

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 10 » 02 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Направление подготовки 11.04.01 «Радиотехника»

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная

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

Владимир 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Пространственная обработка сигналов» (ПОС) 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 ПОС:

- 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

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 ПОС

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		
	Основные теоретические сведения										
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	2 (СРС)

	раскрытые при сканировании в Е- и Н-плоскостях	
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.

### **1. 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 (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).
7. Расчет характеристик бесконечной ФАР из плоских волноводов комбинированным методом (п. 7в, [3] с. 28-36).
8. Характеристики бесконечной ФАР из плоских волноводов при сканировании в Е- и Н-плоскостях (п. 7в, [3] с. 37-39).
9. Характеристики бесконечной ФАР из плоских волноводов с диэлектрическим экраном в раскрыве при сканировании в Е- и Н-плоскостях (п. 7в, [3] с. 40-43).
10. Характеристики бесконечной ФАР из плоских волноводов с диэлектрическими вставками в раскрыве при сканировании в Е- и Н-плоскостях (п. 7в, [3] с. 44-46).
11. Математическое содержание и описание алгоритма программы анализа погрешностей метода «конечного фрагмента» (п. 7в, [3] с. 47-50).
12. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента» и ее связь с числом излучателей на фрагменте (п. 7в, [3] с. 51-64).
13. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента», обусловленная погрешностью измерения матрицы КВС (п. 7в, [3] с. 65-72).

14. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента», обусловленная технологической погрешностью реализации макета (п. 7в, [3] с. 72-78).
15. Погрешность моделирования характеристик ФАР методом «конечного фрагмента», обусловленная суммарной погрешностью (п. 7в, [3] с. 78-79).

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

##### Рейтинг-контроль №1

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 - параллельн 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. Расчет 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 сканировании 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  $\lambda_\varepsilon/8$ ;  $\lambda_\varepsilon/2$ ,  $\lambda_\varepsilon/4$ , где  $\lambda_\varepsilon = \lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$  - 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  $\lambda_\varepsilon/8$ ;  $\lambda_\varepsilon/2$ ,  $\lambda_\varepsilon/4$ , где где  $\lambda_\varepsilon = \lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$  - 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  $\lambda_\varepsilon/8$ ;  $\lambda_\varepsilon/2$ ,  $\lambda_\varepsilon/4$ , где  $\lambda_\varepsilon = \lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$  - 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  $\lambda_\varepsilon/8$ ;  $\lambda_\varepsilon/2$ ,  $\lambda_\varepsilon/4$ , где где  $\lambda_\varepsilon = \lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$  - 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

H-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  $\varepsilon=3$ . Рассмотреть варианты толщины экрана  $\lambda_\varepsilon/8$ ;  $\lambda_\varepsilon/2$ ,  $\lambda_\varepsilon/4$ , где  $\lambda_\varepsilon=\lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$  - 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  $\varepsilon=3$ . Рассмотреть варианты толщины экрана  $\lambda_\varepsilon/8$ ;  $\lambda_\varepsilon/2$ ,  $\lambda_\varepsilon/4$ , где  $\lambda_\varepsilon=\lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$  - 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 (МОДУЛЯ)

#### а) основная литература

1. Сазонов Д.М. Многоэлементные антенные системы. Матричный подход. Монография. М: Радиотехника, 2015. – 144 с.
2. Гаврилов В. М., Смирнов Д. С. Анализ погрешности физического моделирования многоэлементных ФАР ограниченным фрагментом излучающего раскрыва. Антенны, 2016, №4, с. 41-46
3. Гаврилов В.М. Электродинамический расчет характеристик фазированной антенной решетки комбинированным методом. Антенны, 2004, № 6, с. 3-9.
4. Гаврилов В.М. Моделирование характеристик фазированных антенных решеток с помощью волноводного имитатора. Антенны, 2004, № 6, с. 3-9.
5. Гаврилов В.М. Анализ ошибок волноводного моделирования ФАР. Антенны, 2004, № 6, с. 10-12.
6. Иванов Н.Н., Гаврилов В.М. Исследование погрешностей моделирования ФАР методом «конечного фрагмента». Проектирование и технология электронных средств, 2002, № 3, с. 7-10.

#### б) дополнительная литература

1. Хансен Роберт С. Фазированные антенные решетки/ Хансен Р. С.; Синани А. И. (пер. с англ., ред.).– [2-е изд.]– М.: Техносфера, 2012 – 558 с.
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ Под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2003. – 633 с.
3. Гостюхин В. Л., Трусов В. Н., Гостюхин А. В. Активные фазированные антенные решетки. – М.: Радиотехника, 2011. – 304 с.
4. Н. Амтей, В. Галиндо, Ч. Ву. Теория и анализ фазированных антенных решеток/ Амтей Н., Галиндо В., Ву Ч. (пер. с англ.). Под ред. А. Ф. Чаплипа. – М.: Мир, 1974. – 455 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.

г) программное обеспечение

1. Пакет программ МКФ.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПОС


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.

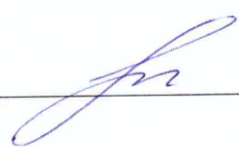
Рецензент (ы) зав. Отделом радиотехники ФГУП «ГНПП Крона» Соколов Н. К. 

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС  
Протокол № 9 от 9.02.15 года.

Заведующий кафедрой РТ и РС Никитин О.Р. 

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

Протокол № 7 от 10.02.14 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 \_\_\_\_\_ *В.Р.Н. РИТА 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 образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_

Актуализированная  
рабочая программа  
рассмотрена и одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 2016г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись, ФИО)

**Актуализация рабочей программы дисциплины**

---

(наименование дисциплины)

Направление подготовки

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования

Форма обучения

Владимир 2016

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: \_\_\_\_\_