

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных  
технологий (ИРИТ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Мякинников А.В.

“20” июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.4.1. Электронные СВЧ и квантовые приборы**

для подготовки специалистов

Специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Специализация: Радиолокационные системы и комплексы

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: ИРС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 144/4

часов/з.е

Промежуточная аттестация: зачет

Разработчик: Тимофеев Е.П., к.т.н., профессор

Нижний Новгород

2023

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 09 февраля 2018 года № 94 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 18.05.2023 г. № 21.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «ФТОС» протокол от 01.06.2023 г. № 35.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению учебно-методическим советом ИРИТ, протокол от 20 июня 2023 г. № 6.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.05.01-Р-59.

Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_ Н.И. Кабанина  
(подпись)

## Оглавление

|                                                                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ОГЛАВЛЕНИЕ .....                                                                                                              | 2         |
| <b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                                                                             | <b>3</b>  |
| 1.1. Цель освоения дисциплины.....                                                                                            | 3         |
| 1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....                                                                                | 3         |
| <b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>                                                        | <b>3</b>  |
| <b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                                        | <b>3</b>  |
| <b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                                                                             | <b>6</b>  |
| 4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....                                                  | 6         |
| 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....                                                                  | 11        |
| <b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                        | <b>12</b> |
| <b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                                                                    | <b>16</b> |
| 6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда .....                                                           | 16        |
| 6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....                                                                             | 16        |
| 6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....                                                  | 16        |
| <b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                                                                         | <b>17</b> |
| 7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ..... | 17        |
| 7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....                                               | 17        |
| <b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>                                                             | <b>18</b> |
| <b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>    | <b>19</b> |
| <b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                                                 | <b>19</b> |
| 10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....                | 19        |
| 10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА .....                                                                | 20        |
| 10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ .....                                              | 20        |
| 10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ .....                                             | 20        |
| 10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....                                                       | 21        |
| <b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                                                          | <b>22</b> |
| 11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....                                                                            | 22        |
| 11.2. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ В ФОРМЕ ЭКЗАМЕНА .....                                                     | 22        |
| 11.3. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ .....                                                                             | 23        |

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Целью освоения дисциплины «Электронные СВЧ и квантовые приборы» является** формирование у студентов компетенций в области электронных СВЧ и квантовых приборов и представлений о теоретических понятиях, расчетных методах и принципах конструирования современных электронных СВЧ и квантовых приборов, использования их в радиоэлектронных системах и комплексах.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- ознакомление студентов с основными параметрами и характеристиками электронных СВЧ и квантовых приборов, изучение методов их расчета;
- ознакомление с теоретическими и экспериментальными основами работы функциональных электронных СВЧ и квантовых приборов, схем их включения;
- формирование у студентов навыков системного подхода к проектированию на основе САПР современных электронных СВЧ и квантовых приборов, используемых для построения узлов радиоприемных, усилительных радиопередающих схем и устройств СВЧ и оптического диапазонов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Электронные СВЧ и квантовые приборы» включена в перечень, вариативной части дисциплин (формируемой участниками образовательных отношений) по выбору (запросу студентов), направленный на углубление уровня освоения компетенций. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Основы теории цепей», «Радиопередающие устройства», «Электродинамика и распространение радиоволн».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей профессиональной компетенции в соответствии с ОП ВО по специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы:

ПКС-1: Способен проводить разработку методов, алгоритмов приема, передачи и обработки сигналов, выполнять моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществлять тестирование радиоэлектронных комплексов с использованием современных аппаратных и программных средств

Формирование указанной компетенции размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

| <b>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</b>                             | <b>Семестры формирования дисциплины</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
|                                                                                              | <i>1</i>                                | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>11</i> |
| <b>ПКС-1</b>                                                                                 |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Электродинамика и распространение радиоволн. Дополнительные главы.                           |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Направляющие и колебательные системы СВЧ                                                     |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Основы компьютерного проектирования РЭС                                                      |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Статистическая теория радиотехнических систем                                                |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Радиоавтоматика                                                                              |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Функциональное моделирование                                                                 |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Радиотехнические системы                                                                     |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Электропреобразовательные устройства РЭС                                                     |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Электроснабжение устройств систем телекоммуникаций                                           |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Основы техники радиоприема                                                                   |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Радиопередающие устройства                                                                   |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Цифровая обработка сигналов                                                                  |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Микроэлектронные устройства СВЧ                                                              |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Интегральная СВЧ схемотехника                                                                |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Телевидение и видеотехника                                                                   |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Цифровая аудио- и видеотехника                                                               |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Электронные СВЧ и квантовые приборы                                                          |                                         |          |          |          |          |          |          | X        |          |           |           |
| Оптоэлектронные и квантовые приборы                                                          |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Программные средства цифровой обработки сигналов                                             |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Основы теории радиолокационных систем и комплексов                                           |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Лабораторный практикум по проектированию интегрированных модулей цифровой обработки сигналов |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Основы теории радионavigационных систем и комплексов                                         |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Основы теории радиосистем и комплексов управления                                            |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Цифровые процессоры и обработка сигналов                                                     |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Основы теории радиосистем передачи информации                                                |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы                                    |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
| Сетевые информационные технологии                                                            |                                         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения оп

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                   | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                    | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                   | Оценочные средства                                        |                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                   | Текущего контроля                                         | Промежуточной аттестации                  |
| ПКС-1. Способен проводить разработку методов, алгоритмов приема, передачи и обработки сигналов, выполнять моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществлять тестирование радиоэлектронных комплексов с использованием современных аппаратных и программных средств | ИПКС-1.1. Разрабатывает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах, владеет технологией автоматической обработки информации | <b>Знать:</b><br>– основные методы, алгоритмы и типовые методики расчёта и анализа основных характеристик электронных СВЧ и квантовых приборов, применяемых в радиолокационных системах и устройствах.<br>- параметры, характеристики и конструкции изучаемых электронных СВЧ и квантовых приборов. | <b>Уметь:</b><br>- применять электродинамические методы для расчёта параметров и характеристик электронных СВЧ и квантовых приборов;<br>- применять математические модели электронных СВЧ и квантовых приборов к анализу и оптимизации их параметров. | <b>Владеть :</b><br>- методами расчёта характеристик электронных СВЧ и квантовых приборов, и устройств;<br>- навыками оценивания параметров и характеристик электронных СВЧ и квантовых приборов. | Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам | Вопросы для устного собеседования: билеты |

|  |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                |                                           |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|
|  | ИПКС-1.2. Выполняет математическое моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществляет тестирование аппаратного и программного обеспечения радиоэлектронных комплексов. | <b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы проектирования радиоэлектронных устройств и систем с использованием электронных СВЧ и квантовых приборов.</li> <li>- современные тенденции и перспективы развития электронных СВЧ и квантовых приборов, входящих в состав радиолокационных систем.</li> </ul> | <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать нужные электронные СВЧ и квантовые приборы для решения возникшей технической задачи с учётом их конструктивных особенностей и возможностей безопасного применения;</li> <li>- составлять электрические схемы подключения источников питания к электронным СВЧ и квантовым приборам и выбирать возможности получения требуемых эксплуатационных характеристик.</li> </ul> | <b>Владеть :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основными критериями оценки достоверности и точности используемых математических и физических моделей электронных СВЧ и квантовых приборов, в радиолокационных системах и устройствах;</li> <li>-практическими навыками измерения основных характеристик изучаемых электронных СВЧ и квантовых приборов.</li> </ul> | Отчеты по лабораторным работам | Вопросы для устного собеседования: билеты |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. 144 часа, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

| Вид учебной работы                                                                                                                                                                                              | Трудоёмкость в час |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
|                                                                                                                                                                                                                 | Всего час.         | В т.ч. в семестре |
|                                                                                                                                                                                                                 |                    | 8 сем             |
| <b>Формат изучения дисциплины</b>                                                                                                                                                                               | очная              |                   |
| <b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану                                                                                                                                                          | <b>144</b>         | <b>144</b>        |
| <b>1. Контактная работа:</b>                                                                                                                                                                                    | <b>72</b>          | <b>72</b>         |
| <b>1.1.Аудиторная работа, в том числе:</b>                                                                                                                                                                      | <b>68</b>          | <b>68</b>         |
| занятия лекционного типа (Л)                                                                                                                                                                                    | 34                 | 34                |
| занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)                                                                                                                                                    | -                  | -                 |
| лабораторные работы (ЛР)                                                                                                                                                                                        | 34                 | 34                |
| <b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>                                                                                                                                                                           | <b>4</b>           | <b>4</b>          |
| курсовая работа (КР) (консультация, защита)                                                                                                                                                                     | -                  | -                 |
| текущий контроль, консультации по дисциплине                                                                                                                                                                    | 2                  | 2                 |
| контактная работа на промежуточном контроле (КРА)                                                                                                                                                               | 2                  | 2                 |
| <b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>                                                                                                                                                                          | <b>72</b>          | <b>72</b>         |
| реферат/эссе (подготовка)                                                                                                                                                                                       |                    |                   |
| расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)                                                                                                                                                                  | -                  | -                 |
| Курсовая работа (КР) (подготовка)                                                                                                                                                                               | -                  | -                 |
| самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.) | 36                 | 36                |
| Подготовка к зачету (контроль)                                                                                                                                                                                  |                    |                   |



## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем                                                                                  | Виды учебной работы (час) |                     |                      |                                        | Вид СРС                                                               | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                   |                                                                                                             | Контактная работа         |                     |                      | Самостоятельная работа студентов (час) |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |
|                                                                                                   |                                                                                                             | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия |                                        |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |
| 8 семестр                                                                                         |                                                                                                             |                           |                     |                      |                                        |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |
| ПКС-1<br>ИПКС-1.1<br>ИПКС-1.2<br>ИПКС-1.3                                                         | Раздел 1. Электронные приборы СВЧ (ЭП СВЧ).                                                                 |                           |                     |                      |                                        |                                                                       | 1. Диагностический безопеночный контроль, лучше взаимоконтроль;<br>2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;<br>3. физический диктант, блиц-опрос;<br>4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.<br><br>При изучении нового материала-слайд показ. Совместно с натурным экспериментом создают единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выво- | Электронный конспект лекций: «Электронные СВЧ и квантовые приборы» (трудоемкость 150 час.) |
|                                                                                                   | Тема 1.1.. Назначение, область применения ЭП СВЧ. Особенности построения и работы ЭП СВЧ, их классификация. | 2,0                       |                     |                      | 4,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.1]                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |
|                                                                                                   | Тема 1.2 ЭП СВЧ клистронного типа. Пролетные усилительные и отражательные клистроны.                        | 3,0                       |                     |                      | 4,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |
|                                                                                                   | Тема 1.3. ЭП СВЧ с распределенным взаимодействием. Лампы бегущей волны типов ЛБВ-0 и ЛОВ-0.                 | 3,0                       |                     |                      | 4,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |
|                                                                                                   | Тема 1.4. ЭП СВЧ магнетронного типа «М». Магнетронные генераторы и усилители.                               | 2,0                       |                     |                      | 4,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2]                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |
|                                                                                                   | Лабораторная работа 1. Изучение характеристик отражательного клистрона                                      |                           | 7,0                 |                      | 4,0                                    | Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3] |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |
|                                                                                                   | Лабораторная работа 2. Изучение усилителя на ЛБВ типа «О»                                                   |                           | 7,0                 |                      | 4,0                                    | Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3] |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты освоения: код УК;<br>ПКС и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем                                    | Виды учебной работы (час) |                     |                      |                                        | Вид СРС                                        | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий                                                                                                                                                                                                                                                         | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                            |                                                               | Контактная работа         |                     |                      | Самостоятельная работа студентов (час) |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            |                                                               | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия |                                        |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | Лабораторная работа 3. Изучение магнетронного генератора.     |                           | 7,0                 |                      | 3,0                                    |                                                | дам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.                                                                                                                                                                                                              |                                                                                            |
|                                                                                                            | Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:                 | 16,0                      | 6,0                 |                      | 27,0                                   |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | реферат, эссе (тема)                                          |                           |                     |                      |                                        |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | расчётно-графическая работа (РГР)                             |                           |                     |                      |                                        |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | контрольная работа                                            |                           |                     |                      |                                        |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | Итого по 1 разделу                                            | 10,0                      | 21,0                | -                    | 27,0                                   |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
| ПКС-1<br>ИПКС-1.1<br>ИПКС-1.2                                                                              | Раздел 2. Полупроводниковые приборы СВЧ                       |                           |                     |                      |                                        |                                                | Диагностический безопасный контроль, лучше взаимоконтроль; При изучении нового материала - слайд показ. Совместно с натурным экспериментом создают единую активную познавательную среду, в которой преподаватель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. | Электронный конспект лекций: «Электронные СВЧ и квантовые приборы» (трудоемкость 150 час.) |
|                                                                                                            | Тема 2.1. Генераторы и усилители на лавинно-пролетных диодах  | 3,0                       |                     |                      | 5,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | Тема 2.2. Генераторы и усилители на диодах Ганна.             | 3,0                       |                     |                      | 4,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | Тема2.3.Акустоэлектронные полупроводниковые усилители на ПАВ  | 2,0                       |                     |                      | 4,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:                 | 13,0                      |                     |                      | 13,0                                   |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | реферат, эссе (тема)                                          |                           |                     |                      |                                        |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | расчётно-графическая работа (РГР)                             |                           |                     |                      |                                        |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | контрольная работа                                            |                           |                     |                      |                                        |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|                                                                                                            | Итого по 2 разделу                                            | 8,0                       |                     |                      | 13,0                                   |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
| ПКС-1<br>ИПКС-1.1<br>ИПКС-1.2                                                                              | Раздел 3. Квантовые приборы                                   |                           |                     |                      |                                        |                                                | 1. Диагностический безопасный контроль, лучше взаимоконтроль;                                                                                                                                                                                                                                                                         | Электронный конспект лекций: «Электрон-                                                    |
|                                                                                                            | Тема 3.1. Квантовые генераторы оптического диапазона. Класси- | 2,0                       |                     |                      | 5,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4] |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты освоения: код УК;<br>ПКС и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем                                                                                              | Виды учебной работы (час) |                     |                      |                                        | Вид СРС                                                               | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий                                                                                                                                       | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                            |                                                                                                                         | Контактная работа         |                     |                      | Самостоятельная работа студентов (час) |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
|                                                                                                            |                                                                                                                         | Лекции                    | Лабораторные работы | Практические занятия |                                        |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
| ИПКС-1.3                                                                                                   | фикация ОКГ                                                                                                             |                           |                     |                      |                                        |                                                                       | 2.Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;<br>3. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.                                                                       | ные СВЧ и квантовые приборы» (трудоемкость 150 час.)                                       |
|                                                                                                            | Тема 3.2. Газовые ОКГ. Конструкция. Характеристики. Энергетическая диаграмма.                                           | 3,0                       |                     |                      | 4,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]                        |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
|                                                                                                            | Тема 3.3 Твердотельные ОКГ. Конструкция. Характеристики. Энергетическая диаграмма                                       | 3,0                       |                     |                      | 5,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4] [6.2.2],               |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
|                                                                                                            | Тема 3.4 Полупроводниковые ОКГ. Конструкция. Характеристики. Энергетическая диаграмма                                   | 2,0                       |                     |                      | 5,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]               |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
|                                                                                                            | Лабораторная работа 4. Изучение гелий-неонового лазера.                                                                 |                           | 7,0                 |                      | 4,0                                    | Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3] |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
|                                                                                                            | Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:                                                                           | 19,0                      | 4,0                 |                      | 23,0                                   |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
|                                                                                                            | расчётно-графическая работа (РГР)                                                                                       |                           |                     |                      |                                        |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
|                                                                                                            | контрольная работа                                                                                                      |                           |                     |                      |                                        |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
|                                                                                                            | Итого по 3 разделу                                                                                                      | 10,00                     | 7,00                | -                    | 23,00                                  |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
| ПКС-1<br>ПКС-1.1<br>ПКС-1.2                                                                                | Раздел 4. Модуляция и детектирование оптического излучения ОКГ.                                                         |                           |                     |                      |                                        |                                                                       | 1. Диагностический безоперационный контроль, лучше взаимоконтроль;<br>2.Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;<br>3. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами. | Электронный конспект лекций: «Электронные СВЧ и квантовые приборы» (трудоемкость 150 час.) |
|                                                                                                            | Тема 4.1. Модуляция излучения ОКГ с помощью оптических модуляторов. Эффекты Керра и Поппельса и их использование для АМ | 4,0                       |                     |                      | 3,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]                        |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
|                                                                                                            | Тема 4.2. Детектирование промодулированного излучения ОКГ                                                               | 2,0                       |                     |                      | 3,0                                    | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]                        |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |
|                                                                                                            | Лабораторная работа 5. Изуче-                                                                                           |                           | 6,0                 |                      | 3,0                                    | Подготовка к лабора-                                                  |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты осво-<br>ения: код УК;<br>ПКС и индикато-<br>ры достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем                          | Виды учебной работы (час) |                             |                                |                                                  | Вид СРС                                               | Наименование исполь-<br>зуемых активных и<br>интерактивных образо-<br>вательных технологий | Наименование<br>разработанного<br>Электронного<br>курса (трудоем-<br>кость в часах) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                         |                                                     | Контактная работа         |                             |                                | Самостоятель-<br>ная работа сту-<br>дентов (час) |                                                       |                                                                                            |                                                                                     |
|                                                                                                                         |                                                     | Лекции                    | Лабора-<br>торные<br>работы | Практиче-<br>ские заня-<br>тия |                                                  |                                                       |                                                                                            |                                                                                     |
|                                                                                                                         |                                                     |                           |                             |                                |                                                  |                                                       |                                                                                            |                                                                                     |
|                                                                                                                         | ние амплитудного модулятора на<br>эффекте Поккельса |                           |                             |                                |                                                  | торным занятиям [6.1.1],<br>[6.1.4], [6.2.2], [6.2.3] |                                                                                            |                                                                                     |
|                                                                                                                         | Самостоятельная работа по<br>освоению 4 раздела:    | 6,0                       | 3,0                         |                                | 9,0                                              |                                                       |                                                                                            |                                                                                     |
|                                                                                                                         | расчётно-графическая работа<br>(РГР)                |                           |                             |                                |                                                  |                                                       |                                                                                            |                                                                                     |
|                                                                                                                         | контрольная работа                                  |                           |                             |                                |                                                  |                                                       |                                                                                            |                                                                                     |
|                                                                                                                         | Итого по 4 разделу                                  | 6,00                      | 6,00                        | -                              | 9,00                                             |                                                       |                                                                                            |                                                                                     |
|                                                                                                                         | ИТОГО ЗА СЕМЕСТР                                    | 34,00                     | 34,00                       |                                | 72,00                                            |                                                       |                                                                                            |                                                                                     |
|                                                                                                                         | ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ                                 | 34,00                     | 34,00                       |                                | 72,00                                            |                                                       |                                                                                            |                                                                                     |

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам лабораторных работ и примеры заданий для контрольных работ.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета в 8 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

| Шкала оценивания | Контрольная неделя  | Зачет   |
|------------------|---------------------|---------|
| $40 < R \leq 50$ | Отлично             | зачет   |
| $30 < R \leq 40$ | Хорошо              |         |
| $20 < R \leq 30$ | Удовлетворительно   |         |
| $0 < R \leq 20$  | Неудовлетворительно | незачет |

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по «зачет», «незачет».

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                   | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                   | Критерии оценивания результатов обучения                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                        | Оценка<br>«неудовлетворительно»<br>/ «не зачтено»<br>0-59%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля                                                    | Оценка<br>«удовлетворительно» /<br>«зачтено»<br>60-74%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля                                                                                                                                       | Оценка<br>«хорошо» /<br>«зачтено»<br>75-89%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля                                                                                                                                                          | Оценка<br>«отлично» /<br>«зачтено»<br>90-100%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля                                                                                                                                                         |
| ПКС-1. Способен проводить разработку методов, алгоритмов приема, передачи и обработки сигналов, выполнять моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществлять тестирование радиоэлектронных комплексов с использованием современных аппаратных и программных средств | ИПКС-1.1 Разрабатывает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах, владеет технологией автоматической обработки информации | Не знает современные тенденции и перспективы развития электронных СВЧ и квантовых приборов, а также методы и алгоритмы их моделирования                | Знает современные тенденции и перспективы развития электронных СВЧ и квантовых приборов.<br>Слабо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.                                                           | Знает современные тенденции и перспективы развития электронных СВЧ и квантовых приборов.<br>Хорошо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.                                                                  | Знает современные тенденции и перспективы развития техники СВЧ и антенн.<br>Отлично знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ИПКС-1.2. Выполняет математическое моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществляет тестирование аппаратного и программного обеспечения радиоэлектронных комплексов.    | Не умеет осуществлять расчеты характеристик электронных СВЧ и квантовых приборов, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования. | Умеет осуществлять расчеты характеристик электронных СВЧ и квантовых приборов, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования<br>Слабо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний. | Умеет осуществлять расчеты характеристик устройств техники СВЧ и квантовых приборов, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования.<br>Хорошо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний. | Умеет осуществлять расчеты характеристик устройств техники СВЧ и квантовых приборов, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования.<br>Отлично знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний. |

Таблица 7 – Критерии оценивания

| Оценка                                           | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Высокий уровень<br>«5»<br>(отлично)              | оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. |
| Средний уровень<br>«4»<br>(хорошо)               | оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.                                                              |
| Пороговый уровень<br>«3» (удовлетворительно)     | оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.        |
| Минимальный уровень<br>«2» (неудовлетворительно) | оценку <b>«неудовлетворительно»</b> заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.                                                                                                     |

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

| № п/п  | Автор(ы)                                 | Заглавие                                        | Издательство, год издания                                        | Назначение, вид издания, гриф                                        | Кол-во экз. в библиотеке |
|--------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 6.1.1. | В.И. Дудкин, Л.Н. Пахомов                | Квантовая электроника. Приборы и их применение  | М.: Техносфера 2009                                              | Учебник для вузов                                                    | 15                       |
| 6.1.2. | М.В. Агапов и др. под ред. И.В. Лебедева | Генераторы и усилители СВЧ                      | М.: Радиотехника, 2005                                           | Учебник для вузов                                                    | 30                       |
| 6.1.3. | В.А. Мальшев                             | Основы квантовой электроники и лазерной техники | М.: Высшая школа, 2005                                           | Учебное пособие                                                      | 74                       |
| 6.1.4. | Э.А. Ермилов, Е.П. Тимофеев              | Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы     | Н. Новгород, Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева 2007. | Учебно-методическое пособие. Комплекс учебно-методических материалов | 165                      |

## 6.2. Справочно-библиографическая литература

| № п/п  | Автор(ы)                                  | Заглавие                                          | Издательство, год издания | Назначение, вид издания, гриф | Кол-во экз. в библиотеке |
|--------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 6.2.1. | В.М. Березин и др.                        | Электронные приборы СВЧ                           | М.: Высшая школа, 1985    | Учебник для вузов             | 75                       |
| 6.2.2. | Д.Н. Федоров, Л.М. Андрушко               | Электронные и квантовые приборы СВЧ               | М.: Атомиздат, 1981       | Учебник для вузов             | 5                        |
| 6.2.3. | В.А. Бажилов и др / под ред. Г.И. Шишкова | Устройства СВЧ и КВЧ в радиоизмерительной технике | Н. Новгород: НГТУ, 2015   | Учебное пособие               | 15                       |
| 6.2.4. | Л.М. Андрушко, В.М. Бурмистенко           | Электронные и квантовые приборы СВЧ               | М.: Связь, 1981           | Учебник для вузов             | 5                        |

## 6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Электронные СВЧ и квантовые приборы» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Электронные СВЧ и квантовые приборы».

6.3.2. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Электронные СВЧ и квантовые приборы». Общие требования и правила оформления отчета

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Электронные СВЧ и квантовые приборы»

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.



7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

| № | Наименование ЭБС     | Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС                            |
|---|----------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Консультант студента | <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a> |
| 2 | Лань                 | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>               |
| 3 | Юрайт                | <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>         |

В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| № | Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы | Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)                  |
|---|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                                                           | 3                                                                                                             |
| 1 | База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ                           | <a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a> |
| 2 | Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем     | <a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>                           |

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

| № | Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | ЭБС «Консультант студента»                                                                     | озвучка книг и увеличение шрифта                                                                        |
| 2 | ЭБС «Лань»                                                                                     | специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации  |
| 3 | ЭБС «Юрайт»                                                                                    | версия для слабовидящих                                                                                 |

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 - 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

Лабораторные работы проводятся в 1 корпусе в оснащённой необходимым оборудованием лаборатории: аудитория 1220. Лаборатория «Электронные СВЧ и квантовые приборы» - 5 лабораторных работ:

- 1) комплект устройств для изучения параметров и характеристик отражательного клистрона;
- 2) комплект устройств для изучения параметров и характеристик усилителя на лампе бегущей волны;
- 3) комплект устройств для изучения параметров и характеристик магнетронного генератора;
- 4) комплект устройств для изучения принципа действия и характеристик гелий – неоновых лазеров;
- 5) комплект устройств для изучения конструкций, принципа действия и характеристик амплитудного модулятора на эффекте Поккельса.

Лаборатория «Электронные СВЧ и квантовые приборы» (ауд.1220) имеет пять комбинированных лабораторных установок, включающих в себя:

- 1) макеты лабораторных работ;
- 2) генераторы: ГЧ -37А, Г4-83, Г3-53;
- 3) частотомеры: ЧЗ-46, ЧЗ-54;
- 4) источники питания Б5-32;
- 5) измеритель мощности МЗ-10А;
- 6) осциллографы: С1-57, С1-69, С1-114;
- 7) усилитель СВЧ УКЗ-20;
- 8) импульсный вольтметр В4-18;
- 9) вольтметр В7-40;
- 10) лазер газовый ЛГ – 70.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

На лекциях, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам

проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom. Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется бально - рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4) . Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам;
- блиц-опрос на лекциях;

### **11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ**

Контрольные вопросы для лабораторных работ приведены в учебно-методических пособиях по проведению лабораторных работ.

### **11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачета**

#### **11.2.1. Вопросы к зачету, проводимому по окончании восьмого семестра**

1. Достоинства и недостатки ЭП СВЧ по сравнению с лампами и транзисторами СВЧ.

2. Для чего в ЭП СВЧ используется модуляция электронного пучка по скорости и какими способами, в каких устройствах?
3. Принцип устройства и работы усилительного пролетного клистрона (ПК).
4. Назначение промежуточных резонаторов в многорезонаторном ПК. Каковы его преимущества
5. Устройство и принцип работы отражательного клистрона (ОК).
6. Почему в ОК существуют зоны генерации при разных напряжениях отражателя?
7. Почему в любой зоне генерации ОК частота генерации будет возрастать при увеличении по модулю напряжения на отражателе? Почему в любой зоне генерации ОК при небольшом увеличении ускоряющего напряжения  $U_0$  частота генерации уменьшается?
8. Устройство и принцип работы ЛБВ-О.
9. За счет изменения какой энергии электронов происходит увеличение амплитуды входного колебания? При каком условии в ЛБВ-О будет происходить усиление?
10. Устройство ЛБВ-О. Виды замедляющих систем.
11. Принцип устройства и работы магнетрона. За счет изменения какой энергии электронов происходит генерация?
12. Критический режим работы магнетрона. Парабола критического режима.
13. Чем магнетронный усилитель в виде амплитрона отличается от магнетрона?
14. Принцип построения генератора на ЛПД типа диода Рида. Электрическая схема включения.
15. Усилительный режим ЛПД, схема включения.
16. Сущность эффекта Ганна. Объяснить возникновение падающего участка на ВАХ ДГ.
17. Возможности усиления на ДГ, типы усилителей.
18. Принцип работы и устройство полупроводниковых акустоэлектронных усилителей на ПАВ. Достигнутые параметры.
19. По каким параметрам и какие можно составить классификации типов ОКГ?
20. Способы описания электромагнитного излучения. Квантово-волновой дуализм.
21. Квантовые переходы при взаимодействии с фотонами. Коэффициенты Эйнштейна.
22. Инверсия населенностей. Условия усиления в среде. Закон Бугера-Ломберта.
23. Принцип работы оптических квантовых усилителей и генераторов. Структурные схемы.
24. Особенности газовых ОКГ, роль вспомогательного газа для создания состояния инверсной населенности.
25. Особенности He-Ne ОКГ; селекция линии излучения на длине волны 0,63 мкм с помощью многослойных зеркал.
26. Варианты реализации газовых ОКГ на  $CO_2$ : с продольным и поперечным газовым разрядом и прокачкой рабочей смеси; герметичный вариант газоразрядной трубки.
27. Твердотельные ОКГ, особенности конструкции и оптической накачки.
28. Рубиновый и ниодимовые ОКГ, особенности, достигнутые параметры.
29. Импульсный режим работы лазера. Режим модулированной добротности. Гиганские импульсы.

30. Жидкостные ОКГ на органических красителях, особенности энергетической диаграммы.
31. Полупроводниковые ОКГ: способы получения инверсной населенности в гомо- и гетеро-«р»-«п»-переходах, объяснить с использованием понятия уровней Ферми.
32. Модуляция и детектирование оптического излучения
33. Охарактеризовать «внутренние» и «внешние» методы модуляции излучения ОКГ.
34. Механические и электрооптические затворы (ячейки Керра и Погкельса).
35. Различные эффекты воздействия на параметры излучения ОКГ: эффекты Керра, Погкельса, Фарадея, Коттона-Мутон
36. Применение эффектов Керра и Погкельса для построения АМ-модулятора излучения ОКГ.
37. Детектирование световых излучений с выделением модулирующего сигнала диапазона СВЧ (фотоклистрон, фото-ЛБВ).
38. Применение излучений ОКГ.

### 11.3. Типовые задания для текущего контроля

Задание 1.

Где и почему находят применение ЭП СВЧ, а где – КП?

Задание 2. Для чего в ЭП СВЧ используется модуляция электронного пучка по скорости и какими способами, в каких устройствах?

Задание 3.

Чем и как можно отрегулировать оптимальный коэффициент усиления и требуемую выходную мощность в ЛБВ-О?

Задание 4.

Почему в рабочих характеристиках магнетрона генерируемая мощность, электронный КПД и частота нелинейно зависят от тока?

Задание 5.

Согласно закона Бугера-Ломберта, изобразить изменение интенсивности волны при прохождении через среду в случаях: 1. Поглощения; 2. Усиления; 3. Просветления.

Задание 6.

Изобразить и пояснить энергетическую диаграмму гелия и неона (газовый лазер).

Задание 7. Пояснить механизм (изобразить графически) получения «Гиганских импульсов» с использованием электрооптического затвора.

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ИРИТ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

« \_\_\_\_\_ »  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр – название} \_\_\_\_\_

Направленность: \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_

Семестр \_\_\_\_\_

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) .....

2) .....

3) .....

Разработчик (и): \_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.