»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

В первую очередь советуем ознакомиться с программой дисциплины, понять её роль в процессе образования, осознать, что Вы должны знать, уметь и о чём иметь представление по итогам изучения дисциплины. К этому вопросу следует возвращаться по мере изучения предмета.

Выполнение лабораторной работы студентом делится на три этапа: подготовку к работе, выполнение самой работы и составление отчёта.

Добросовестная подготовка к работе обеспечивает хорошее и быстрое выполнение её, сокращает время на составление отчёта.

При подготовке к работе рекомендуется:

1. Внимательно прочитать описание предыдущей лабораторной работы и вопросы, выносимые на коллоквиум, предшествующий этой работе.
2. Используя рекомендованную литературу и конспект лекций, усвоить основные теоретические сведения, методы и технику измерений, которые необходимо проделать в данной работе. Ответить на вопросы, выносимые на коллоквиум.
3. За день-два до выполнения работы ознакомиться с лабораторной установкой и аппаратурой, которая будет использована во время работы. Непонятные вопросы выяснить у преподавателя или сотрудников лаборатории.
4. До выполнения лабораторной работы каждому студенту рекомендуется проделать технические расчеты и построить графики согласно заданию.

Подготовку к работе студент может считать законченной, если он имеет ясное представление о том, что делать, и что он ожидает получить в результате эксперимента.

Преподаватель, проводящий коллоквиум, до начала лабораторных работ, устанавливает степень понимания студентом этих вопросов. Студент, показавший на коллоквиуме недостаточные знания, к выполнению данной лабораторной работы не допускается. В то время как его товарищи выполняют лабораторную работу, ему предоставляется возможность здесь же в лаборатории восполнить недостаток своих знаний и подготовиться к повторному коллоквиуму в установленное преподавателем время.

При выполнении лабораторной работы студентам рекомендуется:

1. Перед включением приборов проверить, на какое напряжение они установлены. Подключать установку к сети только с разрешения лаборанта.
2. Как можно тщательнее выполнить все измерения, положенные по ходу лабораторной работы. При регистрации какой-либо зависимости, данные измерений, не требующие пересчёта, наносить сразу же на график без предварительной записи в таблицу. Это значительно экономит время и позволяет обнаружить сразу же ошибочные измерения.
3. Если данные требуют пересчёта, таблицу следует составить в черновой тетради, там же сделать пересчёт и представить на графике искомую зависимость. Для быстрого проведения необходимых расчётов каждому студенту, пришедшему в лабораторию, рекомендуется иметь калькулятор.
4. Если экспериментально зарегистрированные точки зависимости не укладываются на плавную кривую, нужно не соединять их ломаной линией, а проводить по ним кривую, соответствующую усредненным значениям измеряемой величины.
5. Каждую экспериментально зарегистрированную кривую сравнить с теоретически рассчитанной кривой соответствующей зависимости. При обнаружении значительных расхождений в ходе этих кривых попытаться самому выяснить причины этих расхождений. В случае затруднения обращаться за помощью к преподавателю.

Такой метод позволяет во время выполнения лабораторной работы установить возможные ошибки и исправить их. Перенесение этой части работы на дом приводит к нерациональному использованию времени в лаборатории, запоздалому обнаружению ошибок и повторному выполнению лабораторной работы.

Составление отчёта по проделанной работе вырабатывает привычку анализировать результаты измерений, т.е. воспитывает качества, необходимые в будущем научному работнику. Отчёт по работе наглядно показывает степень научной подготовки студента и стиль его работы. Отчёт должен быть кратким и аккуратно выполненным.

При составлении отчёта рекомендуется:

1. Основное внимание сосредоточить на анализе полученных зависимостей, их объяснении и практических выводах, Желательны критические замечания по методам измерения и расчёту исследуемых зависимостей и величин.
2. Не загромождать отчет многочисленными таблицами и пояснениями, взятыми из учебника. Указать, что исследовалось, метод измерения, метод расчёта; привести сопоставление результатов расчета и эксперимента в виде графиков. Промежуточные выкладки желательно опускать.
3. Теоретически рассчитанные графики, при сравнении их с экспериментальными данными, вычерчивать либо карандашом другого цвета, либо пунктирной линией карандашом того же цвета, что и экспериментальный график.

После проверки отчёта преподавателем рекомендуется использовать данные из отчета для пополнения конспекта лекции.