

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан РТФ

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

02.02.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б.1.2.2 Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы**

*(код и наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки  
(специальность)

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Квалификация выпускника

Бакалавр

*(бакалавр/магистр/специалист)*

Направленность

Интеллектуальные телекоммуникационные системы и сети

Курс 3  
Семестр 5

**Распределение учебного времени**

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

                      
(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

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)	
31.01.2022	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	Н.В. Рябова
		(И.О. Фамилия)

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

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

Эксперт(ы): Пашукова Светлана Геннадьевна, Директор филиала в РМЭ ПАО "Ростелеком"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 07.02.2022 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 применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований	ИД ПК-3.1 Знает основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационно	<b>знания:</b> Знает основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ИД ПК-3.2 Умеет работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Умеет работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих <b>навыки:</b>
	ИД ПК-3.3 Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Аналоговая схмотехника (ПК-3); практик: Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (рассредоточенная) (ПК-3)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Основы конструирования и технология производства ЭС (ПК-3), Электропитание устройств и систем телекоммуникаций (ПК-3), Радиопередающие устройства (ПК-3), Радиоприемные устройства (ПК-3), Оптические технологии связи (ПК-3), Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства (ПК-3); практиках: Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (ПК-3); государственной итоговой аттестации в форме: 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: исследовательские, лекционные занятия, практические и лабораторные занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, информационные, 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-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 КР Углубленное изучение принципов действия электронных приборов СВЧ и расчета их параметров.	14	
<b>Полупроводниковые приборы СВЧ</b>	<b>35</b>	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-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: зачет	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. Условия аттестации приведены в технологической карте, входящей в состав рабочей программы дисциплины.

Формой итоговой аттестации по дисциплине 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.	Григорьев, Андрей Дмитриевич. Электродинамика и техника СВЧ [Текст] : [Учеб.для вузов по спец."Электрон.приборы и устройства"] / Григорьев, Андрей Дмитриевич. М.: Высшая школа, 1990. - 334 с. ISBN 5-06-000685-9. Экземпляры: всего 31.	31
2.	Григорьев, Андрей Дмитриевич. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : [учеб. для вузов по специальности "Электрон. приборы и устройства" направления подгот. "Электроника и микроэлектроника"] / А. Д. Григорьев. Изд. 2-е, доп. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2007. - 703 с. ISBN 978-5-8114-0706-4. Экземпляры: всего 20.	20
3.	Григорьев, А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Электронный ресурс] : учебник / Григорьев А. Д. 2-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 704 с. ISBN 978-5-8114-0706-4.	<a href="https://e.lanbook.com/book/210095">https://e.lanbook.com/book/210095</a>
4.	Электронные приборы [Текст] : Учебник для студ.вузов по спец."Радиотехника" / В.Н.Дулин,Н.А.Аваев,В.П.Демин и др.;Под ред.Г.Г.Шишкина. 4-е изд.,перераб.и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 494 с. Экземпляры: всего 65.	65
5.	Аваев, Николай Александрович. Электронные приборы [Текст] : [учебник для студентов вузов по специальности "Радиотехника"] / Н. А. Аваев, Г. Г. Шишкин. М.: Изд-во МАИ, 1996. - 540 с. ISBN 5-7035-1386-3. Экземпляры: всего 24.	24

## 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 (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)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "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.

