

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.  
Н.И. Лобачевского»

---

Радиофизический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 года, № 6

## **Рабочая программа дисциплины**

«СВЧ узлы современных средств связи и  
радиолокации»

---

Уровень высшего образования  
**бакалавриат**

---

Направление подготовки / специальность  
**02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»**

---

Направленность образовательной программы  
**«Информационные системы и технологии»**

---

Квалификация (степень)  
**бакалавр**

---

Форма обучения  
**очная**

---

Нижний Новгород

2023

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «СВЧ узлы современных средств связи и радиолокации» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы (ООП) высшего профессионального образования (ВПО) по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» на радиофизическом факультете ННГУ.

Дисциплина изучается на четвертом курсе бакалавриата, в 8-ом семестре. Программа лекционного курса опирается на знания, которые студенты должны иметь в результате изучения содержания дисциплин «Электродинамика» и «Прикладная электродинамика».

**Целями освоения дисциплины «СВЧ узлы современных средств связи и радиолокации» являются:**

- изучение аналоговых СВЧ устройств, используемых в современных линиях связи;
- освоение физических основ теории, ознакомление с конструкциями и методами расчета элементов СВЧ трактов и устройств, обеспечивающих функционирование приборов и линий связи.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| <b>Формируемые компетенции</b><br>(Код компетенции, этап формирования)   | <b>Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций</b>  |
|--|---|
| <b>Профессиональные компетенции (ПК)</b>   |   |
| <b>ПК-1</b><br><br>Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам<br><br>(этап освоения - заключительный) | 1. <i>Знать</i> : особенности конструкции и работы основных элементов СВЧ узлов современных линий связи<br>2. <i>Знать</i> : задачи профессиональной деятельности по соответствующему направлению исследований  |
|  | 1. <i>Уметь</i> : анализировать физические аспекты теории и возможности ее использования для расчета электродинамических характеристик основных элементов СВЧ узлов современных линий связи<br>2. <i>Уметь</i> : собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям |

### 3. Структура и содержание дисциплины «СВЧ узлы современных средств связи и радиолокации»

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 23 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (22 часа – занятия лекционного типа, в том числе 1 час - мероприятия текущего контроля успеваемости, и 1 час - мероприятия промежуточной аттестации), 49 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

#### Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины.<br><br>Фрма промежуточной аттестации по дисциплине. | Всего (часы) |              |         | В том числе  |              |         |                      |              |         |                       |              |         |       |              |         | Самостоятельная работа обучающегося, часы |  |  |
|--|--------------|--------------|---------|--|--------------|---------|----------------------|--------------|---------|-----------------------|--------------|---------|-------|--------------|---------|---|--|--|
|  |              |              |         | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |              |         |                      |              |         |                       |              |         |       |              |         |   |  |  |
|  |              |              |         | Лекционного Занятия  |              |         | Семинарского Занятия |              |         | Лабораторного Занятия |              |         | Всего |              |         |   |  |  |
|  | Очное        | Очно-заочное | Заочное | Очное  | Очно-заочное | Заочное | Очное                | Очно-заочное | Заочное | Очное                 | Очно-заочное | Заочное | Очное | Очно-заочное | Заочное |   |  |  |
| Введение   | 8            |              | 2       |  |              |         |                      |              |         |                       |              | 2       |       |              | 6       |   |  |  |
| Волны в линиях передачи  | 18           |              | 6       |  |              |         |                      |              |         |                       |              | 6       |       |              | 12      |   |  |  |
| Резонаторы   | 14           |              | 4       |  |              |         |                      |              |         |                       |              | 4       |       |              | 10      |   |  |  |
| Элементы СВЧ цепей   | 31           |              | 10      |  |              |         |                      |              |         |                       |              | 10      |       |              | 21      |   |  |  |
| В т.ч.текущий контроль   | 1            |              | 1       |  |              |         |                      |              |         |                       |              | 1       |       |              | -       |   |  |  |
| Промежуточная аттестация - Зачет   |              |              |         |  |              |         |                      |              |         |                       |              |         |       |              |         |   |  |  |

#### Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение.

Предмет курса. Краткий исторический обзор становления электродинамики СВЧ узлов. Логическая структура курса, главные разделы.

Раздел 2. Волны в линиях передачи.

2.1. Общие свойства и основные типы волн в линиях передачи.

2.2. Граничные условия для различных типов волн в идеальной линии. Условие существования главной (ТЕМ) волны. Закрытые и открытые линии.

2.3. Дисперсионное уравнение. Волновые моды. Критическая частота. Длина волны, фазовая и групповая скорости. Волны в прямоугольном и круглом волноводах.

2.4. Затухание волн в линиях передачи.

2.5. Телеграфные уравнения для ТЕМ волн. Коаксиальная и микрополосковая линии.

2.6. Расчет отражений в линии. Формула преобразования импедансов. Согласование линии с нагрузкой.

2.7. Возбуждение линий передачи заданными источниками.

Раздел 3. Резонаторы.

3.1. Собственные электромагнитные колебания в идеальных полых резонаторах.

3.2. Затухание собственных колебаний в полых резонаторах.

3.3. Возбуждение резонатора заданными источниками.

3.4. Другие типы резонаторов. Описание на языке LC контуров.

Раздел 4. Элементы СВЧ цепей.

4.1. Четырехполосники в СВЧ цепях.

Волновые матрицы рассеяния и передачи.

4.2. Фильтры СВЧ.

Фильтры верхних частот (ФВЧ), фильтры нижних частот (ФНЧ), полосно-пропускающие (ППФ) и полосно-запирающие (ПЗФ) фильтры.

4.3. Многоплечные СВЧ узлы.

Y-тройник, двойной волноводный тройник.

4.4. Согласование СВЧ цепей. Широкополосное согласование.

4.5. Вентиль.

4.6. Циркуляторы.

Y-циркулятор, циркулятор на эффекте Фарадея.

4.7. Управляющие СВЧ-устройства.

Выключатели, коммутаторы, отражательные фазовращатели, проходные фазовращатели, аттенюаторы, ограничители мощности, модуляторы мощности и т.д.

4.8. Управляемые фильтры.

Перестраиваемые фильтры на ферритовых резонаторах.

4.9. Коммутационные диоды СВЧ.

4.10. Балансный модулятор и балансный смеситель.

4.11. Заключительные замечания. Некоторые наиболее интересные и перспективные современные тенденции в разработке и конструировании СВЧ устройств, основанные на успехах технологии изготовления новых электродинамических и электромеханических систем.

#### **4. Образовательные технологии**

Для реализации компетентного подхода и стимулирования самостоятельной работы обучающихся предусмотрено проведение интерактивных форм занятий в виде семинаров по современным проблемам радиофизики в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

#### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.

2. Еженедельно текст каждой прочитанной лекции предлагается студентам для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы.

3. Список вопросов для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Общие свойства и основные типы волн в линиях передачи.

2. Граничные условия для различных типов волн в идеальной линии. Условие существования главной (ТЕМ) волны. Закрытые и открытые линии.

3. Дисперсионное уравнение. Волновые моды. Критическая частота. Длина волны, фазовая и групповая скорости. Волны в прямоугольном и круглом волноводах.

4. Затухание волн в линиях передачи.

5. Телеграфные уравнения. Коаксиальная и микрополосковая линии.

6. Расчет отражений в линии. Формула преобразования импедансов. Согласование линии с нагрузкой.

7. Возбуждение линий передачи заданными источниками.
8. Собственные электромагнитные колебания в идеальных полых резонаторах.
9. Затухание собственных колебаний в полых резонаторах.
10. Возбуждение резонатора заданными источниками.
11. Другие типы резонаторов. Описание на языке LC контуров.
12. Четырехполосники в СВЧ цепях. Волновые матрицы рассеяния и передачи.
13. Фильтры верхних частот (ФВЧ), фильтры нижних частот (ФНЧ).
14. Полосно-пропускающие (ППФ) и полосно-запирающие (ПЗФ) фильтры.
15. Многоплечные СВЧ узлы. Y-тройник, двойной волноводный тройник.
16. Согласование СВЧ цепей. Широкополосное согласование.
17. Вентиль.
18. Циркуляторы. Y-циркулятор, циркулятор на эффекте Фарадея.
19. Управляющие СВЧ-устройства. Выключатели, коммутаторы.
20. Управляющие СВЧ-устройства. Отражательные фазовращатели, проходные фазовращатели.
21. Управляющие СВЧ-устройства. Аттенюаторы, ограничители и модуляторы мощности.
22. Управляемые фильтры. Перестраиваемые фильтры на ферритовых резонаторах.
23. Коммутационные диоды СВЧ.
24. Балансный модулятор и балансный смеситель.

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

**ПК-1:** Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам (*этап освоения – заключительный*)

| Индикаторы компетенции   | ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ  |  |
|--|--|--|
|  | Не зачтено   | Зачтено  |
| <u>Знания</u>  | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.                             | Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми.                            |
| <u>Умения</u>  | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.<br>Имели место грубые ошибки. | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки.<br>Выполнены все задания. |
| Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий | 0 – 30 %   | 30 – 100 %   |

6.2. В соответствии с учебным планом подготовки предусмотрена процедура аттестации обучающихся в форме зачета в конце семестра. Шкала оценивания имеет два значения: зачет, не зачет.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций:

Для оценивания результатов обучения в виде знаний и умений используется индивидуальное собеседование по двум теоретическим вопросам билета, в одном из которых обучающемуся предлагается изложить часть одного из разделов 2 и 3 содержания дисциплины, а в другом – часть раздела 4 содержания дисциплины.

6.4. Типовые контрольные задания для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенций:

Пример экзаменационного билета:

Вопрос 1. Общие свойства и основные типы волн в линиях передачи.

Вопрос 2. Четырехполюсники в СВЧ цепях. Волновые матрицы рассеяния и передачи.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

1. Болховская О.В., Горбунов А.А., Грибова Е.З., Грязнова И.Ю., Калинин А.В., Канаков О.И., Корчагин А.Б., Мануилов В.Н., Миловский Н.Д., Павлов И.С., Савикин А.П. Методические материалы по определению процедур оценивания сформированности компетенций: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. – 26 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/met\\_mat\\_Mil.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/met_mat_Mil.pdf).

2. Петрова И.Э., Орлов А.В. Оценка сформированности компетенций. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: ННГУ, 2016. 48 с.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «СВЧ узлы современных средств связи и радиолокации».**

а) основная литература:

1. Никольский В. В., Никольская Т. И. - Электродинамика и распространение радиоволн: [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. - М.: Наука, 1989. - 543 с.
2. Вайнштейн Л. А. - Электромагнитные волны. - М.: Радио и связь, 1988. - 440 с.
3. Вольман В. И., Пименов Ю. В. - Техническая электродинамика: учеб. для электротехн. ин-тов связи. - М.: Связь, 1971. - 487 с.(1)
4. [Сазонов Д. М. - Антенны и устройства СВЧ: \[учеб. для вузов по специальности "Радиотехника"\]. - М.: Высшая школа, 1988. - 430, \[2\] с.\(4\)](#)
5. Микроэлектронные устройства СВЧ. По ред. проф. Т.И. Веселова. – М.: «Высшая школа», 1988, 278 с.(2)
6. В. Фуско СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование. Под ред. В.И. Вольмана. – М.: Радио и связь, 1990.(1)

б) дополнительная литература:

1. Фриск, В.В. Основы теории цепей. Лабораторный практикум на персональном компьютере. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : СОЛОН-Пресс, 2009.

— 192 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/13652> — Загл. с экрана.

2. Григорьев, А.Д. Электродинамика и микроволновая техника: Учебник. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2007. — 704 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/118> — Загл. с экрана.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудиторный фонд ННГУ.

Программа составлена в соответствии с ОС ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», квалификация - бакалавр

Автор программы \_\_\_\_\_ И.А. Павличенко

Рецензент \_\_\_\_\_ В.Г. Гавриленко

Заведующий кафедрой, проф. \_\_\_\_\_ А.В. Кудрин

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от 25 мая 2023, протокол № 04/23.