



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»

**Общий факультет (Фрязино)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала РТУ МИРЭА в г.  
Фрязино

\_\_\_\_\_ Макарова Л.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
Основы теории радиоэлектронных устройств**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Читающее подразделение | <b>базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств</b> |
| Направление            | <b>11.04.03 Конструирование и технология электронных средств</b>                       |
| Направленность         | <b>Конструирование и технология радиоэлектронных средств</b>                           |
| Квалификация           | <b>магистр</b>   |
| Форма обучения         | <b>очная</b>   |
| Общая трудоемкость     | <b>3 з.е.</b>  |

**Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам**

| Семестр | Зачётные единицы | Распределение часов |        |              |              |                        |  |          | Формы промежуточной аттестации |
|---------|------------------|---------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|--|----------|--------------------------------|
|         |                  | Всего               | Лекции | Лабораторные | Практические | Самостоятельная работа | Контактная работа в период практики и (или) аттестации | Контроль |                                |
| 1       | 3                | 108                 | 16     | 0            | 16           | 40                     | 2,35   | 33,65    | Экзамен                        |

Рабочая программа дисциплины  
**Основы теории радиоэлектронных устройств**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 956)

составлена на основании учебного плана:

направление: 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств

направленность: «Конструирование и технология радиоэлектронных средств»

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств**

Протокол от 30.08.2021 № 1

Зав. кафедрой Щербаков Сергей Владиленович \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

**базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2022 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись

Расшифровка подписи

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

**базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2023 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись

Расшифровка подписи

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры

**базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2024 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись

Расшифровка подписи

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры

**базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Подпись

Расшифровка подписи

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Основы теории радиоэлектронных устройств» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций, предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств с учетом специфики направленности подготовки – «Конструирование и технология радиоэлектронных средств».

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

|                     |   |
|---------------------|---|
| Направление:        | 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств |
| Направленность:     | Конструирование и технология радиоэлектронных средств     |
| Блок:               | Дисциплины (модули)                                       |
| Часть:              | Обязательная часть  |
| Общая трудоемкость: | 3 з.е. (108 акад. час.).                                  |

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями:

**УК-1** - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий

**ОПК-1** - Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора

**ОПК-2** - Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы

**ОПК-4** - Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

**УК-1** : Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий

**УК-1.1** : Осваивает методы системного и критического анализа, методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации

**Знать:**

- Термины и определения в области РЭА СВЧ

**Уметь:**

- Классифицировать РЭУ СВЧ по различным критериям: функциональному, конструктивному и т.п.

**Владеть:**

- Навыками технического описания РЭУ в ТЗ, ТУ, техотчете и т.п.

**УК-1.2** : Применяет методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций, разрабатывает стратегию действий, принимает конкретные решения для ее реализации.

**Знать:**

- Основные технические характеристики РЭУ СВЧ

**Уметь:**

- Проводить оптимизационные инженерные расчеты характеристик РЭУ

**Владеть:**

- Системным подходом к заданию технических характеристик РЭУ в соответствии с требованиями назначения

**ОПК-1 : Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора**

**ОПК-1.1 : Осваивает тенденции и перспективы развития конструкций и технологий электронных средств, а также смежных областей науки и техники**

**Знать:**

- Историю науки и техники в области РЭУ СВЧ

**Уметь:**

- Проводить исторические параллели для оценки технических решений и прогнозирования трендов развития науки и техники применительно к РЭУ СВЧ

**Владеть:**

- Методологией исследования и разработки конструкций и технологий РЭУ СВЧ

**ОПК-1.2 : Использует передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности**

**Знать:**

- Роль и место основных типов РЭУ в РЭС в соответствии с уровнями разукрупнения

**Уметь:**

- Классифицировать РЭУ и декомпозировать их на составные части

**Владеть:**

- Формированием системы основных электрических параметров входящих узлов, модулей и блоков РЭУ для обеспечения ТТХ современных РЭС СВЧ

**ОПК-1.3 : Применяет передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности**

**Знать:**

- Методы обеспечения и подтверждения заданной надежности РЭУ

**Уметь:**

- Проводить априорную и апостериорную оценку надежности РЭУ

**Владеть:**

- Методологией надежность-ориентированного проектирования РЭУ

**ОПК-2 : Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы**

**ОПК-2.1 : Осваивает методы синтеза и исследования физических и математических моделей**

**Знать:**

- Физические основы фазовых и амплитудных шумов РЭУ

**Уметь:**

- Моделировать уровни фазовых и амплитудных шумов в РЭУ

**Владеть:**

- Методологией проектирования РЭУ с требованиями по фазовым и амплитудным шумам

**ОПК-2.2 : Адекватно ставит задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования**

**Знать:**

- Прикладные аспекты оптимальной фильтрации сигналов в приемных и передающих трактах

РЭУ

**Уметь:**

- Оценивать параметры частотно-избирательных элементов тракта

**Владеть:**

- Методологией построения приемных и передающих трактов РЭУ с заданными требованиями по избирательности, неравномерности АЧХ, линейности ФЧХ

**ОПК-2.3 : Применяет навыки методологического анализа научного исследования и его результатов**

**Знать:**

- Физические аспекты и аппаратурную реализацию амплитудно-фазовой модуляции сигналов на СВЧ

**Уметь:**

- Моделировать характеристики модулей АФАР в зависимости от требований назначения

**Владеть:**

- Навыками схмотехнического проектирования модулей АФАР с учетом конструктивной реализуемости и технико-экономической эффективности

**ОПК-4 : Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач**

**ОПК-4.1 : Осваивает методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронных средств с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств**

**Знать:**

- Принципы построения приемных и передающих трактов РЭУ

**Уметь:**

- Строить диаграмму уровней, оценивать чувствительность по формуле Фрииса

**Владеть:**

- Методологией проектирования приемных и передающих трактов РЭУ с заданными характеристиками по динамическому диапазону и чувствительности

**ОПК-4.2 : Осуществляет выбор наиболее оптимальных прикладных программных пакетов для решения соответствующих задач научной и образовательной деятельности**

**Знать:**

- Физические и математические принципы образования побочных каналов приема

**Уметь:**

- Оценивать уровни побочных каналов приема

**Владеть:**

- Методологией построения РЭУ с заданным уровнем ПКП

**ОПК-4.3 : Применяет современные программные средства (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и электронных устройств различного функционального назначения**

**Знать:**

- Физические и математические основы и закономерности многосигнального режима работы РЭУ

**Уметь:**

- Моделировать параметры двухсигнального режима работы РЭУ

**Владеть:**

- Методологией проектирования приемных и передающих РЭУ с заданными требованиями по интермодуляционным искажениям

**В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН****Знать:**

- Роль и место основных типов РЭУ в РЭС в соответствии с уровнями разукрупнения
- Принципы построения приемных и передающих трактов РЭУ
- Физические основы фазовых и амплитудных шумов РЭУ
- Прикладные аспекты оптимальной фильтрации сигналов в приемных и передающих трактах РЭУ
- Методы обеспечения и подтверждения заданной надежности РЭУ
- Физические аспекты и аппаратурную реализацию амплитудно-фазовой модуляции сигналов на СВЧ
- Историю науки и техники в области РЭУ СВЧ
- Физические и математические основы и закономерности многосигнального режима работы РЭУ
- Термины и определения в области РЭА СВЧ
- Основные технические характеристики РЭУ СВЧ
- Физические и математические принципы образования побочных каналов приема

**Уметь:**

- Оценивать параметры частотно-избирательных элементов тракта
- Строить диаграмму уровней, оценивать чувствительность по формуле Фрииса
- Моделировать характеристики модулей АФАР в зависимости от требований назначения
- Оценивать уровни побочных каналов приема
- Моделировать параметры двухсигнального режима работы РЭУ
- Моделировать уровни фазовых и амплитудных шумов в РЭУ
- Проводить оптимизационные инженерные расчеты характеристик РЭУ
- Классифицировать РЭУ и декомпозировать их на составные части
- Проводить априорную и апостериорную оценку надежности РЭУ
- Проводить исторические параллели для оценки технических решений и прогнозирования трендов развития науки и техники применительно к РЭУ СВЧ
- Классифицировать РЭУ СВЧ по различным критериям: функциональному, конструктивному и т.п.

**Владеть:**

- Методологией проектирования приемных и передающих РЭУ с заданными требованиями по интермодуляционным искажениям
- Системным подходом к заданию технических характеристик РЭУ в соответствии с требованиями назначения
- Навыками технического описания РЭУ в ТЗ, ТУ, техотчете и т.п.
- Методологией построения РЭУ с заданным уровнем ПКП
- Методологией проектирования приемных и передающих трактов РЭУ с заданными характеристиками по динамическому диапазону и чувствительности
- Методологией построения приемных и передающих трактов РЭУ с заданными требованиями по избирательности, неравномерности АЧХ, линейности ФЧХ
- Методологией надежно-ориентированного проектирования РЭУ
- Методологией проектирования РЭУ с требованиями по фазовым и амплитудным шумам
- Методологией исследования и разработки конструкций и технологий РЭУ СВЧ
- Навыками схмотехнического проектирования модулей АФАР с учетом конструктивной реализуемости и технико-экономической эффективности
- Формированием системы основных электрических параметров входящих узлов, модулей и блоков РЭУ для обеспечения ТТХ современных РЭС СВЧ

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

| Код занятия         | Наименование разделов и тем /вид занятия/  | Сем. | Часов | Компетенции  |
|---------------------|--|------|-------|--|
| <b>1. заполнить</b> |  |      |       |  |
| 1.1                 | <p><b>Лекция 1 (Лек).</b> Введение в курс: исторические аспекты применения РЭУ в составе других РЭС (систем и комплексов). Место РЭУ в РЭС в соответствии с уровнями разукрупнения. Определения, понятия. СВЧ, РЭС, уровни разукрупнения. ГОСТ Р 52003-2003. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств. Термины и определения. ГОСТ Р51676-2000. ГОСТ 23221-78 Модули СВЧ, блоки СВЧ. Термины, определения и буквенные обозначения. Системы основных электрических параметров входящих узлов, модулей и блоков и их взаимосвязь с ТТХ современных РЭС СВЧ.</p> <p>От уровня разукрупнения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- системы;</li> <li>- комплексы;</li> <li>- устройства.</li> </ul> <p>Основные типы РЭУ: передающие, приемные, приемопередающие. Примеры, характеристики. Особенности.</p> <p>Классификация РЭУ СВЧ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Наземные и бортовые.</li> </ul> <p>По габаритам и массе – стационарные, возимые, носимые, портативные, микроминиатюрные.</p> <p>По элементной базе – вакуумные, комплексированные, твердотельные.</p> <p>По функциональному назначению –РЛС, РПД, радионавигация, радиосвязь, измерительная техника, приборы для научных исследований, промышленная электроника.</p> | 1    | 2     | УК-1.1, УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-2.1                             |
| 1.2                 | <p><b>Лекция 2 (Лек).</b> Некоторые аспекты разработки производства РЭУ СВЧ в современных условиях. Характеристики и взаимосвязь основных стадий жизненного цикла РЭС СВЧ в зависимости от предполагаемого объема производства, конструктивной и технологической сложности. Особенности изделий массового, единичного производства и комплексированных изделий. Технико-экономическая эффективность. Технология производства современных РЭУ СВЧ. Автоматизация, унификация и технологичность.</p>   | 1    | 2     | УК-1.2, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3 |



|     |   |   |   |  |
|-----|---|---|---|--|
| 1.3 | <p><b>Лекция 3 (Лек).</b> Особенности методов задания, обеспечения и подтверждения надежности РЭУ СВЧ от уровня разукрупнения и требований ремонтпригодности;</p> <p>от требуемой надежности и других специальных требований (отбраковочные испытания, резервирование и т.п.);</p> <p>от элементной базы (вакуумные, твердотельные и комплексированные);</p> <p>от объема выпуска и стоимости образца (априорные и апостериорные методы подтверждения соответствия требованиям).</p> <p>Методы обеспечения надежности.</p> <p>Конструктивные особенности современных РЭС СВЧ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- от климатического исполнения;</li> <li>- от размещения;</li> <li>- от требуемой надежности и других специальных требований;</li> <li>- от элементной базы и технологии изготовления.</li> </ul> <p>Отбраковочные технологические испытания: назначение, состав, эффективность.</p> <p>Априорные и апостериорные методы подтверждения надежности. Схема расчета надежности сложных РЭУ, ремонтпригодность, резервирование. Исходные данные для расчета надежности. Апостериорные методы для РЭУ мелкосерийного выпуска.</p> | 1 | 2 | УК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1                            |
| 1.4 | <p><b>Лекция 4 (Лек).</b> Приемные РЭУ. Узкополосные и широкополосные. Импульсные и непрерывные. Типовые структуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прямое усиление;</li> <li>- супергетеродин;</li> <li>- двукратное (многократное) преобразование частоты в т.ч. инфрадин.</li> </ul> <p>Понятие о диаграмме уровней, чувствительности и ДД. Побочные каналы приема. Многосигнальный режим приема. Реальный динамический диапазон. Физический смысл и взаимосвязь основных параметров. Радиопротиводействие, пассивная радиолокация и особенности построения широкополосных СВЧ – пеленгаторов. Типовые структурные схемы. Примеры реализации.</p>   | 1 | 2 | УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-2.3, ОПК-4.1, ОПК-4.3                   |
| 1.5 | <p><b>Лекция 5 (Лек).</b> Передающие РЭУ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- мощные,</li> <li>- широкополосные,</li> <li>- импульсные и непрерывные,</li> <li>- линейные и т.п.</li> </ul> <p>Типовые структуры. Особенности системы параметров передающих РЭУ для радиолокации и радиосвязи. Многосигнальный режим работы. Комплексированные изделия СВЧ. Примеры реализации.</p>  | 1 | 2 | УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-4.2, ОПК-4.1, ОПК-4.3 |

|     |  |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|
| 1.6 | <p><b>Лекция 6 (Лек).</b> Приемопередающие РЭУ. Системы основных электрических параметров входящих узлов, модулей и блоков и их взаимосвязь с ТТХ современных РЭС СВЧ. Приемопередающие РЭУ импульсного режима. Некогерентные, когерентные для импульсных и импульсно-доплеровских РЛС. Приемопередающие РЭУ непрерывного режима для радиолокации. Гомодинные и гетеродинные одно- и двухантенные РЛС. Зависимость энергетического потенциала от схемотехники РЛС и шумовых параметров генераторов. Приемопередающие РЭУ непрерывного режима для радиосвязи. Временное, частотное разделение приема-передачи. Сверхширокополосные, многоканальные и т.п. Шаблон фазовых шумов, требования по неравномерности АЧХ, линейности ФЧХ и уровню интермодуляционных искажений в трактах современных высокоскоростных средств связи.</p> | 1 | 2 | УК-1.1, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2 |
| 1.7 | <p><b>Лекция 7 (Лек).</b> Фазированные решетки – основной тренд развития радиоэлектроники: ФАР, АФАР, ЦАФАР. Принцип действия, сходство и различия. Понятие о принципах построения модулей фазированных решеток. Способы амплитудной и фазовой (векторной) модуляции сигналов. Принцип I/Q модуляции. Системы основных электрических параметров входящих узлов, модулей и блоков и их взаимосвязь с ТТХ современных РЭС СВЧ.</p>   | 1 | 2 | УК-1.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2, ОПК-2.3          |
| 1.8 | <p><b>Лекция 8 (Лек).</b> Широкополосные и высокостабильные генераторы СВЧ. Синтезаторы прямого, косвенного синтеза и комбинированные схемы с DDS. РЭУ СВЧ мм- и субмм- диапазонов длин волн. Приборы для научных исследований. Особенности РЭС субмм диапазона для СВЧ – спектроскопии, радиоастрономии и т.п.. Особенности конструкции и технологии. Перспективы. Коммерциализация радиоэлектроники и новые требования к РЭУ. Перспективы развития:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- промышленная электроника; радиолокационные датчики, активные и пассивные системы контроля доступа и т.п.</li> <li>- терагерцовая радиоспектроскопия – «электронный нос»;</li> <li>- «умная» среда обитания и электронные «помощники».</li> </ul> <p>Заключение по курсу.</p>  | 1 | 2 | УК-1.1, ОПК-1.1, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-4.1, ОПК-4.2 |

|      |   |   |   |  |
|------|---|---|---|--|
| 1.9  | <p><b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br/> Введение в курс: исторические аспекты применения РЭУ в составе других РЭС (систем и комплексов). Место РЭУ в РЭС в соответствии с уровнями разукрупнения. Основные типы РЭУ. Примеры, характеристики. Особенности. Классификация РЭУ СВЧ. Примеры, характеристики. Особенности.<br/> Заслушивание и обсуждение презентаций магистрантов по теме занятия.</p>   | 1 | 2 | ОПК-1.1, ОПК-1.2                                     |
| 1.10 | <p><b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br/> Характеристики и взаимосвязь основных стадий жизненного цикла РЭС СВЧ в зависимости от предполагаемого объема производства, конструктивной и технологической сложности. Особенности изделий массового, единичного производства и комплексированных изделий. Технология производства современных РЭУ СВЧ. Заслушивание и обсуждение презентаций магистрантов по теме занятия.</p>   | 1 | 2 | ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3 |
| 1.11 | <p><b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br/> Особенности методов задания надежности РЭУ СВЧ. Методы обеспечения надежности. Конструктивные особенности современных РЭС СВЧ. Отбраковочные технологические испытания: назначение, состав, эффективность. Априорные и апостериорные методы подтверждения надежности. Схема расчета надежности сложных РЭУ, ремонтпригодность, резервирование. Исходные данные для расчета надежности. Апостериорные методы для РЭУ мелкосерийного выпуска.<br/> Заслушивание и обсуждение презентаций магистрантов по теме занятия.</p> | 1 | 2 | ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1                            |
| 1.12 | <p><b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br/> Приемные РЭУ. Узкополосные и широкополосные. Импульсные и непрерывные. Понятие о диаграмме уровней, чувствительности и ДД. Побочные каналы приема. Многосигнальный режим приема. Реальный динамический диапазон. Радиопротиводействие, пассивная радиолокация и особенности построения широкополосных СВЧ – пеленгаторов. Заслушивание и обсуждение презентаций магистрантов по теме занятия.</p>  | 1 | 2 | ОПК-1.1, ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-4.1                   |
| 1.13 | <p><b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br/> Передающие РЭУ. Особенности системы параметров, передающих РЭУ для радиолокации и радиосвязи. Комплексированные изделия СВЧ. Заслушивание и обсуждение презентаций магистрантов по теме занятия.</p>   | 1 | 2 | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3 |

|  |  |   |       |  |
|--|--|---|-------|--|
| 1.14   | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Приемопередающие РЭУ импульсного режима. Приемопередающие РЭУ непрерывного режима для радиолокации. Приемопередающие РЭУ непрерывного режима для радиосвязи. Заслушивание и обсуждение презентаций магистрантов по теме занятия.   | 1 | 2     | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-4.2, ОПК-4.1, ОПК-4.3 |
| 1.15   | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Фазированные решетки – основной тренд развития радиоэлектроники: ФАР, АФАР, ЦАФАР. Принцип действия, сходство и различия. Способы амплитудной и фазовой (векторной) модуляции сигналов. Заслушивание и обсуждение презентаций магистрантов по теме занятия.  | 1 | 2     | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.2, ОПК-2.3                   |
| 1.16   | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Широкополосные и высокостабильные генераторы СВЧ. Синтезаторы прямого, косвенного синтеза и комбинированные схемы с DDS. РЭУ СВЧ мм- и субмм- диапазонов длин волн. Особенности РЭС субмм диапазона для СВЧ – спектроскопии, радиоастрономии и т.п.. Особенности конструкции и технологии. Коммерциализация радиоэлектроники и новые требования к РЭУ. Перспективы развития. Заслушивание и обсуждение презентаций магистрантов по теме занятия. | 1 | 2     | УК-1.1, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-4.1, ОПК-4.2           |
| 1.17   | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>информационный поиск, анализ и систематизация научно-технических материалов по заданной теме. Разработка схем, структур и проведение инженерных расчетов по теме исследования. Оформление результатов работы и подготовка презентации.  | 1 | 40    |  |
| <b>2. Промежуточная аттестация (экзамен)</b> |  |   |       |  |
| 2.1  | <b>Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (Экзамен).</b>  | 1 | 33,65 |  |
| 2.2  | <b>Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).</b>  | 1 | 2,35  |  |

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 5.1. Перечень компетенций

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Основы теории радиоэлектронных устройств», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы

### 5.2. Типовые контрольные вопросы и задания

#### 5.1.1. Типовые контрольные вопросы и задания

1. Исторические аспекты применения РЭУ в составе других РЭС (систем и комплексов).
2. Место РЭУ в РЭС в соответствии с уровнями разукрупнения.
3. Основные типы РЭУ. Примеры, характеристики, особенности.
4. Классификация РЭУ СВЧ.
5. Характеристики и взаимосвязь основных стадий жизненного цикла РЭС СВЧ в

зависимости от предполагаемого объема производства, конструктивной и технологической сложности.

6. Особенности изделий массового, единичного производства и комплексированных изделий.
7. Технология производства современных РЭУ СВЧ.
8. Особенности методов задания надежности РЭУ СВЧ.
9. Методы обеспечения надежности.
10. Конструктивные особенности современных РЭС СВЧ.
11. Отбраковочные технологические испытания: назначение, состав, эффективность.
12. Априорные и апостериорные методы подтверждения надежности.
13. Схема расчета надежности сложных РЭУ, ремонтпригодность, резервирование.
14. Исходные данные для расчета надежности.
15. Апостериорные методы для РЭУ мелкосерийного выпуска.
16. Приемные РЭУ (узкополосные и широкополосные).
17. Приемные РЭУ (импульсные и непрерывные).
18. Понятие о диаграмме уровней, чувствительности и ДД.
19. Побочные каналы приема.
20. Многосигнальный режим приема.
21. Реальный динамический диапазон.
22. Радиопротиводействие, пассивная радиолокация и особенности построения широкополосных СВЧ – пеленгаторов.
23. Передающие РЭУ.
24. Особенности системы параметров, передающих РЭУ для радиолокации и радиосвязи.
25. Комплексированные изделия СВЧ.
26. Приемопередающие РЭУ импульсного режима.
27. Приемопередающие РЭУ непрерывного режима для радиолокации.
28. Приемопередающие РЭУ непрерывного режима для радиосвязи.
29. Фазированные решетки – основной тренд развития радиоэлектроники: ФАР, АФАР, ЦАФАР. Принцип действия, сходство и различия.
30. Способы амплитудной и фазовой (векторной) модуляции сигналов.
31. Широкополосные и высокостабильные генераторы СВЧ.
32. Синтезаторы прямого, косвенного синтеза и комбинированные схемы с DDS.
33. РЭУ СВЧ мм- и субмм- диапазонов длин волн.
34. Особенности РЭС субмм- диапазона для СВЧ – спектроскопии, радиоастрономии и т.п.. Особенности конструкции и технологии.
35. Коммерциализация радиоэлектроники и новые требования к РЭУ. Перспективы развития.

#### 5.1.2. Типовые контрольные задания

Темы презентаций:

1. Апостериорные методы для РЭУ мелкосерийного выпуска.
2. Отбраковочные технологические испытания: назначение, состав, эффективность.
3. Априорные и апостериорные методы подтверждения надежности.
4. Схема расчета надежности сложных РЭУ, ремонтпригодность, резервирование.
5. Побочные каналы приема.
6. Понятие о диаграмме уровней, чувствительности и ДД.
7. Многосигнальный режим приема.
8. Вентили, циркуляторы, коммутаторы.
9. Реальный динамический диапазон.
10. Радиопротиводействие, пассивная радиолокация и особенности построения широкополосных СВЧ – пеленгаторов.
11. Реальный динамический диапазон.
12. Фазовые и амплитудные шумы.
13. Диаграмма уровня для двойного преобразования частоты.

14. Приемопередающие РЭУ импульсного режима.
15. Приемопередающие РЭУ непрерывного режима для радиолокации.
16. Приемопередающие РЭУ непрерывного режима для радиосвязи.
17. Фазированные решетки – основной тренд развития радиоэлектроники: ФАР, АФАР, ЦАФАР. Принцип действия, сходство и различия.
18. Способы амплитудной и фазовой (векторной) модуляции сигналов.
19. Широкополосные и высокостабильные генераторы СВЧ.
20. Синтезаторы прямого, косвенного синтеза и комбинированные схемы с DDS.
21. РЭУ СВЧ мм- и субмм- диапазонов длин волн.

### 5.1.3. Фонд оценочных материалов

Требования к презентации:

- 5-10 слайдов на 10 минут;
- текстовая составляющая не более 20% площади.

### 5.3. Фонд оценочных материалов

Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Наименование помещения  | Перечень основного оборудования  |
|---|--|
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации. |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся  | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.            |

### 6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.
2. Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

### 6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 6.3.1. Основная литература

1. Муромцев Д. Ю., Тюрин И. В., Белоусов О. А., Курносков Р. Ю. Проектирование функциональных узлов и модулей радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 252 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/169279>
2. Муромцев Д. Ю., Белоусов О. А., Тюрин И. В., Курносков Р. Ю. Конструирование блоков радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 288 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/113384>
3. Муромцев Д. Ю., Тюрин И. В., Белоусов О. А., Курносков Р. Ю. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 412 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/169286>
4. Муромцев Д. Ю., Тюрин И. В., Белоусов О. А., Курносков Р. Ю. Надежность радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 88 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/116368>

5. Безруков А. В., Смирнов В. В., Стукалова А. С., Сотникова Н. В. Проектирование радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2019. - 188 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/157074>

#### **6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. База данных Web of Science  
<http://www.webofknowledge.com>
2. Новостной и аналитический портал "Время электроники"  
<http://www.russianelectronics.ru>
3. Информационно-справочный портал научных публикаций отечественных и зарубежных авторов «Google Академия»  
  
<https://www.scholar.google.ru>
4. Электроника НТБ - научно-технический журнал  
  
<http://www.electronics.ru>
5. IEEE International Roadmap for Devices and Systems  
  
<https://www.irds.ieee.org>
6. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

#### **6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.

В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий, выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотренных учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведенных ниже.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию; до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия; в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения; в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к

преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изученную на занятии.

Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины приведены в составе образовательной программы.

## **6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Медиа материалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.





**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 3E71B80600020002CF46

Владелец: Макарова Людмила Александровна

Действителен с 21.09.2021 по 21.09.2022