

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

« 02 » 09 2016 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### ТЕОРИЯ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Направление подготовки 11.04.01 «Радиотехника»

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Грудоем- кость зач. ед.час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля, экз./зачет(час.)
3	3/108	-	36	-	36	экзамен(36)
Итого	3/108	-	36	-	36	экзамен(36)

Владимир 2016

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Теория многоэлементных фазированных антенных решеток» (ТМЭФАР) являются:

2. Усвоение основных положений и принципов теории многоэлементных фазированных антенных решеток (ФАР).
3. Ознакомление с методами компьютерного и имитационного моделирования характеристик многоэлементных ФАР.
4. Анализ характеристик многоэлементных ФАР и свойств методов их физического моделирования с помощью современных средств вычислительной техники.
5. Получение базовых и углубленных знаний для успешного освоения дисциплины профессионального цикла, связанной с разными сферами деятельности специалиста:
  - проектно-конструкторской;
  - производственно-технологической;
  - научно-исследовательской;

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина :Антенны и устройства микроволновой техники в радиофизике (А и УМЭТ в РФ);

- индекс: Б1.В.ДВ.3;
- вариативная часть, дисциплины по выбору.

Успешное освоение дисциплины предполагает знание общих разделов высшей математики, физики, основ теории цепей, теории электромагнитного поля, электродинамики и распространения радиоволн, устройств СВЧ и антенн.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать: основные положения теории многоэлементных фазированных антенных решеток, методы математического и имитационного моделирования их параметров, особенности характеристик многоэлементных ФАР в зависимости от конфигурации, взаимосвязь основных погрешностей физического макета с результатами имитационного моделирования (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5).

2) Уметь: используя современные программные средства, моделировать характеристики многоэлементных ФАР различной конфигурации; производить оценку различных погрешностей имитационных методов исследования антенных решеток (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5).

3) Владеть: математическими методами моделирования характеристик многоэлементных ФАР и программными средствами, реализованными на их основе; методами имитационного моделирования параметров антенных решеток и способами оценки возникающих при этом погрешностей (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПК-2, ПК-4).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ТМЭФАР

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	РПР	СРС		
	<b>Основные теоретические сведения</b>										
1	Предисловие	3	1						1		
2	Математическое обоснование метода «конечного фрагмента»	3	1						2		
3	Математическая модель бесконечной решетки	3	2						2		
4	Взаимосвязь бесконечной линейной ФАР	3	3						2		
5	Решетка конечных размеров и краевой эффект	3	4						2		Рейтинг-контроль 1
	Компьютерное моделирование характеристик бесконечной ФАР	3	4								
6	Описание метода	3	5						2		

7	Программная реализация метода прямого обращения		6					2		
8	Расчет ФАР из плоских волноводов методом прямого обращения.	3	7-9		12			5	5/42	
	Компьютерный анализ метода «конечного фрагмента»									
9	Описание комплекса программ анализа погрешностей метода «конечного фрагмента»	3	10					2		
10	Погрешность, обусловленная конечным числом излучателей	3	11-12		6			4	3/50	Рейтинг-контроль 2
11	Погрешность измерения матрицы КВС	3	13-14		6			4	3/50	
12	Технологическая погрешность реализации макета	3	15-16		6			4	3/50	
13	Суммарная погрешность метода «конечного фрагмента»		17-18		6			4	3/50	Рейтинг-контроль 3
Всего					36			36	17/47	экзамен

В разделе “Практические занятия” трудоемкость указана без привязки к неделям учебного процесса, который определяется расписанием.

Матрица соотношений разделов дисциплины и формируемых компетенций							
Раздел дисциплины	Трудоемкость, час	Компетенции					Количество компетенций
		ОПК-1	ОПК-2	ОПК-5	ПК-2	ПК-5	
1	1	+	+	+			2
2	2	+	+	+			2
3	2	+	+	+			2
4	2	+	+	+			2
5	2	+	+	+			2
6	2	+	+	+			2
7	2	+	+	+			2
8	17			+	+	+	3
9	2	+	+				2
10	10			+	+	+	3
12	10			+	+	+	3
13	10			+	+	+	3
Вес компетенций		0,26	0,26	0,16	0,16	0,16	

№п/п	Темы практических занятий	Трудоемкость (в часах)
1	Расчет ФАР из плоских волноводов методом прямого обращения	12
2	Погрешность метода «конечного фрагмента», обусловленная конечным числом излучателей	6
3	Погрешность метода «конечного фрагмента», обусловленная погрешностью измерений матрицы КВС	6
4	Погрешность метода «конечного фрагмента», обусловленная технологической погрешностью реализации макета	6
5	Погрешность метода «конечного фрагмента», обусловленная суммарной погрешностью метода	6

№п/п	Темы РГР	Трудоемкость (в часах)
1	Моделирование характеристик ФАР из плоско-параллельных волноводов при сканировании в Е- и Н-плоскостях	2 (СРС)
2	Моделирование характеристик ФАР из плоских волноводов с диэлектрическим экраном в раскрыве при сканировании в Е- и Н-плоскостях	2 (СРС)

3	Моделирование характеристик ФАР из плоских волноводов с диэлектрическими вставками при сканировании в Е- и Н-плоскостях	2 (СРС)
4	Анализ погрешности метода «конечного фрагмента», обусловленный конечным числом излучателей для ФАР различной конфигурации	4 (СРС)
5	Анализ погрешности метода «конечного фрагмента», обусловленной погрешностью измерения матрицы КСВ фрагмента для ФАР различной конфигурации	4 (СРС)
6	Анализ погрешности метода «конечного фрагмента», обусловленной технологической погрешностью реализации макета	4 (СРС)

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 5.1 Активные и интерактивные формы обучения.

С целью формирования и развития профессиональных навыков магистрантов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения аудиторных занятий и внеаудиторной работы. Объем занятий проводимых с использованием интерактивных форм составляет 36 часов практических занятий и 36 часов внеаудиторной самостоятельной работы для выполнения РГР.

### 5.2 Самостоятельная работа

Самостоятельная работа включает внеаудиторную работу с материалами методических указаний, освоение пакета прикладных программ, включенного в учебно-методический макет, выполнение заданий, предусмотренных РГР.

### 5.3 Компьютерные технологии обучения

Для глубокого и качественного освоения дисциплины магистрантам предоставляется электронная версия учебно-методического макета, включающего: рабочую программу, список экзаменационных вопросов, методические указания к практическим занятиям, методические указания к самостоятельной работе. В УМК включен сопровождающий дисциплину авторский пакет прикладных программ. Компьютерные технологии используются на практических занятиях при выполнении заданий РГР.

### 5.4 Лекции приглашенных специалистов

В рамках курса ТМЭФАР предусмотрены встречи со специалистами, в частности: доктором технических наук, профессором кафедры АУ и РРВ МЭИ, г. Москва Сазоновым Д.М.; начальником отдела «ГНПП «Крона», г. Владимир, Соколовым Н.Г.

5.5 Рейтинговая система обучения Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр и предполагает оценку в баллах по результатам работы на практических занятиях, планомерность и качество выполнения РГР.

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

6.1. Вопросы к экзамену.

1. Основные параметры многоэлементных ФАР и их взаимосвязь .
2. Математические и физические способы моделирования характеристик ФАР при сканировании .
3. Математическое обоснование метода «конечного фрагмента» .
4. Математическая модель бесконечной периодической ФАР .
5. Взаимная связь в бесконечной линейной ФАР .
6. Решетка конечных размеров и краевые эффекты .
7. Расчет характеристик бесконечной ФАР из плоских волноводов комбинированным методом .
8. Характеристики бесконечной ФАР из плоских волноводов при сканировании в Е- и Н-плоскостях .
9. Характеристики бесконечной ФАР из плоских волноводов с диэлектрическим экраном в раскрыве при сканировании в Е- и Н-плоскостях .
10. Характеристики бесконечной ФАР из плоских волноводов с диэлектрическими вставками в раскрыве при сканировании в Е- и Н-плоскостях .
11. Математическое содержание и описание алгоритма программы анализа погрешностей метода «конечного фрагмента» .
12. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента» и ее связь с числом излучателей на фрагменте .
13. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента», обусловленная погрешностью измерения матрицы КВС .
14. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента», обусловленная технологической погрешностью реализации макета .
15. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента», обусловленная суммарной погрешностью .

6.2. Текущий контроль. Вопросы к рейтинг-контролю.

1. Основные параметры многоэлементных ФАР и их взаимосвязь (п. 7в, [3] с. 7-10).
2. Математические и физические способы моделирования характеристик ФАР при сканировании (п. 7в, [3] с. 3-6).
3. Математическое обоснование метода «конечного фрагмента» (п. 7в, [3] с. 7-13).
4. Математическая модель бесконечной периодической ФАР (п. 7в, [3] с. 14-17).
5. Взаимная связь в бесконечной линейной ФАР (п. 7в, [3] с. 18-23).
6. Решетка конечных размеров и краевые эффекты (п. 7в, [3] с. 24-27).

#### Рейтинг-контроль №2

1. Расчет характеристик бесконечной ФАР из плоских волноводов комбинированным методом (п. 7в, [3] с. 28-36).
2. Характеристики бесконечной ФАР из плоских волноводов при сканировании в Е- и Н-плоскостях (п. 7в, [3] с. 37-39).
3. Характеристики бесконечной ФАР из плоских волноводов с диэлектрическим экраном в раскрыве при сканировании в Е- и Н-плоскостях (п. 7в, [3] с. 40-43).
4. Характеристики бесконечной ФАР из плоских волноводов с диэлектрическими вставками в раскрыве при сканировании в Е- и Н-плоскостях (п. 7в, [3] с. 44-46).

#### Рейтинг-контроль №3

1. Математическое содержание и описание алгоритма программы анализа погрешностей метода «конечного фрагмента» (п. 7в, [3] с. 47-50).
2. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента» и ее связь с числом излучателей на фрагменте (п. 7в, [3] с. 51-64).
3. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента», обусловленная погрешностью измерения матрицы КВС (п. 7в, [3] с. 65-72).
4. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента», обусловленная технологической погрешностью реализации макета (п. 7в, [3] с. 72-78).
5. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента», обусловленная суммарной погрешностью (п. 7в, [3] с. 78-79).

6.3. Расчетно-графическая работа для СРС. Расчетно-графическая работа является базой для оценки степени усвоения теоретического материала и совместно с другими формами учебного процесса, учитывается в рейтинг-контроле. Подготовлены 4 варианта РГР, каждая из которых охватывает основные разделы курса

1. Компьютерное моделирование характеристик ФАР из плоско - параллельных волноводов (п. 7в, [3] с. 28-37).
  - 1.1 Моделирование характеристик ФАР из плоско-параллельных волноводов при сканирование в Е- и Н- плоскостях (п. 7в, [3] с. 37-39).
    - 1.1(1) С помощью программы МКФ рассчитать зависимость действующего

- коэффициента отражения на входе излучателей ФАР от угла фазирования при сканирование в Е- плоскости. Рассчитать элементы столбца матрицы КВС. Расчёт выполнить для решетки с шагом как меньше, так и больше  $\lambda/2$ ; со стенками волноводов нулевой и конечной толщины.
- 1.1(2) С помощью программы МКФ рассчитать зависимость действующего коэффициента отражения на входе излучателей ФАР от угла фазирования при сканирование в Н- плоскости. Рассчитать элементы столбца матрицы КВС. Расчет выполнить для решетки с шагом больше  $\lambda/2$ , но меньше  $\lambda$ .
- 1.1(3) С помощью программы МКФ рассчитать зависимость действующего коэффициента отражения на входе излучателей ФАР от угла фазирования при сканирование в Е- плоскости. Рассчитать элементы матрицы КВС. Расчет выполнить для решетки с шагом больше  $\lambda$ , со стенками волновода нулевой и конечной толщины.
- 1.1(4) С помощью программы МКФ рассчитать зависимость действующего коэффициента отражения на входе излучателей ФАР от угла фазирования при сканирование в Н- плоскости. Рассчитать элементы матрицы КВС. Расчет выполнить для решетки с шагом больше  $\lambda$ , со стенками волновода нулевой и конечной толщины.
- 1.2 Моделирование характеристик ФАР из плоских волноводов с диэлектрическим экраном в раскрыве при сканирование в Е- и Н- плоскостях (п. 7в, [3] с. 40-44).
- 1.2(1) Решить задачу, аналогичную 1.1(1), для решетки с диэлектрическим экраном в раскрыве. Относительная диэлектрическая проницаемость экрана  $\epsilon=3$ . Рассмотреть варианты с толщиной экрана  $\lambda_\epsilon/8, \lambda_\epsilon/4, 5\lambda_\epsilon/8, 6\lambda_\epsilon/8, 7\lambda_\epsilon/8, \lambda_\epsilon$ , где  $\lambda_\epsilon = \lambda_0/\sqrt{\epsilon}$ - длина волны в среде с диэлектрической проницаемостью экрана.
- 1.2(2) Решить задачу, аналогичную 1.1(2), для решетки с диэлектрическим экраном в раскрыве. Электродинамические и геометрические параметры экрана – аналогичны задаче 1.2(1).
- 1.2(3) Решить задачу, аналогичную 1.1(3), для решетки с диэлектрическим экраном в раскрыве. Электродинамические и геометрические параметры экрана – аналогичны задаче 1.2(1).
- 1.2(4) Решить задачу, аналогичную 1.1(4), для решетки с диэлектрическим экраном в раскрыве. Электродинамические и геометрические параметры экрана – аналогичны задаче 1.2(1).
- 1.3 Моделирование характеристик ФАР из плоских волноводов с диэлектрическими вставками при сканирование в Е- и Н- плоскостях (п. 7в, [3])

с. 44-46).

- 1.3(1) Решить задачу, аналогичную 1.1(1), для решетки с диэлектрическими вставками. Относительная диэлектрическая проницаемость материала вставок  $\epsilon=3$ . Рассмотреть варианты с толщиной вставок  $\lambda_e/8$ ;  $\lambda_e/2$ ,  $\lambda_e/4$ ,  $5\lambda_e/8$ ,  $6\lambda_e/8$ ,  $7\lambda_e/8$ ,  $\lambda_e$ ,  $\lambda_e$ , где  $\lambda_e = \lambda_0/\sqrt{\epsilon}$  - длина волны в среде с диэлектрической проницаемостью вставок.
- 1.3(2) Решить задачу, аналогичную 1.1(2), для решетки с диэлектрическими вставками. Электродинамические и геометрические параметры вставок – аналогичны задаче 1.3(1).
- 1.3(3) Решить задачу, аналогичную 1.1(3), для решетки с диэлектрическими вставками. Электродинамические и геометрические параметры вставок – аналогичны задаче 1.3(1).
- 1.3(4) Решить задачу, аналогичную 1.1(4), для решетки с диэлектрическими вставками. Электродинамические и геометрические параметры вставок – аналогичны задаче 1.3(1).
2. Компьютерный анализ погрешностей метода «конечного фрагмента» при имитационном моделировании характеристик ФАР из плоскопараллельных волноводов (п. 7в, [3] с. 47-50).
- 2.1 Анализ погрешности, обусловленной конечным числом элементов на фрагменте для ФАР различной конфигурации (п. 7в, [3] с. 51-64).
- 2.1(1) С помощью программы МКФ рассчитать зависимость действующего коэффициента отражения на входе излучателей ФАР при сканировании в Е-плоскости, получаемую при имитационном моделировании на фрагменте с конечным числом элементов. Расчет выполнить для решетки с шагом меньше и больше  $\lambda/2$ , но меньше  $\lambda$ , со стенками волноводов конечной толщины. Рассмотреть задачи восстановления зависимости по 10, 20, 30, 40, 50, 80 КВС без экстраполяции.
- 2.1(2) С помощью программы МКФ рассчитать зависимость действующего коэффициента отражения на входе излучателей ФАР при сканировании в Н-плоскости, получаемую при имитационном моделировании на фрагменте с конечным числом элементов. Расчет выполнить для решетки с шагом больше  $\lambda/2$ , но меньше  $\lambda$ , со стенками волноводов конечной толщины. Рассмотреть задачи восстановления зависимости по 10, 20, 30, 40, 50, 80 КВС без экстраполяции.
- 2.1(3) Решить задачу, аналогичную 2.1(1), для решетки с диэлектрическим

- экраном в раскрыве. Относительная диэлектрическая проницаемость экрана  $\varepsilon=3$ . Рассмотреть варианты толщины экрана  $\lambda_c/8$ ;  $\lambda_c/2$ ,  $\lambda_c/4$ , где  $\lambda_c = \lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$  - длина волны в среде с диэлектрической проницаемостью экрана.
- 2.1(4) Решить задачу, аналогичную 2.1(2), для решетки с диэлектрическим экраном в раскрыве. Относительная диэлектрическая проницаемость экрана  $\varepsilon=3$ . Рассмотреть варианты толщины экрана  $\lambda_c/8$ ;  $\lambda_c/2$ ,  $\lambda_c/4$ , где где  $\lambda_c = \lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$  - длина волны в среде с диэлектрической проницаемостью экрана.
- 2.2 Анализ погрешности, обусловленной погрешностью измерения матрицы КСВ фрагмента для ФАР различной конфигурации (п. 7в, [3] с. 65-72).
- 2.2(1) С помощью программы МКФ рассчитать зависимость действующего коэффициента отражения на входе излучателей ФАР при сканировании в Е-плоскости, получаемую при имитационном моделировании на фрагменте с конечным числом элементов. Расчет выполнить для решетки с шагом меньше и больше  $\lambda/2$ , но меньше  $\lambda$ , со стенками волноводов конечной толщины при  $\sigma=0,1$ . Рассмотреть задачи восстановления зависимости по 10, 20, 30, 40, 50, 80 КВС без экстраполяции.
- 2.2(2) С помощью программы МКФ рассчитать зависимость действующего коэффициента отражения на входе излучателей ФАР при сканировании в Н-плоскости, получаемую при имитационном моделировании на фрагменте с конечным числом элементов. Расчет выполнить для решетки с шагом больше  $\lambda/2$ , но меньше  $\lambda$ , со стенками волноводов конечной толщины при  $\sigma=0,1$ . Рассмотреть задачи восстановления зависимости по 10, 20, 30, 40, 50, 80 КВС без экстраполяции.
- 2.2(3) Решить задачу, аналогичную 2.2(1), для решетки с диэлектрическим экраном в раскрыве. Относительная диэлектрическая проницаемость экрана  $\varepsilon=3$ . Рассмотреть варианты толщины экрана  $\lambda_c/8$ ;  $\lambda_c/2$ ,  $\lambda_c/4$ , где  $\lambda_c = \lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$  - длина волны в среде с диэлектрической проницаемостью экрана.
- 2.2(4) Решить задачу, аналогичную 2.2(2), для решетки с диэлектрическим экраном в раскрыве. Относительная диэлектрическая проницаемость экрана  $\varepsilon=3$ . Рассмотреть варианты толщины экрана  $\lambda_c/8$ ;  $\lambda_c/2$ ,  $\lambda_c/4$ , где где  $\lambda_c = \lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$  - длина волны в среде с диэлектрической проницаемостью экрана.

- 2.3 Анализ погрешности, обусловленной технологической погрешностью реализации макета фрагмента ФАР различной конфигурации (п. 7в, [3] с. 72-78).
- 2.3(1) С помощью программы МКФ рассчитать зависимость действующего коэффициента отражения на входе излучателей ФАР при сканировании в Е-плоскости, получаемую при имитационном моделировании на фрагменте с конечным числом элементов. Расчет выполнить для решетки с шагом меньше и больше  $\lambda/2$ , но меньше  $\lambda$ , со стенками волноводов конечной толщины при  $\Delta/\lambda=0,1$ . Рассмотреть задачи восстановления зависимости по 10, 20, 30, 40, 50, 80 КВС без экстраполяции.
- 2.3(2) С помощью программы МКФ рассчитать зависимость действующего коэффициента отражения на входе излучателей ФАР при сканировании в Н-плоскости, получаемую при имитационном моделировании на фрагменте с конечным числом элементов. Расчет выполнить для решетки с шагом больше  $\lambda/2$ , но меньше  $\lambda$ , со стенками волноводов конечной толщины при  $\Delta/\lambda=0,1$ . Рассмотреть задачи восстановления зависимости по 10, 20, 30, 40, 50, 80 КВС без экстраполяции.
- 2.3(3) Решить задачу, аналогичную 2.3(1), для решетки с диэлектрическим экраном в раскрыве. Относительная диэлектрическая проницаемость экрана  $\epsilon=3$ . Рассмотреть варианты толщины экрана  $\lambda_\epsilon/8$ ;  $\lambda_\epsilon/2$ ,  $\lambda_\epsilon/4$ , где  $\lambda_\epsilon = \lambda_0/\sqrt{\epsilon}$  - длина волны в среде с диэлектрической проницаемостью экрана.
- 2.3(4) Решить задачу, аналогичную 2.3(2), для решетки с диэлектрическим экраном в раскрыве. Относительная диэлектрическая проницаемость экрана  $\epsilon=3$ . Рассмотреть варианты толщины экрана  $\lambda_\epsilon/8$ ;  $\lambda_\epsilon/2$ ,  $\lambda_\epsilon/4$ , где  $\lambda_\epsilon = \lambda_0/\sqrt{\epsilon}$  - длина волны в среде с диэлектрической проницаемостью экрана.

#### Варианты заданий РГР

- Вариант РГР №1: 1.1(1); 1.2(1); 1.3(1); 2.1(1); 2.2(1); 2.3(1).
- Вариант РГР №2: 1.1(2); 1.2(2); 1.3(2); 2.1(2); 2.2(2); 2.3(2).
- Вариант РГР №3: 1.1(3); 1.2(3); 1.3(3); 2.1(3); 2.2(3); 2.3(3).
- Вариант РГР №4: 1.1(4); 1.2(4); 1.3(4); 2.1(4); 2.2(4); 2.3(4).

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) основная литература

1. Сазонов Д.М. Многоэлементные антенные системы. Матричный подход. Монография. М: Радиотехника, 2015. – 144 с.
2. Хансен Р.С. Фазированные антенные решетки/Хансен Р.С. ;ред. С англ. Синани А.И.-[2-е изд.].-М.: Техносфера, 2012.-558 с.
3. Банков С.Е. Антенные решетки с последовательным питанием [Электронный ресурс] / Банков С.Е. –Электрон. Текстовые данные.- М.: Физматлит, 2013. – 416 с.
4. Типикин А.А. Моделирование антенных устройств в Matlab с использованием пакета расширения Antenna Toolbox [Электронный ресурс]/Типикин А.А.- Электрон. Текстовые данные.-М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2016.-116с.

### б) дополнительная литература

1. Бей Н.А. исследование характеристик активной фазированной антенной решетки (электронный ресурс): учебное пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.– 24 с.
2. Григорьев А.Д. Методы вычислительной электродинамики [Электронный ресурс]/Григорьев А.Д.-Электрон. Текстовые данные.-М.:ФМЗМАТЛИТ,2012.-432с.
3. Скобелев С.П. Фазированные антенные решетки с парциальными диаграммами направленности (электронный ресурс). – М.: Физматлит, 2011. – 320 с.

### в) методическая литература

1. Гаврилов В. М. Теория многоэлементных фазированных антенных решеток. Практические занятия. Методические указания. ВлГУ, Владимир, 2013. – 55 с.
2. Гаврилов В. М. Теория многоэлементных фазированных антенных решеток. Учебно-исследовательские задачи. Методические указания. ВлГУ, Владимир, 2013. – 10 с.
3. Гаврилов В. М. Теория многоэлементных фазированных антенных решеток. Самостоятельная работа. Методические указания. ВлГУ, Владимир, 2013. – 82 с.

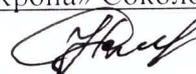
## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ТМЭФАР

8.1. Компьютеры со специализированным программным обеспечением (8 шт.) в лаборатории 228-3.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.04.01 Радиотехника

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

Рецензент (ы) зав. Отделом радиотехники ФГУП «ГНПП Крона» Соколов Н. Г.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 1 от 1.09.16 года.

Заведующий кафедрой РТ и РС Никитин О.Р.



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

Протокол № 1 от 2.09.16 года.

Председатель

комиссии \_\_\_\_\_

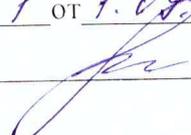
 ОР Никитин

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

Рабочая программа одобрена на 16/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

 ОРНИКОВИЧ

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

Институт \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_

Актуализированная  
рабочая программа  
рассмотрена и одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 2017г.  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись, ФИО)

**Актуализация рабочей программы дисциплины**

\_\_\_\_\_  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования

Форма обучения

Владимир 2017

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: \_\_\_\_\_