

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

11.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

М.1.2.8 Основы теории СВЧ-устройств и антенн

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки  
(специальность)

11.04.01 Радиотехника

Квалификация выпускника

Магистр

(бакалавр/магистр/специалист)

Программа магистратуры

Искусственный интеллект в задачах обработки сигналов и  
данных

Курс 1  
Семестр 2

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	108 / 3	часов/зачетных единиц
Лекции	14	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	14	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	28	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	80	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	2	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.04.01 Радиотехника

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	РТиМБС	СОГЛАСОВАНО	С.А. Охотников
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра радиотехнических и медико-биологических систем

		(наименование кафедры)	
22.01.2024	протокол №	6	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Р.Г. Хафизов	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)  
кафедрой(ами).  
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Р.Г. Хафизов
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит  
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Рыбаков Алексей Евгеньевич, генеральный директор ООО "Омега-софт"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 г.  
Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-6 Способен к разработке и проведению экспериментальных исследований по совершенствованию характеристик радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов	ПК-6.1 Разрабатывает программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств в области создания инновационных радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов	<b>знания:</b> программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств в области создания инновационных радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов <b>умения:</b> применять программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств в области создания инновационных радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов <b>навыки:</b> разрабатывает программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств в области создания инновационных радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов
	ПК-6.2 Разрабатывает математические модели объектов и процессов в радиотехнических устройствах	<b>знания:</b> математические модели объектов и процессов в радиотехнических устройствах <b>умения:</b> использовать математические модели объектов и процессов в радиотехнических устройствах <b>навыки:</b> разработки математических моделей объектов и процессов в радиотехнических устройствах
	ПК-6.3 Проводит компьютерное моделирование объектов и процессов в радиотехнических устройствах с целью анализа и оптимизации их параметров	<b>знания:</b> компьютерного моделирования объектов и процессов в радиотехнических устройствах с целью анализа и оптимизации их параметров <b>умения:</b> использовать компьютерное моделирование объектов и процессов в радиотехнических устройствах с целью анализа и оптимизации их параметров <b>навыки:</b> проведения компьютерного моделирования объектов и процессов в радиотехнических устройствах с целью анализа и оптимизации их параметров
	ПК-6.4 Проводит экспериментальные исследования и обрабатывает полученные результаты	<b>знания:</b> экспериментальных исследований и обработки полученных результатов <b>умения:</b> применять экспериментальные исследования и обрабатывать полученные результаты <b>навыки:</b> проведения экспериментальных исследований и обработки полученных результатов

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) ОПОП.

Дисциплина является элективной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Математические основы теории сигналов (ПК-6)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-6)

## Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция

## Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Формирование и механизм распространения радиоволн</b>	<b>34</b>	ПК-6
Лекция. Формирование радиоволн. Длина волны и частота. Радиочастотный спектр. Изотропный излучатель. Формирование радиоволн. Основные потери в микроволново-й связи и в радиолокационных системах. Физические эффекты при распространении радиоволн. Свойства и механизмы распространения радиоволн. Рефракция и ее влияние на радиогоризонт. Дифракция. Многолучевое распространение волн. Доплеровский эффект	2	
Лекция. Механизм распространения радиоволн. Составляющая околосветовой волны. Распространение ионосферной волны. Распространение пространственной волны. Тропосферное рассеивание. Дополнительные механизмы распространения радиоволн. Рассеяние волн. Простая рефракция. Сверхрефракция. Субрефракция. Суточные изменения в распространении сигналов. Авроральное распространение. Односторонняя связь. Шкала децибел. Децибелы и логарифмическая шкала. Децибелы со ссылкой на абсолютные величины. Представление двоичных чисел в децибелах	2	
Практическое занятие. Исследование работы антенно-волноводной системы РЛС «Дон»	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение - подготовка к опросу на лекциях; - подготовка к защите одной практической работы; - выполнение домашнего задания; - подготовка к контрольной работе.	26	
<b>Линии передач</b>	<b>30</b>	ПК-6

Лекция. Общие сведения о линиях передач. Согласование импедансов. Линии базовой полосы. Частотно-зависимые потери отклика. Групповая задержка. Максимум частотной ошибки. Частота ошибок. Радиочастотные линии. Типы радиочастотных линий. Характеристический импеданс. Вносимые потери. Высокочастотные кабели. Коэффициент стоячей волны по напряжению. Фильтры линий передач	2	ПК-6
Лекция. Волноводы и коаксиальные линии. Распространение электромагнитной волны в прямоугольном волноводе. Шумы передающих линий. Типы коаксиальных кабелей. Емкость коаксиального кабеля. Критическая частота коаксиального кабеля. Радиочастотные кабели производства Российской Федерации. Коаксиальные кабели со сплошной ПЭ изоляцией. Субминиатюрные радиочастотные кабели. Миниатюрные радиочастотные кабели. Среднегабаритные радиочастотные кабели. Радиочастотные кабели со сплошной фторопластовой изоляцией	2	
Практическое занятие. Исследование работы антенно-волноводной системы РЛС «Дон»	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение - подготовка к опросу на лекциях; - подготовка к защите одной практической работы; - выполнение домашнего задания;	22	
<b>Основы антенной теории</b>	<b>44</b>	
Лекция. Антенна в режиме радиопередачи. Поле излучения антенны в дальней зоне. Характеристики поля излучения (амплитудная, поляризационная, фазовая). Действующая длина. Мощность и сопротивление излучения антенны. Коэффициент направленного действия (КНД) и коэффициент усиления (КУ) антенн. Связь КНД, сопротивления излучения и действующей длины. Входное сопротивление антенны. Метод наведенных ЭДС. Антенна в режиме приема. Уравнения для связанных антенн. Взаимные, вносимые и полные сопротивления (импедансы). Принцип взаимности и принцип обратимости. ЭДС, наводимая в приемной антенне. Понятие о шумовых характеристиках антенн	2	
Лекция. Направленность системы излучателей. Линейные излучатели. Линейная непрерывная антенна с равномерным амплитудным и линейным фазовым распределением. Диаграмма направленности (ДН) и КНД антенны в зависимости от величины коэффициента замедления. Оптимальные соотношения для КНД. Плоские излучатели. Метод эквивалентного линейного излучателя. ДН, КНД и коэффициент использования площади (КИП) плоских апертур АР. Влияние структуры плоской АР на характеристики ДН при сканировании	2	ПК-6
Лекция. Типы антенн СВЧ. Вибраторные антенны. Типы, характеристики, способы питания. Рамочные антенны. Типы, характеристики, способы питания. Щелевые антенны. Возбуждение одиночных щелей. Волноводно-щелевые антенны. Микрополосковые антенны. Типы, характеристики, способы питания. Антенны бегущей волны. Типы, характеристики	2	

способы питания. Апертурные антенны. Рупоры (типы, характеристики, питание). Зеркальные и линзовые антенны (типы зеркальных и линзовых антенн). Сканирующие антенны. Антенны с частотным сканированием (типы). Фазированные антенные решетки (ФАР), типы и способы построения. Роль эффектов взаимного влияния		
Практическое занятие. Исследование работы антенно-волноводной системы РЛС 1РЛ136	4	
Практическое занятие. Исследование работы антенно-волноводной системы РЛС «Фуруно»	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение - подготовка к опросу на лекциях; - подготовка к защите двух практических работ; - подготовка к контрольной работе;	32	
Иная контактная работа:	0	

## Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

**Занятия лекционного типа** дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом практического занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины включает выполнение практических работ. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Условия аттестации приведены в технологической карте, входящей в состав рабочей программы дисциплины.

## Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющихся в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Зырянов, Ю. Т. Антенны [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А., Рябов А. В., Головченко Е. В.; Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Рябов А. В., Головченко Е. В. 6-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 412 с. ISBN 978-5-507-48175-0.	<a href="https://e.lanbook.com/book/343235">https://e.lanbook.com/book/343235</a>
2.	СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи [Текст] / Белоус А. И., Мерданов М. К., Шведов С. В. К. 2 : СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия. В 2-х книгах. Книга 2, К. 2 / Белоус А. И., Мерданов М. К., Шведов С. В. 3-е изд., испр. Москва: Техносфера, 2021. - 702 с. ISBN 978-5-94836-606-7.	<a href="https://e.lanbook.com/book/181221">https://e.lanbook.com/book/181221</a>
3.	Антенны и функциональные узлы СВЧ- и КВЧ-диапазонов [Текст] : методы расчета и технология изготовления : [науч. изд.] / [С. А. Бабушко и др.] ; под ред. А. Ю. Сedaкова; НИИИС. М.: Радиотехника, 2011. - 111 с. ISBN 978-5-88070-277-0. Экземпляры: всего 3.	3
4.	Сазонов, Дмитрий Михайлович. Антенны и устройства СВЧ [Текст] : Учебник для студ.вузов по спец."Радиотехника" / Сазонов, Дмитрий Михайлович. М.: Высшая школа, 1988. - 430 с. Экземпляры: всего 28.	28

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	401 (III)	Генератор сигналов универсальный DG 1022 (1), Генератор сигналов универсальный DG 4102 (1), ИЗДЕЛИЕ ВОЛГА (1), ИЗДЕЛИЕ ДОН (1), Измеритель уровня электромагнитного фона АТТ-2593 (1), Источник питания DP 1308A (1), КВ-передатчик "Бриг" (1), Ноутбук AcerASpire 5920G-603G25MiT7500 (1), Оборудование для приема спутникового сигнала (1), Осциллограф цифровой DS 1052E (1), Проектор мультимедийный Hitachi CP-X 2510 (1), Радар Фуруно M1715 (1),	Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач

	РАДИОПЕРЕДАТ ПСД025 (1), Ресивер Gi-8120 (1), Системный блок ASUS Celeron2400/256mb/80Gb/CD-RW+сет.фил.,мышь, клав. (1), Экран на штативе 180x180 см (1), Комплект учебной мебели (1)	
--	---	--

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий	Зачтено

### 7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/ или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

### 7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1.

Компьютерное моделирование и расчет согласования прямоугольных волноводов различного поперечного сечения.

2.

Компьютерное моделирование и расчет согласования круглых волноводов различного поперечного



сечения.

3.

Компьютерное моделирование и расчет дисперсионных характеристик плоского диэлектрического волновода.

4.

Компьютерное моделирование и расчет дисперсионных характеристик спиральной замедляющей системы с изотропным экраном.

5.

Компьютерное моделирование и расчет дисперсионных характеристик спиральной замедляющей системы с продольно-проводящим экраном.

6.

Компьютерное моделирование и расчет дисперсионных характеристик спиральной замедляющей системы с азимутально-проводящим экраном.

7.

Компьютерное моделирование и расчет дисперсионных характеристик замедляющей системы типа «гребенка».

#### Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

8. Длина волны и частота. Радиочастотный спектр. Изотропный излучатель. Формирование радиоволн. Основные потери в микроволновой связи и в радиолокационных системах.
9. Свойства и механизмы распространения радиоволн. Рефракция и ее влияние на радиогоризонт. Дифракция. Многолучевое распространение волн. Доплеровский эффект.
10. Составляющая околосредней волны. Распространение ионосферной волны. Распространение пространственной волны. Тропосферное рассеивание.
11. Рассеяние волн. Простая рефракция. Сверхрефракция. Субрефракция. Суточные изменения в распространении сигналов. Авроральное распространение. Односторонняя связь.
12. Децибелы и логарифмическая шкала. Децибелы со ссылкой на абсолютные величины. Представление двоичных чисел в децибелах.
13. Согласование импедансов. Линии базовой полосы. Частотно-зависимые потери отклика. Групповая задержка. Максимум частотной ошибки. Частота ошибок.
14. Типы радиочастотных линий. Характеристический импеданс. Вносимые потери. Высокочастотные кабели. Коэффициент стоячей волны по напряжению. Фильтры линий передач.
15. Распространение электромагнитной волны в прямоугольном волноводе. Шумы передающих линий. Типы коаксиальных кабелей. Емкость коаксиального кабеля. Критическая частота коаксиального кабеля.
16. Коаксиальные кабели со сплошной ПЭ изоляцией. Субминиатюрные радиочастотные кабели. Миниатюрные радиочастотные кабели. Среднегабаритные радиочастотные кабели. Радиочастотные кабели со сплошной фторопластовой изоляцией.
17. Антенна в режиме радиопередачи. Поле излучения антенны в дальней зоне. Характеристики

поля излучения (амплитудная, поляризационная, фазовая). Действующая длина. Мощность и сопротивление излучения антенны. Коэффициент направленного действия (КНД) и коэффициент усиления (КУ) антенн. Связь КНД, сопротивления излучения и действующей длины. Входное сопротивление антенны. Метод наведенных ЭДС.

18. Антенна в режиме приема. Уравнения для связанных антенн. Взаимные, вносимые и полные сопротивления (импедансы). Принцип взаимности и принцип обратимости. ЭДС, наводимая в приемной антенне. Понятие о шумовых характеристиках антенн.
19. Линейные излучатели. Линейная непрерывная антенна с равномерным амплитудным и линейным фазовым распределением. Диаграмма направленности (ДН) и КНД антенны в зависимости от величины коэффициента замедления. Оптимальные соотношения для КНД.
20. Плоские излучатели. Метод эквивалентного линейного излучателя. ДН, КНД и коэффициент использования площади (КИП) плоских апертур АР. Влияние структуры плоской АР на характеристики ДН при сканировании.
21. Вибраторные антенны. Типы, характеристики, способы питания.
22. Рамочные антенны. Типы, характеристики, способы питания.
23. Щелевые антенны. Возбуждение одиночных щелей. Волноводно-щелевые антенны.
24. Микрополосковые антенны. Типы, характеристики, способы питания.
25. Антенны бегущей волны. Типы, характеристики, способы питания.
26. Апертурные антенны. Рупоры (типы, характеристики, питание). Зеркальные и линзовые антенны (типы зеркальных и линзовых антенн).
27. Сканирующие антенны. Антенны с частотным сканированием (типы). Фазируемые антенные решетки (ФАР), типы и способы построения. Роль эффектов взаимного влияния.