

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)**

С.1.1.26 Электронные приборы сверхвысоких частот и квантовые приборы

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки  
(специальность)

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Квалификация выпускника

Специалист

(бакалавр/магистр/специалист)

Специализация

Радиолокационные системы и комплексы

Курс 3  
Семестр 5

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	108 / 3	часов/зачетных единиц
Лекции	18	часов
Лабораторные работы	36	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	54	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	54	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	5	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	РТиС	СОГЛАСОВАНО	В.В. Павлов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра радиотехники и связи

		(наименование кафедры)	
31.01.2024	протокол №	1	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.В. Рябова	
		(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): Власов Никита Михайлович, заместитель главного конструктора АО  
Марийский машиностроительный завод - заместитель начальника НТЦ «Коралл»  
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-1 Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	ПК-1.1 Знать стадии проектирования	<b>знания:</b> Знать стадии проектирования <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-1.2 Уметь разрабатывать техническое задание на проектирование	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь разрабатывать техническое задание на проектирование <b>навыки:</b>
	ПК-1.3 Владеет способами анализа состояния техниче-ской про-блемы	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеет способами анализа состояния технической проблемы
2. ПК-2 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	ПК-2.1 Знать принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов	<b>знания:</b> Знать принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-2.2 Уметь проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов <b>навыки:</b>
	ПК-2.3 Владеть навыками разработки принципиальных схем РЭУ с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеть навыками разработки принципиальных схем РЭУ с применением современных САПР и пакетов прикладных программ
3. ПК-3 Способен осуществлять проектирование конструкций	ПК-3.1 Знать принципы проектирования конструкций радиоэлектронных средств	<b>знания:</b> Знать принципы проектирования конструкций радиоэлектронных средств <b>умения:</b> <b>навыки:</b>

электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	ПК-3.2 Уметь использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Уметь использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации <b>навыки:</b>
	ПК-3.3 Владеть навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеть навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Основы технологии микро- и нанoeлектроники (ПК-1), Статистическая радиотехника (ПК-1), Узлы и элементы радиотехнических систем (ПК-2); практик: Производственная практика. Научно-исследовательская работа (распределенная) (ПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Радиопередающие устройства (ПК-1), Устройства сверхвысоких частот и антенны (ПК-1), Радиоприемные устройства (ПК-1), Радиоавтоматика (ПК-1), Основы теории радионавигационных систем и комплексов (ПК-1), Защита информации в радиотехнических системах (ПК-1), Моделирование радиотехнических систем в LabView (ПК-1), Основы теории радиолокационных систем и комплексов (ПК-1), Основы построения оптических локационных систем (ПК-1), Радиолокационные системы и комплексы с высокой разрешающей способностью (ПК-1), Основы теории радиосистем и комплексов управления (ПК-1), Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы (ПК-1), Методы и техника распознавания радиолокационных целей (ПК-1), Радиопередающие устройства (ПК-2), Устройства сверхвысоких частот и антенны (ПК-2), Радиоавтоматика (ПК-2), Применение программируемых логических интегральных схем и микроконтроллеров в радиотехнических системах (ПК-2), Основы телевидения и средства отображения информации (ПК-2), Защита информации в радиотехнических системах (ПК-2), Современные радиолокационные приемопередатчики (ПК-2), Моделирование радиотехнических систем в LabView (ПК-2), Основы теории радиолокационных систем и комплексов (ПК-2), Основы построения оптических локационных систем (ПК-2), Радиолокационные системы и комплексы с высокой разрешающей способностью (ПК-2), Основы теории радиосистем и комплексов управления (ПК-2), Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы (ПК-2), Методы и техника распознавания радиолокационных целей (ПК-2), Радиотехнические системы передачи информации (ПК-2), Радиопередающие устройства (ПК-3), Устройства сверхвысоких частот и антенны (ПК-3), Радиоприемные устройства (ПК-3), Радиоавтоматика (ПК-3), Компьютерное проектирование и моделирование радиоэлектронных средств (ПК-3), Применение программируемых логических интегральных схем и микроконтроллеров в радиотехнических системах (ПК-3), Современные радиолокационные приемопередатчики (ПК-3) Моделирование

радиотехнических систем в LabView (ПК-3); практиках: Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-1), Преддипломная практика (ПК-1), Преддипломная практика (ПК-2), Преддипломная практика (ПК-3); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-1), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-2), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-3)

### 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 и лабораторные занятия, процедуры самообучения

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

### Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 5 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Электровакuumные приборы СВЧ</b>	<b>38</b>	ПК-1, ПК-2, ПК-3
Лекция. Введение в курс "Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы" Классификация электронных приборов СВЧ. Электродинамический принцип управления электронным потоком.	6	
Лабораторная работа. Исследование отражательного клистрона. Исследование лампы бегущей волны.	18	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение углубленного изучения принципов действия электронных приборов СВЧ и расчета их параметров.	14	
<b>Полупроводниковые приборы СВЧ</b>	<b>35</b>	ПК-1, ПК-2, ПК-3
Лекция. Особенности транзисторов на СВЧ. Лавинно-пролетный диод, особенности работы. Диод Ганна, особенности работы.	6	
Лабораторная работа. Исследование генератора на диоде Ганна.	9	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР 1). Выполнение контрольной работы: расчет характеристик полупроводниковых излучателей и приемников 2). Углубленное изучение принципов действия приборов СВЧ, использующих отрицательную дифференциальную проводимость и расчета их параметров.	20	
<b>СВЧ генераторы и усилители, квантовые приборы</b>	<b>35</b>	ПК-1, ПК-2, ПК-3
Лекция. СВЧ генераторы и усилители. Оптические квантовые генераторы.	6	

Лазеры, условия возбуждения и принципы работы.		
Лабораторная работа. Исследование гелий-неонового лазера.	9	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР		
1). Выполнение контрольной работы: определение параметров квантовых приборов, проработка теоретического вопроса по тематике курса.		
2). Углубленное изучение принципов действия и видов оптических квантовых генераторов и их использования в телекоммуникационных устройствах.	20	
Иная контактная работа:	0	

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

Изучение дисциплины "Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы" 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 "Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы", 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 лабораторного 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 вне аудиторной 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 "Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы" включает:

- 1) выполнение лабораторных работ, оформление отчетов по ним и их защита;
- 2) выполнение контрольной работы согласно выданному варианту, оформление в соответствии с требованиями, сдача на проверку и их защита.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине "Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы" является зачет.

## 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
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Пихтин, Александр Николаевич. Оптическая и квантовая электроника [Текст] : [учеб. для студентов вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника"] / А. Н. Пихтин. М.: Высшая школа, 2001. - 572 с. ISBN 5-06-002703-1. Экземпляры: всего 14.	14
2.	Воскобойник, Михаил Филиппович. Техника и приборы СВЧ [Текст] : [учебник для техникумов электронных приборов] / М. Ф. Воскобойник, А. И. Черников. Москва: Радио и связь, 1982. - 207, [1] с. Экземпляры: всего 5.	5
3.	Мирошников, М. М. Теоретические основы оптико-электронных приборов [Электронный ресурс] / Мирошников М. М. 3-е изд., испр. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 704 с. ISBN 978-5-8114-1036-1.	<a href="https://e.lanbook.com/book/210497">https://e.lanbook.com/book/210497</a>
4.	Павлов, Вячеслав Владимирович. Приборы СВЧ и оптического диапазона [Текст] : лаб. практикум / В. В. Павлов, А. Н. Бабенко, С. В. Атаманчук. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. - 115 с. Экземпляры: всего 23.	23 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Pavlov_pribory_svch.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Pavlov_pribory_svch.pdf</a>
5.	Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника [Текст] : Учеб. пособие для студентов вузов по спец. "Радиосвязь, радиовещание и телевидение", "Многоканал. и телекоммуник. системы", "Средства связи с подвиж. объектами", "Аудиовиз. техника", "Сети связи и системы коммутаций", "Физика и техника оптич. связи" / Ю. Л. Бобровский [и др.] ; ред. Н. Д. Федоров. М.: Радио и связь, 1998. - 559 с. ISBN 5-256-01169-3. Экземпляры: всего 14.	14
6.	Терехов, Владимир Анатольевич. Задачник по электронным приборам [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по специальностям "Микроэлектроника и твердотельная электроника", "Электрон. приборы и устройства" и др.] / В. А. Терехов. 3-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2003. - 276 с. ISBN 5-8114-0503-0. Экземпляры: всего 14.	14

## 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.	538 (III)	ИЗМЕРИТЕЛЬ КСВН P261 (1), ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЛИНИЯ P1-7 (1), МФУ Canon i-SENSYS MF232W	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система

		(1), Осциллограф GDS -7 (1), Принтер Canon LBP 1120 (1), СЕЛЕКТ.НАНОВОЛЬТМЕТР (1), Системный блок RAY P360 3 ,клав,мышь оптич, коврик+ монитор 19" ViewSonic VA916 (1), Комплект учебной мебели (1)	"Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Microsoft Access, Microsoft Visio 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.

#### 1. В чем заключаются особенности работы электронных приборов СВЧ

а. в использовании динамического управления электронным потоком

- б. в использовании электростатического управления электронным потоком
- в. время пролета электронов между электродами прибора много меньше периода колебаний
- г. можно пренебречь влиянием времени пролета

## 2. Каковы особенности конструкций СВЧ транзисторов

- а. эмиттер выполняется в виде многочисленных полосок, между которыми располагают полоски выводов базы
- б. индуктивности выводов транзистора не влияют на частотные характеристики транзистора
- в. паразитные емкости  $p-n$  перехода не влияют на частотные характеристики транзистора
- г. конструктивные емкости выводов транзистора не влияют на частотные характеристики транзистора

## 3. Какие схемы включения транзисторов в усилительных схемах в СВЧ диапазоне обеспечивают приемлемые коэффициенты усиления

- а. схема с общей базой
- б. схема с общим эмиттером
- в. схема с общим коллектором
- г. схема эмиттерного повторителя

## 4. Почему СВЧ колебательные системы выполняют на распределенных элементах

- а. в связи с высокой частотой требуются малые значения индуктивностей и емкостей которые нельзя получить на сосредоточенных элементах
- б. позволяют уменьшить габариты устройства СВЧ
- в. позволяют получить более высокие значения добротностей
- г. позволяют уменьшить стоимость СВЧ устройства

## 5. Что собой представляют диагональные элементы $S$ -матрицы рассеяния

- а. модули коэффициентов отражения от соответствующих входов при наличии согласованных нагрузок на остальных входах
- б. модули коэффициентов отражения от соответствующих входов при коротком замыкании на остальных входах
- в. модули коэффициентов отражения от соответствующих входов при

холостом ходе на остальных входах

г. коэффициенты стоячих волн от соответствующих входов при наличии согласованных нагрузок на остальных входах

6. Что собой представляют не диагональные элементы  $S$ -матрицы рассеяния

а. комплексный коэффициент передачи при наличии согласованных нагрузок на остальных входах

б. комплексный коэффициент передачи при коротком замыкании на остальных входах

в. комплексный коэффициент передачи при холостом ходе на остальных входах

г. комплексный коэффициент отражения при наличии согласованных нагрузок на остальных входах

7. За счет чего происходит усиление в параметрических усилителей

а. За счет изменения параметров одного из реактивных элементов

б. За счет изменения величины потерь в контуре

в. За счет использования элементов с позолоченными выводами

г. За счет особенностей генератора напряжения.

8. На каком участке вольт-амперной характеристики возникает СВЧ генерация?

а. На участке с отрицательным входным сопротивлением

б. На участке с отрицательно приложенным напряжением

в. На начальном участке подъема вольт-амперной характеристики при положительных напряжениях

г. На вторичном участке подъема вольт-амперной характеристики при положительных напряжениях

9. В электронных приборах СВЧ типа О

а. происходит преобразование кинетической энергии электронов в энергию СВЧ-поля в результате торможения электронов этим полем

б. происходит переход потенциальной энергии электронов в энергию СВЧ-поля

в. происходит преобразование кинетической энергии электронов в энергию СВЧ-поля в результате ускорения электронов этим полем

г. происходит преобразование кинетической энергии электронов в энергию

СВЧ-поля в стационарном электрическом поле

10. Отражательный клистрон это

- а. маломощный автогенератор сверхвысоких частот с электронной перестройкой частоты
- б. маломощный автогенератор сверхвысоких частот с электронной перестройкой амплитуды выходного сигнала
- в. маломощный автогенератор сверхвысоких частот с электронной перестройкой выходной мощности
- г. маломощный автогенератор сверхвысоких частот с механической перестройкой частоты

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Особенности применения электронных приборов на СВЧ. Классификация электронных приборов СВЧ.
2. Приборы с кратковременным взаимодействием электронов с высокочастотным электрическим полем. Отражательный клистрон
3. Приборы с долговременным взаимодействием электронов с электрическим полем типа *O*. Разновидности приборов типа *O*. Лампа бегущей и обратной волны типа *O*.
4. Приборы с долговременным взаимодействием электронов с электрическим полем типа *M*. Разновидности приборов типа *M*. Принцип действия и параметры магнетрона.
5. Полупроводниковые приборы на СВЧ. Схемы и конструкции и транзисторных генераторов СВЧ.
6. Параметрические усилители.
7. Усилители на туннельных диодах. Лавинно-пролетный диод.
8. Диоды Ганна.
9. Принцип действия ОКГ. Виды ОКГ, их параметры.
10. Особенности применения электронных приборов на СВЧ. Классификация электронных приборов СВЧ.
11. Приборы с кратковременным взаимодействием электронов с высокочастотным электрическим полем. Отражательный клистрон.
12. Приборы с долговременным взаимодействием электронов с электрическим полем типа *O*. Разновидности приборов типа *O*. Лампа бегущей и обратной волны типа *O*.
13. Приборы с долговременным взаимодействием электронов с электрическим полем типа *M*. Разновидности приборов типа *M*. Принцип действия и параметры магнетрона.
14. Полупроводниковые приборы на СВЧ. Схемы и конструкции и транзисторных генераторов СВЧ.
15. Параметрические усилители.
16. Усилители на туннельных диодах. Лавинно-пролетный диод.
17. Диоды Ганна.
18. Принцип действия ОКГ. Виды ОКГ, их параметры.