

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**



А.А.Панфилов

« 21 » 06 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И АНТЕНН**

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

| Семестр | Трудоемкость зач.<br>ед./ час. | Лекции,<br>час. | Практич.<br>занятия,<br>час. | Лаборат.<br>работы,<br>час. | СРС,<br>час. | Форма<br>промежуточного<br>контроля,<br>экз./зачет(час.) |
|---------|--------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------------------------------------|
| 6       | 6/216                          | 18              | 36                           | 36                          | 81           | экзамен(45), КР                                          |
| Итого   | 6/216                          | 18              | 36                           | 36                          | 81           | экзамен(45), КР                                          |

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения дисциплины «Проектирование микроэлектронных устройств и антенн» (ПМЭУ и А) является:

1. изучение принципов работы пассивных и активных МЭУ СВЧ, микрополосковых антенн и освоение методов их расчета, в том числе, с помощью современных вычислительных средств вычислительной техники;
2. приобретение практических навыков автоматизированного проектирования и экспериментального проектирования МЭУ СВЧ и антенн с использованием современных измерительных средств, ознакомление с основами их конструирования и технологической реализации.
3. получение углубленных знаний в области проектирования МЭУ СВЧ и антенн, связанных с разными сферами деятельности специалиста:
  - проектно-конструкторской;
  - производственно-технологической;
  - научно-исследовательской;
  - сервисно-эксплуатационной.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Проектирование микроэлектронных устройств и антенн» (ПМЭУи А);

- индекс: Б1.В.ДВ.06.01;
- вариативная часть, дисциплины по выбору.

При освоении дисциплины ПМЭУ и А используются основные положения и знание полученные студентами при изучении предыдущих курсов: «Физика радиоволн», «Электродинамика и РРВ», «Устройства СВЧ и антенны», «Основы конструирования и проектирования РЭС». Дисциплина ПМЭУ и А дает необходимую подготовку в области конструирования интегральных схем СВЧ и антенн современных радиотехнических средств.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПМЭУ и А**

В результате освоения дисциплины, обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования.

1) Знать:

- принципы работы и типовые схемотехнические и конструкторские решения основных МЭУ СВЧ и антенн современных радиотехнических средств;
- методы проектирования, в том числе с помощью САПР, планарных МЭУ и антенн;
- основы технологической реализации интегральных схем СВЧ и печатных антенн;
- методы экспериментального исследования МЭУ СВЧ и антенн с помощью современной измерительной аппаратуры (ОК-7).

2) Уметь:

- технически обосновывать выбор схемотехнического и конструктивного решения при разработке МЭУ СВЧ и антенн;
- применять существующие методы расчета МЭУ СВЧ и антенн, проводить компьютерное моделирование с использованием современных специализированных программных средств;
- выполнять экспериментальные исследования МЭУ СВЧ и антенн на современной измерительной базе (ОК-7, ОПК-5).

3) Владеть:

- существующей методологией проектирования МЭУ СВЧ и антенн, в том числе с помощью современных САПР.
- типовые методики исследования МЭУ СВЧ с помощью современной автоматизированной измерительной аппаратуры и их адаптацией для исследования направленных свойств антенн;
- типовыми приемами калибровки и настройки современной измерительной аппаратуры СВЧ (ОК-7, ОПК-5, ПК-1).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПМЭУ и А

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| №<br>п/п | Раздел<br>дисциплины                                                                    | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы,<br>включая самостоятельную<br>работу студентов<br>и трудоемкость (в часах) |                         |                        |                       |     |         | Объем<br>учебной<br>работы,<br>с применением<br>интерактивных<br>методов<br>(в часах / %) | Формы<br>текущего<br>контроля<br>успеваемости<br>(по неделям<br>семестра),<br>форма<br>промежуточной<br>аттестации<br>(по семестрам) |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                                         |         |                 | Лекции                                                                                          | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы | Контрольные<br>работы | СРС | КП / КР |                                                                                           |                                                                                                                                      |
| 1        | Линии передачи СВЧ                                                                      | 6       | 1               | 1                                                                                               | 2                       |                        |                       | 4,5 |         | 2/67                                                                                      |                                                                                                                                      |
| 2        | Элементы и узлы интегральных схем СВЧ                                                   | 6       | 2               | 1                                                                                               | 2                       |                        |                       | 4,5 |         | 2/67                                                                                      |                                                                                                                                      |
| 3        | Устройства СВЧ                                                                          | 6       | 3               | 1                                                                                               | 2                       | 12                     |                       | 4,5 |         | 12/80                                                                                     |                                                                                                                                      |
| 4        | Автоматизация проектирования устройств СВЧ                                              | 6       | 4               | 1                                                                                               | 2                       |                        |                       | 4,5 |         | 2/67                                                                                      |                                                                                                                                      |
| 5        | Проектирование транзисторных усилителей СВЧ                                             | 6       | 5               | 1                                                                                               | 2                       | 4                      |                       | 4,5 |         | 4/57                                                                                      |                                                                                                                                      |
|          |                                                                                         | 6       | 6               | 1                                                                                               | 2                       | 4                      |                       | 4,5 |         | 4/57                                                                                      | Рейтинг-контроль № 1                                                                                                                 |
| 6        | Проектирование диодных преобразователей частоты                                         | 6       | 7               | 1                                                                                               | 2                       |                        |                       | 4,5 |         | 2/67                                                                                      |                                                                                                                                      |
|          |                                                                                         | 6       | 8               | 1                                                                                               | 2                       |                        |                       | 4,5 |         | 2/67                                                                                      |                                                                                                                                      |
|          |                                                                                         | 6       | 9               | 1                                                                                               | 2                       |                        |                       | 4,5 |         | 2/67                                                                                      |                                                                                                                                      |
| 7        | Проектирование диодных генераторов СВЧ                                                  | 6       | 10              | 1                                                                                               | 2                       |                        |                       | 4,5 |         | 2/67                                                                                      |                                                                                                                                      |
|          |                                                                                         | 6       | 11              | 1                                                                                               | 2                       |                        |                       | 4,5 |         | 2/67                                                                                      |                                                                                                                                      |
| 8        | Методы расчеты микрополосковых антенн                                                   | 6       | 12              | 1                                                                                               | 2                       | 4                      |                       | 4,5 |         | 4/57                                                                                      | Рейтинг-контроль № 2                                                                                                                 |
| 9        | Микрополосковые антенны с увеличенной полосой рабочих частот                            | 6       | 13              | 1                                                                                               | 2                       | 4                      |                       | 4,5 |         | 4/57                                                                                      |                                                                                                                                      |
| 10       | Микрополосковые антенны миллиметрового диапазона. Диэлектрические резонаторные антенны. | 6       | 14              | 1                                                                                               | 2                       |                        |                       | 4,5 |         | 2/67                                                                                      |                                                                                                                                      |
|          |                                                                                         | 6       | 15              | 1                                                                                               | 2                       |                        |                       | 4,5 |         | 2/67                                                                                      |                                                                                                                                      |

|       |                                                                                                                  |   |    |    |    |    |     |   |         |                      |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|----|----|-----|---|---------|----------------------|
| 11    | Микрополосковые антенны с пластинами и подложками из нетрадиционных материалов. Активные микрополосковые антенны | 6 | 16 | 1  | 2  |    | 4,5 |   | 2/67    |                      |
|       |                                                                                                                  | 6 | 17 | 1  | 2  |    | 4,5 |   | 2/67    |                      |
| 12    | Антенны с электрически управляемыми направленными свойствами                                                     | 6 | 18 | 1  | 2  | 8  | 4,5 |   | 8/73    | Рейтинг-контроль № 3 |
| Всего |                                                                                                                  |   |    | 18 | 36 | 36 | 81  | + | 60/66,7 | экзамен              |

| Матрица соотношения разделов дисциплины и формируемых компетенций |                        |             |       |      |                        |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|-------|------|------------------------|
| Раздел дисциплин                                                  | Трудоемкость (в часах) | Компетенции |       |      | Количество компетенций |
|                                                                   |                        | ОК-7        | ОПК-5 | ПК-1 |                        |
| 1                                                                 | 3                      | +           |       |      | 1                      |
| 2                                                                 | 3                      | +           |       |      | 1                      |
| 3                                                                 | 15                     | +           | +     |      | 2                      |
| 4                                                                 | 3                      | +           |       | +    | 2                      |
| 5                                                                 | 14                     | +           | +     | +    | 3                      |
| 6                                                                 | 9                      | +           | +     | +    | 3                      |
| 7                                                                 | 6                      | +           |       | +    | 2                      |
| 8                                                                 | 7                      | +           |       | +    | 2                      |
| 9                                                                 | 7                      | +           |       | +    | 2                      |
| 10                                                                | 6                      | +           |       | +    | 2                      |
| 11                                                                | 6                      | +           | +     | +    | 3                      |
| 12                                                                | 11                     | +           | +     | +    | 3                      |
| Вес компетенций                                                   |                        | 0,46        | 0,19  | 0,35 |                        |

| № п/п | Темы практических занятий                           | Трудоемкость (в часах) |
|-------|-----------------------------------------------------|------------------------|
| 1     | Восьмиполюсные устройства СВЧ                       | 4                      |
| 2     | Фильтры СВЧ                                         | 4                      |
| 3     | Управляющие устройства СВЧ на коммутационных диодах | 4                      |
| 4     | Транзисторные усилители СВЧ                         | 6                      |
| 5     | Диодные преобразователи частоты                     | 6                      |
| 6     | Генераторы на полупроводниковых диодах              | 6                      |
| 7     | Микрополосковые антенны устройства                  | 6                      |

| № п/п | Темы лабораторных работ                             | Трудоемкость (в часах) |
|-------|-----------------------------------------------------|------------------------|
| 1     | Восьмиполюсные устройства СВЧ                       | 4                      |
| 2     | Фильтры СВЧ                                         | 4                      |
| 3     | Управляющие устройства СВЧ на коммутационных диодах | 4                      |
| 4     | Транзисторные усилители СВЧ                         | 8                      |
| 5     | Микрополосковые антенные устройства                 | 8                      |
| 6     | Многолучевая антенная решетка                       | 8                      |

### Курсовая работа.

Курсовая работа выполняется в 6 семестре. В работе студент должен продемонстрировать умение пользоваться полученными знаниями и приобрести начальный опыт проектирования современных СВЧ устройств в интегральном исполнении.

В ходе КР по заданному ТЗ студент должен:

- обосновать выбор варианта схемотехнического решения;
- с помощью прилагаемого пакета программ выполнить электрический расчет и частотный анализ параметров устройства;
- разработать вариант конструкции устройства в интегральном исполнении;

Типовая тема КР: «Балансный транзисторный усилитель СВЧ».

Пример оформления приведен в МУ к КР. Варианты тем отличаются рабочей частотой, которую задает преподаватель.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения

аудиторных занятий и внеаудиторной работы. Объём аудиторных занятий, проводимых с использованием интерактивных форм, составляет 36 часов лабораторного практикума, 36 часов практических занятий, и внеаудиторные часы для выполнения КР.

#### 5.2. Самостоятельная работа студентов

Насыщенность курса новыми для студентов материалами предполагает интенсивную самостоятельную работу, эффективному характеру которой способствуют еженедельные консультации. Самостоятельная работа включает домашнюю работу с лекционными материалами с целью расширения и углубления теоретических знаний, подготовку к практическим занятиям, подготовку к выполнению и защите лабораторных работ, выполнение заданий, предусмотренных КР. В основе самостоятельной работы лежит изучение рекомендованной основной и дополнительной литературы. Базовые источники и пакеты прикладных программ в электронном виде включены в учебно-методический комплекс, сопровождающий дисциплину

#### 5.3. Компьютерные технологии обучения

Для более эффективного освоения дисциплины студентам предоставляется электронная версия учебно-методического комплекса (УМК), включающего: конспект лекций и методические указания к ним; методические указания к практическим занятиям, лабораторному практикуму, самостоятельной работе и КР. В УМК включен сопровождающий дисциплину пакет прикладных программ, рабочая программа, список вопросов к экзамену. Компьютерные технологии используются на практических занятиях при подготовке к лабораторным работам, обработке экспериментальных результатов и оформлении отчётов, при выполнении заданий, предусмотренных КР.

#### 5.4. Лекции приглашённых специалистов

В рамках курса ПМЭУ и А предусмотрены встречи со специалистами и потенциальными работодателями. В частности:

- запланирована лекция доктора технических наук, профессора Московского Государственного Технического Университета (МЭИ) Сазонова Д.М.
- предполагается встреча с начальником лаборатории «ГНПП «Крона»», г. Владимир Н.Г. Соколовым и генеральным директором ОКБ «Радиосвязь» г. Владимир, А.Е. Богданов.

#### 5.5. Рейтинговая система обучения

Рейтинг-контроль проводится 3 раза за семестр и предполагает суммарную оценку баллов по следующим составляющим: планомерность выполнения лабораторных работ, активность и степень освоения материала на практических занятиях, планомерность и качество выполнения КР.

## **6 . ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1.Вопросы к экзамену.**

1. Микрополосковая линия.
2. Щелевая и копланарная линии .
3. Связанные линии передачи .
4. Индуктивности, ёмкости, резисторы, согласованные нагрузки для интегральных схем СВЧ.
5. Резонаторы на микрополосковых, щелевых и диэлектрических структурах .
6. Устройства возбуждения линий передачи, переходы, короткозамыкатели .
7. Направленные ответвители и мосты .
8. Делители и сумматоры мощности .
9. Устройства управления фазой и амплитудой сигнала .
10. Фильтры СВЧ .
11. Общая характеристика CST Microwave Studio.
12. Численные методы расчета в среде CST Studio Suite.
13. Моделирование СВЧ устройств и антенн в среде CST Suite.
14. Бесструктурная модель транзистора СВЧ .
15. Устойчивость транзисторных усилителей СВЧ .
16. Режим двухстороннего согласования в транзисторных усилителях СВЧ .
17. Режим фиксированного усиления в безусловно устойчивом транзисторном усилителе СВЧ.
18. Режим фиксированного усиления в потенциально неустойчивом транзисторном усилителе СВЧ .
19. Согласующие цепи в микрополосковом транзисторном усилителе СВЧ .
20. Развязывающие и блокировочные элементы в широкополосном транзисторном усилителе СВЧ .
21. Общие положения расчета СВЧ диодных преобразователей частоты .

22. Свойства одноканальных СВЧ смесителей .
23. Сложные схемы СВЧ смесителей .
24. Преобразование частоты с подавлением зеркального канала .
25. Гетеродины СВЧ преобразователей частоты .
26. Генераторные диоды с межзащитным переносом элементов (МПД): эквивалентная схема и инженерный метод определения параметров .
27. Расчет электронного режима и полного сопротивления генераторного диода .
28. Расчет цепей подавления паразитных НЧ колебаний в диодных генераторах СВЧ .
29. Конструирование микрополосковых диодных генераторов СВЧ .
30. Перестройка частоты в диодных генераторах СВЧ .
31. Модель длинной линии для прямоугольной микрополосковой антенны .
32. Микрополосковые антенны, возбуждаемые микрополосковой линией .
33. Резонаторная модель микрополосковой линии .
34. САПР-модель прямоугольной микрополосковой антенны, возбуждаемой коаксиальной линией .
35. САПР-модель связанной микрополосковой антенны .
36. САПР-модель электромагнитно-связанной микрополосковой антенны .
37. Электродинамическая модель, учитывающая основные процессы в структуре антенны .
38. Электродинамическая модель дисковой микрополосковой антенны .
39. Порядок разработки электромагнитно-связанной микрополосковой антенны на двухслойных подложках .
40. Влияние конечных размеров экранной плоскости и подложки.
41. Увеличение полосы широкополосных антенн добавлением пассивных излучателей .
42. Частотно-независимые и логопериодические антенны .
43. Широкополосные микрополосковые антенны с пластинами сложной формы .
44. Широкополосные микрополосковые антенны с согласующими цепями .
45. Микрополосковые антенны с пространственными переходами .
46. Вибраторные и щелевые микрополосковые антенны .
47. Микрополосковые антенны с круговой поляризацией .
48. Щелевые микрополосковые антенны КВЧ диапазона .
49. Логопериодические микрополосковые антенны КВЧ диапазона .
50. Антенны КВЧ диапазона на основе Френелевских зонных пластин .
51. Диэлектрические резонаторные антенны .
52. Широкополосные диэлектрические резонаторные антенны .
53. Микрополосковые антенны с пластинами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов .

54. Микрополосковые антенны на ферритовых подложках .
55. Микрополосковые антенны на подложках из киральных материалов .
56. Микрополосковые антенны на подложках из полосно-замирающих материалов.
57. Активные микрополосковые антенны .
58. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток .
59. Фазированные антенные решетки .
60. Управление фазированием сканирующих антенных решеток .
61. Многолучевые антенные решетки.
62. Антенные решетки с частотным сканированием .

## 6.2.Текущий контроль. Вопросы к рейтинг-контролю .

### Рейтинг-контроль №1

1. Микрополосковая линии для (п.7а,[1] с. 6-24).
2. Щелевая и копланарная линии (п.7а, [1] с. 24-28).
3. Связанные линии передачи (п.7а, [1] с. 28-31).
4. Индуктивности, ёмкости, резисторы, согласованные нагрузки для интегральных схем СВЧ (п.7а, [1] с. 40-46).
5. Резонаторы на микрополосковых, щелевых и диэлектрических структурах (п.7а, [1] с. 47-53).
6. Устройства возбуждения линий передачи, переходы, короткозамыкатели (п.7а, [1] с. 53-56).
7. Направленные ответвители и мосты (п.7а, [1] с. 57-67).
8. Делители и сумматоры мощности (п.7а, [1] с. 68-75).
9. Устройства управления фазой и амплитудой сигнала (п.7а, [1] с. 76-86).
10. Фильтры СВЧ (п.7а, [1] с. 87-100).
11. Общая характеристика CST Microwave Studio(п.7а, [2] с. 57-67).
12. Численные методы расчета в среде CST Studio Suite(п.7а, [2] с. 68-75).
13. Моделирование СВЧ устройств и антенн в среде CST Suite(п.7а, [1] с. 76-86).
14. Бесструктурная модель транзистора СВЧ (конспект лекций (КЛ) с. 1-3).
15. Устойчивость транзисторных усилителей СВЧ (КЛ с. 1-3).
16. Режим двухстороннего согласования в транзисторных усилителях СВЧ (КЛ с. 3-9).
17. Режим фиксированного усиления в безусловно устойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 11-13).

18. Режим фиксированного усиления в потенциально неустойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 13-15).
19. Согласующие цепи в микрополосковом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).
20. Развязывающие и блокировочные элементы в широкополосном транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).

#### Рейтинг-контроль №2

1. Общие положения расчета СВЧ диодных преобразователей частоты (КЛ с. 22-25).
2. Свойства одноконтурных СВЧ смесителей (КЛ с. 25-31).
3. Сложные схемы СВЧ смесителей (КЛ с. 31-33).
4. Преобразование частоты с подавлением зеркального канала (КЛ с. 34-38).
5. Гетеродины СВЧ преобразователей частоты (КЛ с. 39-40).
6. Генераторные диоды с межзащитным переносом элементов (МПД): эквивалентная схема и инженерный метод определения параметров (КЛ с. 57-56).
7. Расчет электронного режима и полного сопротивления генераторного диода (КЛ с. 58-59).
8. Расчет цепей подавления паразитных НЧ колебаний в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 59-60).
9. Конструирование микрополосковых диодных генераторов СВЧ (КЛ с. 60-62).
10. Перестройка частоты в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 63-64).
11. Модель длинной линии для прямоугольной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 5-7).
12. Микрополосковые антенны, возбуждаемые микрополосковой линией (п. 7а, [3] с. 7-8).
13. Резонаторная модель микрополосковой линии (п. 7а, [3] с. 8-11).
14. САПР-модель прямоугольной микрополосковой антенны, возбуждаемой коаксиальной линией (п. 7а, [3] с. 11-14).
15. САПР-модель связанной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 14-16).
16. САПР-модель электромагнитной-связанной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 16-19).
17. Электродинамическая модель, учитывающая основные процессы в структуре антенны (п. 7а, [3] с. 19-20).
18. Электродинамическая модель дисковой микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 23-26).

19. Порядок разработки электромагнитно-связанной микрополосковой антенны на двухслойных подложках (п. 7а, [3] с. 26-27).
20. Влияние конечных размеров экранной плоскости и подложки (п. 7а, [3] с. 31-34).

### Рейтинг-контроль № 3

1. Увеличение полосы широкополосных антенн добавлением пассивных излучателей (п.7а, [3] с. 35-40).
2. Частотно-независимые и логопериодические антенны (п.7а, [3] с. 40-42).
3. Широкополосные микрополосковые антенны с пластинами сложной формы (п.7а, [3] с. 42-45).
4. Широкополосные микрополосковые антенны с согласующими цепями (п.7а, [3] с. 45-49).
5. Микрополосковые антенны с пространственными переходами (п.7а, [3] с. 49-51).
6. Вибраторные и щелевые микрополосковые антенны (п.7а, [3] с. 51-54).
7. Микрополосковые антенны с круговой поляризацией (п.7а, [3] с. 54-58).
8. Щелевые микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7а, [3] с. 59-61).
9. Логопериодические микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7а, [3] с. 61-61).
10. Антенны КВЧ диапазона на основе Френелевских зонных пластин (п.7а, [3] с. 61-62).
11. Диэлектрические резонаторные антенны (п.7а, [2] с. 61-67).
12. Широкополосные диэлектрические резонаторные антенны (п.7а, [2] с. 69-71).
13. Микрополосковые антенны с пластинами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов (п.7а, [2] с. 71-74).
14. Микрополосковые антенны на ферритовых подложках (п.7а, [2] с. 74-76).
15. Микрополосковые антенны на подложках из киральных материалов (п.7а, [2] с. 76-76).
16. Микрополосковые антенны на подложках из полосно-замирающих материалов (п.7а, [2] с. 76-77).
17. Активные микрополосковые антенны (п.7а, [2] с. 77-81).
18. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток (п.7б, [5] с. 94-96).
19. Фазированные антенные решетки (п.7б, [5] с. 96-102).
20. Управление фазированием сканирующих антенных решеток (п.7б, [5] с. 102-105).
21. Многолучевые антенные решетки (п.7б, [5] с. 105-111).
22. Антенные решетки с частотным сканированием (п.7б, [5] с. 111-115).

### 6.3. Самостоятельная работа студентов (СРС).

#### 6.3.1. СРС с лекционными материалами.

Самостоятельная работа включает домашнюю работу с лекционными материалами, которые входят в состав учебно-методического комплекса, сопровождающего дисциплину. Эффективному характеру самостоятельной работы способствуют еженедельные консультации. Основное внимание в курсе лекций уделено усвоению теоретических понятий, расчетных методов и принципов конструирования современных пассивных и активных микроэлектронных устройств СВЧ на основе планарных линий передачи, включая подготовку к пользованию существующими и разрабатываемыми системами автоматизированного проектирования. Необходимые дополнительные пояснения имеют индивидуальный характер и вносятся в конспект непосредственно при СРС с лекционными материалами.

Оценка эффективности СРС по материалам курса проводится три раза за семестр в процессе рейтинг-контроля по прилагаемым структурированным вопросам .

Вопросы для СРС.

1. Микрополосковая линии для (п.7а,[1] с. 6-24).
2. Щелевая и копланарная линии (п.7а, [1] с. 24-28).
3. Связанные линии передачи (п.7а, [1] с. 28-31).
4. Индуктивности, ёмкости, резисторы, согласованные нагрузки для интегральных схем СВЧ (п.7а, [1] с. 40-46).
5. Резонаторы на микрополосковых, щелевых и диэлектрических структурах (п.7а, [1] с. 47-53).
6. Устройства возбуждения линий передачи, переходы, короткозамыкатели (п.7а, [1] с. 53-56).
7. Направленные ответвители и мосты (п.7а, [1] с. 57-67).
8. Делители и сумматоры мощности (п.7а, [1] с. 68-75).
9. Устройства управления фазой и амплитудой сигнала (п.7а, [1] с. 76-86).
10. Фильтры СВЧ (п.7а, [1] с. 87-100).
11. Общая характеристика CST Microwave Studio(п.7а, [2] с. 57-67).
12. Численные методы расчета в среде CST Studio Suite(п.7а, [2] с. 68-75).
13. Моделирование СВЧ устройств и антенн в среде CST Suite(п.7а, [1] с. 76-86).
14. Бесструктурная модель транзистора СВЧ (конспект лекций (КЛ) с. 1-3).
15. Устойчивость транзисторных усилителей СВЧ (КЛ с. 1-3).

16. Режим двухстороннего согласования в транзисторных усилителях СВЧ (КЛ с. 3-9).
17. Режим фиксированного усиления в безусловно устойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 11-13).
18. Режим фиксированного усиления в потенциально неустойчивом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 13-15).
19. Согласующие цепи в микрополосковом транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).
20. Развязывающие и блокировочные элементы в широкополосном транзисторном усилителе СВЧ (КЛ с. 15-20).
21. Общие положения расчета СВЧ диодных преобразователей частоты (КЛ с. 22-25).
22. Свойства одноктактных СВЧ смесителей (КЛ с. 25-31).
23. Сложные схемы СВЧ смесителей (КЛ с. 31-33).
24. Преобразование частоты с подавлением зеркального канала (КЛ с. 34-38).
25. Гетеродины СВЧ преобразователей частоты (КЛ с. 39-40).
26. Генераторные диоды с межзащитным переносом элементов (МПД): эквивалентная схема и инженерный метод определения параметров (КЛ с. 57-56).
27. Расчет электронного режима и полного сопротивления генераторного диода (КЛ с. 58-59).
28. Расчет цепей подавления паразитных НЧ колебаний в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 59-60).
29. Конструирование микрополосковых диодных генераторов СВЧ (КЛ с. 60-62).
30. Перестройка частоты в диодных генераторах СВЧ (КЛ с. 63-64).
31. Модель длинной линии для прямоугольной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 5-7).
32. Микрополосковые антенны, возбуждаемые микрополосковой линией (п. 7а, [3] с. 7-8).
33. Резонаторная модель микрополосковой линии (п. 7а, [3] с. 8-11).
34. САПР-модель прямоугольной микрополосковой антенны, возбуждаемой коаксиальной линией (п. 7а, [3] с. 11-14).
35. САПР-модель связанной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 14-16).
36. САПР-модель электромагнитной-связанной микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 16-19).
37. Электродинамическая модель, учитывающая основные процессы в структуре антенны (п. 7а, [3] с. 19-20).
38. Электродинамическая модель дисковой микрополосковой антенны (п. 7а, [3] с. 23-26).

39. Порядок разработки электромагнитно-связанной микрополосковой антенны на двухслойных подложках (п. 7а, [3] с. 26-27).
40. Влияние конечных размеров экранной плоскости и подложки (п. 7а, [3] с. 31-34).
41. Увеличение полосы широкополосных антенн добавлением пассивных излучателей (п.7а, [3] с. 35-40).
42. Частотно-независимые и логопериодические антенны (п.7а, [3] с. 40-42).
43. Широкополосные микрополосковые антенны с пластинами сложной формы (п.7а, [3] с. 42-45).
44. Широкополосные микрополосковые антенны с согласующими цепями (п.7а, [3] с. 45-49).
45. Микрополосковые антенны с пространственными переходами (п.7а, [3] с. 49-51).
46. Вибраторные и щелевые микрополосковые антенны (п.7а, [3] с. 51-54).
47. Микрополосковые антенны с круговой поляризацией (п.7а, [3] с. 54-58).
48. Щелевые микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7а, [3] с. 59-61).
49. Логопериодические микрополосковые антенны КВЧ диапазона (п.7а, [3] с. 61-61).
50. Антенны КВЧ диапазона на основе Френелевских зонных пластин (п.7а, [3] с. 61-62).
51. Диэлектрические резонаторные антенны (п.7а, [2] с. 61-67).
52. Широкополосные диэлектрические резонаторные антенны (п.7а, [2] с. 69-71).
53. Микрополосковые антенны с пластинами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов (п.7а, [2] с. 71-74).
54. Микрополосковые антенны на ферритовых подложках (п.7а, [2] с. 74-76).
55. Микрополосковые антенны на подложках из киральных материалов (п.7а, [2] с. 76-76).
56. Микрополосковые антенны на подложках из полосно-замирающих материалов (п.7а, [2] с. 76-77).
57. Активные микрополосковые антенны (п.7а, [2] с. 77-81).
58. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток (п.7б, [5] с. 94-96).
59. Фазированные антенные решетки (п.7б, [5] с. 96-102).
60. Управление фазированием сканирующих антенных решеток (п.7б, [5] с. 102-105).
61. Многолучевые антенные решетки (п.7б, [5] с. 105-111).
62. Антенные решетки с частотным сканированием (п.7б, [5] с. 111-115).

#### 6.3.2. Курсовая работа (КР).

Курсовая работа выполняется в 6 семестре. В работе студент должен продемонстрировать умение пользоваться полученными знаниями и приобрести начальный опыт проектирования современных СВЧ устройств в интегральном исполнении. В ходе КР по заданному ТЗ студент должен:

- обосновать выбор варианта схемотехнического решения;
- с помощью прилагаемого пакета программ выполнить электрический расчет и частотный анализ параметров устройства;
- разработать вариант конструкции устройства в интегральном исполнении;

Типовая тема КР: «Балансный транзисторный усилитель СВЧ». Пример оформления приведен в МУ к КР. Варианты тем отличаются рабочей частотой, которую задает преподаватель. Курсовая работа является базой для оценки степени усвоения теоретического материала и совместно с другими формами учебного процесса, учитывается в рейтинг-контроле.

## **7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПМЭУ и А**

### **а) Основная литература:**

1. Веселов Г.И. и др. Микроэлектронные устройства СВЧ: Уч. пособие для радиотехнических специальностей вузов \ Под ред. Г.И. Веселова. – М.: Высшая школа, 2015, -280 с. (Библиотека ВлГУ)
2. Курушин А.А., Пластиков А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio.-М. Издательство МЭИ, 2012, -155с.
3. Моделирование антенн в режиме излучения и рассеяния в пакетах CST STUDIO, HFSS, FEKO и узкоспециализированных программах. Метод. Пособие./Юриев О.А. и др./-Минск. БГУИР. 2012.-62с.
4. Федоренко И.А.Применение пакета программ Microwave Office 2009 AWR для проектирования микрополосковых устройств СВЧ [Электронный ресурс ]: учебное пособие/Федоренко И.А.,Федоркова Н.В.-Электрон.текстовые данные.-М.:Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана,2012.-60 с.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Технологическая оптимизация микроэлектронных устройств СВЧ: учебное пособие /А.Г. Гудков, С.А. Мешков, М.А. Синельщикова, Е.А. Скороходов. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.– 44 с.

2. Романовский М.Н. Интегральные устройства радиоэлектроники: учебное пособие / М.Н. Романовский. – Изд. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012,-288с.
3. Плавский Л.Г. Интегральные устройства электроники: учебно-методическое пособие / Л.Г. Плавский. Новосибирск: Изд. Новосибирского Государственного технического университета, 2013. – 31 с.
4. Соколова Ж.М. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов: учебное пособие. – Томск: Томский гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 283 с.
5. Анализ и оптимизации СВЧ-структур с помощью HFSS [электронный ресурс] /Банков С.Е., Курушин А.А., Разевиг В.Д.-М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012.-216 с.

в) Методическая литература

1. Гаврилов В.М., Садовский Н.В., Ситнянский Б.Д. Расчёт на ЭВМ параметров полосовых линий и фазированных антенных решёток. Метод. указания по применению прикладных программ. Владимир, 2012,- 33 с.
2. Гаврилов В.М. Лабораторные работы по курсу «Проектирование МЭУ и антенн». Владимир, 2014.-100 с.
3. Гаврилов В.М. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Проектирование МЭУ и антенн». Владимир, 2014. -15 с.
4. Гаврилов В.М. Методические указания к СРС по курсу «Проектирование МЭУ и антенн». Владимир, 2014. -16 с.
5. Гаврилов В.М. Методические указания к лекциям по курсу «Проектирование МЭУ и антенн». Владимир, 2014. -5 с.

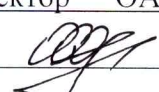
## 8.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПМЭУ и А

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- лабораторные макеты и измерительное оборудование специализированной лаборатории (510-3) по дисциплине ПМЭУ и А: Р2-53 – 5 шт., Р4-11 – 2 шт., Г4-111Б, Г4-83, С4-27, ФК2-33;
- компьютеры со специализированным программным обеспечением (2 шт.);
- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3, 335-3);
- набор слайдов, сопровождающих лекционный материал (188 шт.).

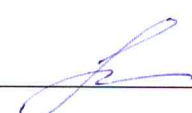
Программа составлена в соответствии с требованием ФГОС ВО по направлению 11.03.01 Радиотехника.

Рабочую программу составил профессор кафедры РТ и РС  В.М. Гаврилов

Рецензент(ы) Генеральный директор ОАО “Владимирское КБ Радиосвязи”  
 А.Е.Богданов

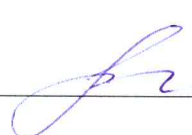
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 23 от 26.06.18 года.

Заведующий кафедрой РТ и РС  О.Р. Никитин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления \_\_\_\_\_

Протокол № 10 от 28.06.18 года.

Председатель комиссии \_\_\_\_\_  О.Р.Никитин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 19/20 учебный год

Протокол заседания кафедры № 18 от 26.06.19 года

Заведующий кафедрой  пр. А.И.И.И.И.

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Институт информационных технологий и радиоэлектроники

Кафедра радиотехники и радиосистем

Актуализированная  
рабочая программа  
рассмотрена и одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 2019 г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись, ФИО)

**Актуализация рабочей программы дисциплины**

---

(наименование дисциплины)

Направление подготовки

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования

Форма обучения

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

Актуализация выполнена: \_\_\_\_\_  
(подпись, должность, ФИО)

а) основная литература: \_\_\_\_\_ (не более 5 книг)

б) дополнительная литература: \_\_\_\_\_

в) периодические издания: \_\_\_\_\_

г) интернет-ресурсы: \_\_\_\_\_