

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Декан РТФ

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

13.11.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ФТД.2.3 Расчет и проектирование фазированных антенных решеток

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

11.04.01 Радиотехника

Квалификация выпускника

Магистр

(бакалавр/магистр/специалист)

Программа магистратуры

Радиолокационные системы

Курс 2
Семестр 3

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	108 / 3	часов/зачетных единиц
Лекции	14	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	28	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	42	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	66	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	3	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

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

Программу составили:

заведующий кафедрой	РТС	СОГЛАСОВАНО	Р.Г. Хафизов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

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

(наименование кафедры)		
12.11.2025	протокол №	4
(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): Охотников Андрей Сергеевич, зам. главного конструктора НТЦ «Коралл» АО «Марийский машиностроительный завод»

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 19.01.2026 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-3 Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач	ПК-3.1. Выполняет расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;	знания: Знать методы расчета и проектирования фазированных антенных решеток умения: Уметь производить расчет основных параметров фазированных антенных решеток навыки: Владеть навыками проектирования конструкций фазированных антенных решеток
	ПК-3.2. Использует программное обеспечение и компьютерные технологии при проведении исследований и решения инженерных задач для радиотехнических и радиоэлектронных систем и комплексов.	знания: Знать программное обеспечение и компьютерные технологии для проведения исследований с фазированными антенными решетками умения: Уметь применять программное обеспечение для расчета основных параметров фазированных антенных решеток навыки: Владеть компьютерными технологиями для проектирования конструкций фазированных антенных решеток
2. ПК-6 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием	ПК-6.1. Знает физические и математические модели и методы моделирования сигналов, процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиотехнических устройств и систем.	знания: Знать физические и математические модели и методы моделирования фазированных антенных решеток. умения: навыки:

стандартных пакетов прикладных программ	ПК-6.2. Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и моделирования радиотехнических	знания: умения: Уметь формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для расчета и проектирования фазированных антенных решеток навыки:
	ПК-6.3. Владеет математическим аппаратом для решения задач теоретической и прикладной радиотехники, методами исследования и моделирования объектов радиотехники.	знания: умения: навыки: Владеть математическим аппаратом для решения задач проектирования фазированных антенных решеток

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) ОПОП.

Дисциплина является факультативной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Основы теории СВЧ-устройств и антенн (ПК-3), Цифровая обработка сигналов (ПК-3), Моделирование РТС в LabView (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-3), 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

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

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Антенные решетки	46	ПК-3, ПК-6
Лекция. 1. Принцип построения антенных решеток	2	
Лекция. 2. Особенности сканирования луча антенной решетки	2	

Лекция. 3. Выбор схемы размещения излучателей	2	
Лекция. 4. Расчет геометрических параметров антенной решетки	2	
Практическое занятие. 1. Исследование диаграммы направленности фазированной антенной решетки	4	
Практическое занятие. 2. Расчет основных характеристик антенной решетки	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Подготовки к лекционным занятиям. Подготовка к практическим занятиям.	30	
Излучатели фазированных антенных решеток	62	ПК-3, ПК-6
Лекция. 5. Волноводные излучатели	2	
Лекция. 6. Методы согласования волноводных излучателей	2	
Лекция. 7. Плоскостные излучатели	2	
Практическое занятие. 3. Выбор материалов полосковой линии передачи и одиночного излучателя	4	
Практическое занятие. 4. Определение условий распространения рабочего типа волны в одиночном излучателе	4	
Практическое занятие. 5. Расчет геометрии полоскового излучателя	4	
Практическое занятие. 6. Влияние диаграммы направленности одиночного излучателя на диаграмму направленности решетки	4	
Практическое занятие. 7. Волноводно-щелевые антенные решетки и их характеристики	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Подготовки к лекционным занятиям. Подготовка к практическим занятиям.	36	
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 **практической работы**.
 Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания
 хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе.
 Формой промежуточной аттестации по дисциплине является **зачёт**.

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

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Дворников, С. В. Устройства приема и обработки сигналов [Электронный ресурс] / Дворников С. В., Крячко А. Ф., Мичурин С. В. Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 512 с. ISBN 978-5-8114-4243-0.	https://e.lanbook.com/book/133898
2.	Власенко, В. И. Энергетические расчеты в электродинамике [Электронный ресурс] : учебное пособие / Власенко В. И., Дворников С. В., Крячко А. Ф. Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 192 с. ISBN 978-5-8114-4630-8.	https://e.lanbook.com/book/140744
3.	Зеленин, И. А. Терминологический словарь по антенно-фидерным устройствам [Электронный ресурс] / Зеленин И. А., Журавлёв Д. В., Пастернак Ю. Г., Федоров С. М. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 292 с. ISBN 978-5-8114-8277-1.	https://e.lanbook.com/book/187478
4.	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.	https://e.lanbook.com/book/343235

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)	Адаптер питания Microsoft Kinect 2.0 for Windows (1), Видеокамера 203-ОРИОН (1), Видеокамера VP-D50001 (1), ВИДЕОМАГНИТОФОН ХИТАЧИ (1), Видеомагнитофон SONY SLV-SE620E (1), Вольтметр В7-16 (1), Генератор Г4-102А (1), Генератор сигналов универсальный DG 1022	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio

	(2), Генератор сигналов универсальный DG 4102 (2), ИЗДЕЛИЕ ВОЛГА (1), ИЗДЕЛИЕ ДОН (1), Измеритель RLC AM-3123 (1), Измеритель уровня электромагнитного фона АТТ-2593 (1), ИЗМЕРИТЕЛЬ ФАЗ Ф2-34 (1), Источник бесперебойного питания Ippon SmartWinner 2000E 1800Вт 2000ВА (1), Источник питания DP 1308A (2), КВ-передатчик "Бриг" (1), Монитор LCD LG L1530S 15" (1), Моноблок DELL (1), Мультиметр DM3058E (1), Мультиметр AM-1083 (5), Ноутбук AcerASpire 5920G-603G25MiT7500 (1), Оборудование для приема спутникового сигнала (1), ОСЦИЛЛОГРАФ C1-65 (1), Осциллограф цифровой DS 1052E (5), Осциллограф цифровой DS 4054 (1), Осциллограф C1-65 (1), ПРИБОР X1-36 (1), Программно-аппаратный комплекс (1), Проектор мультимедийный Hitachi CP-X 2510 (1), Радар Фуруно M1715 (1), РАДИОПЕРЕДАТ ПСД025 (1), Ресивер Gi-8120 (1), Сенсор Microsoft Kinect 2.0 чёрный (1), Системный блок ASUS Celeron2400/256mb/80Gb/CD-RW+сет.фил.,мышь, клав. (1), Станция паяльная АТР -1107 (2), Стойка специализированная с 3-мя мониторами Iiyama (1), Телевизор LG42LM580 (1), ТЕЛЕВИЗОР N101 ОРИОН (1), Телевизор Polar 37 CTV 4010 (1), Телевизор Polar 37 CTV 4015 (1), ТЕЛЕВИЗОР ВЭЛС-51 (1), Тепловизор SDS HotFind-D (1), ФАЗОИЗМЕРИТЕЛЬ Ф2-34 (1), X-1-42 (1), Экран на штативе 180x180 см (1), Комплект учебной мебели (1)	Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
--	---	---

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.

Зачет по дисциплине

Расчет и проектирование фазированных антенных решеток

Билет № 1

1. Рассчитать при каком расстоянии между излучателями антенной решетки будут отсутствовать побочные главные максимумы? Длина волны 6 см.
2. Чем определяются геометрические параметры ФАР и минимально необходимое число излучателей в решетке, обеспечивающие заданный сектор сканирования?

Контрольные задания

1. Исследовать зависимость ширины НРВW основного лепестка диаграммы направленности эквидистантной линейной антенной решетки от количества N элементов решетки. Длина волны $\lambda=6$ см. Расстояние между элементами решетки $d=\lambda/2$. Отклонение луча от оси визирования 0° .
2. Исследовать зависимость ширины НРВW основного лепестка диаграммы направленности эквидистантной линейной антенной решетки от расстояния между элементами решетки ($\lambda/16 < d < \lambda$). Длина волны $\lambda=6$ см. Количество элементов решетки $N=16$. $d=\lambda/2$. Отклонение луча от оси визирования 0° .
3. Исследовать зависимость ширины НРВW основного лепестка диаграммы направленности эквидистантной линейной антенной решетки от отклонения луча от оси визирования ($-30^\circ < q < 30^\circ$). Количество элементов

решетки $N=32$. Длина волны $\lambda=6$ см. Расстояние между элементами решетки $d=\lambda/2$.

4. Исследовать зависимость ширины НРВВ основного лепестка диаграммы направленности эквидистантной линейной антенной решетки от количества N элементов решетки. Длина волны $\lambda=10$ см. Расстояние между элементами решетки $d=\lambda/2$. Отклонение луча от оси визирования 10° .

5. Исследовать зависимость ширины НРВВ основного лепестка диаграммы направленности эквидистантной линейной антенной решетки от расстояния между элементами решетки ($\lambda/16 < d < \lambda$). Длина волны $\lambda=10$ см. Количество элементов решетки $N=32$. $d=\lambda/2$. Отклонение луча от оси визирования 0° .

6. Исследовать зависимость ширины НРВВ основного лепестка диаграммы направленности эквидистантной линейной антенной решетки от отклонения луча от оси визирования ($-60^\circ < q < 60^\circ$). Количество элементов решетки $N=16$. Длина волны $\lambda=8$ см. Расстояние между элементами решетки $d=\lambda/2$.

7. Исследовать зависимость ширины НРВВ основного лепестка диаграммы направленности эквидистантной линейной антенной решетки от расстояния между элементами решетки ($\lambda/16 < d < \lambda$). Длина волны $\lambda=12$ см. Количество элементов решетки $N=64$. $d=\lambda/2$. Отклонение луча от оси визирования 25° .

8. Исследовать зависимость ширины НРВВ основного лепестка диаграммы направленности эквидистантной линейной антенной решетки от отклонения луча от оси визирования ($-45^\circ < q < 45^\circ$). Количество элементов решетки $N=8$. Длина волны $\lambda=3$ см. Расстояние между элементами решетки $d=\lambda/2$.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Назовите достоинства и недостатки ФАР.
2. На какие типы делятся ФАР по режиму работы?
3. В чем отличие пассивных ФАР от активных?
4. Каковы достоинства и недостатки схем ФАР последовательного и параллельного питания?
5. Чем определяются геометрические параметры ФАР и минимально необходимое число излучателей в решетке, обеспечивающие заданный сектор сканирования?
6. Какие существуют способы сканирования ДН?
7. С помощью какого выражения можно найти эквивалентную длину антенной решетки?
8. Как изменяется эквивалентная длина антенной решетки при увеличении угла отклонения?
9. По какой формуле может быть рассчитан КНД плоской решетки при ориентации луча в направлении нормали к ее плоскости?
10. Что представляет собой щелевая антенна?
11. Каково обязательное условие возбуждения щелевой антенны?
12. Какие щелевые решетки называются прямофазными? Какие недостатки присущи этим решеткам?
13. Какие щелевые решетки называются переменноразными? Как получают переменноразные решетки?
14. Какое схемное расположение излучателей в антенной решетке является предпочтительным?
15. При каком расстоянии между излучателями антенной решетки будут отсутствовать

побочные главные максимумы?

16. Чем удобен для ФАР сантиметрового диапазона волн излучающий элемент в виде открытого конца прямоугольного волновода?
17. Какими выражениями определяются нормированные ДН для открытого конца волновода?
18. Какие существуют методы согласования элементов плоских ФАР и источников их возбуждения?
19. Каковы особенности выбора и использования диэлектрического покрытия ФАР?
20. Что представляет собой типичный печатный излучатель?
21. Какие существуют разновидности печатных излучателей?
22. Волны какой поляризации могут излучать плоскостные антенны СВЧ?
23. В каком диапазоне частот могут работать плоскостные антенны СВЧ?
24. Какие требования необходимо учитывать при выборе материала проводников полосковой линии передачи и одиночного излучателя?
25. Как выполняется определение условий распространения рабочего типа волны в одиночном печатном излучателе?
26. Какие условия обеспечивают работу несимметричной линии передачи только на основной волне?
27. Как выполняется расчет геометрии полоскового излучателя?
28. Каковы достоинства и недостатки планарных МПА?
29. Какие требования необходимо учитывать при выборе диэлектрического материала полосковой линии передачи и одиночного излучателя?
30. С помощью каких выражений производят расчет ДН прямоугольной МПА?