

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

« 31 » 03 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Радиофизика ЭЛЕКТРОННЫХ КОЛЕБАНИЙ**

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	6/216	18	18	18	117	экзамен
Итого	6/216	18	18	18	117	экзамен

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения дисциплины «Радиофизика электронных колебаний» (РФЭК) являются:

1. Усвоение основных понятий теорем и принципов теории электромагнитного поля;
2. Анализ закономерностей волновых процессов, включая элементы теории дифракции и излучения;
3. Получение базовых и углубленных знаний для успешного освоения дисциплины профессионального цикла, связанных с разными сферами деятельности специалиста:
  - проектно-конструкторской;
  - производственно-технологической
  - научно-исследовательской;
  - сервисно-эксплуатационной.

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

Дисциплина РФЭК:

- индекс: Б1.В.ДВ.8;
- вариативная часть, дисциплины по выбору.

Успешное освоение дисциплины предполагает знание общих разделов высшей математике, физики, основ теории цепей. Из специальных разделов математики студентам должны быть известны основные операции и теоремы векторного анализа, матричная алгебра, теория функций комплексного переменного.

Освоение дисциплины РФЭК необходимо, как предшествующей, для последующих дисциплин: «Электродинамика и распространение радиоволн», «Устройства СВЧ и антенны», «Проектирование микроэлектронных устройств и антенн», «Оптические устройства в радиотехнике».

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ РФЭК**

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

1. Знать:

- основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;
- свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на границе раздела сред;
- элементы теории дифракции и теории излучения (ПК-1).

## 2. Уметь:

- математически описывать простейшие волновые процессы, в том числе процессы излучения и дифракции электромагнитных волн;
- формулировать и решать задачи излучения и распространения электромагнитных волн, как в свободном пространстве, так и в слоисто-неоднородных средах (ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-17).

## 3. Владеть:

- методами решения прикладных задач классической теории электромагнитного поля; основами математического моделирования электромагнитных полей в задачах излучения и дифракции, в том числе, с помощью ЭВМ;
- практическими навыками измерения электромагнитных полей в физических задачах рассеяния, возбуждения и дифракции с помощью современной измерительной аппаратуры (ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-17).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ РФЭЖ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 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	СРС	КП / КР		
1	Введение	4	1	0,25							
2	Электромагнитное поле и параметры сред	4	1	0,75	1			4	1/57		
3	Основные уравнения электродинамики	4	2	1	1			6	1/50		
4	Граничные условия	4	3	1	1			6	1/50		
5	Энергия электромагнитного поля	4	4	1	1			6	1/50		
6	Волновые уравнения	4	5	1	1			6	1/50		
7	Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде	4	6	1	1	4		6	4/66	Рейтинг-контроль 1	
		4	7	1	1			6	1/50		
8	Волновые явления на границе раздела двух сред	4	8	1	1	6		7	5/60		
		4	9	1	1			7	1/50		
		4	10	1	1			7	1/50		
		4	11	1	1			7	1/50		
9	Поверхностный эффект	4	12	1	1			7	1/50	Рейтинг-контроль 2	
10	Излучение электромагнитных волн	4	13	1	1	4		7	4/66		
		4	14	1	1			7	1/50		
11	Основные теоремы электродинамики	4	15	1	1			7	1/50		
			16	1	1			7	1/50		
12	Основы теории дифракции электромагнитных волн	4	17	1	1	4		7	4/66		
		4	18	1	1			7	1/50	Рейтинг-контроль 3	
Всего				18	18	18		117	31/57		экзамен

<b>Матрица соотношения разделов дисциплины и формируемых компетенций</b>							
Раздел дисциплины	Трудоемкость (в часах)	Компетенции					Количество компетенций
		ОПК-9	ПК-1	ПК-2	ПК-5	ПК-17	
1	0,25		+				1
2	1,75		+				1
3	2		+				1
4	2		+	+			2
5	2		+	+			2
6	2	+	+	+			2
7	8			+			2
8	14	+		+	+	+	4
9	2				+	+	2
10	8	+		+	+	+	4
11	4	+	+	+			3
12	8	+		+	+	+	4
Вес компетенций		0,18	0,25	0,29	0,14	0,14	

№ п/п	Темы практических занятий	Трудоемкость(в часах)
1	Уравнение Максвелла	6
2	Плоские электромагнитные волны	2
3	Отражение и преломление плоских электромагнитных волн	4
4	Элементарные излучатели	2
5	Интерференция и дифракция электромагнитных волн	4

№п/п	Темы лабораторных работ	Трудоемкость (в часах)
1	Плоские волны (виртуальная)	2
2	Поляризация электромагнитных волн (виртуальная)	2
3	Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела диэлектрических сред	4
4	Элементарные излучатели	4
5	Элемент Гюйгенса (виртуальная)	2
6	Дифракция плоской электромагнитной волны на металлическом круговом цилиндре	4

## 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. Объем занятий, проводимых с использованием интерактивных форм, составляет 18 часа лабораторных занятий, 18 часа практических занятий, 20 внеаудиторных часов для выполнения трех домашних контрольных работ.

### 5.2. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа включает домашнюю работу с лекционными материалами с целью расширения и углубления теоретических знаний, подготовку к выполнению и защите лабораторных работ, подготовку к практическим занятиям, выполнение заданий, предусмотренных домашними контрольными работами. Необходимые для самостоятельной работы источники и пакеты прикладных программ включены в электронном виде в учебно-методический комплекс, сопровождающий дисциплину. Эффективному характеру самостоятельной работы способствуют еженедельные консультации.

### 5.3. Компьютерные технологии обучения

Для глубокого и качественного освоения дисциплины студентами предоставляется электронная версия учебно-методического комплекса, включающего: конспект лекций; сборник задач; методические указания к лекциям, к практическим работам, к лабораторному практикуму и самостоятельной работе; сборник компьютерных программ для подготовки к лабораторным занятиям; рабочую программу; список вопросов к зачету; задания контрольных работ; тесты для проверки остаточных знаний.

### 5.4. Лекции приглашённых специалистов

В рамках курса РФЭК предусмотрены встречи со специалистами, в частности:

- доктором технических наук, профессором кафедры АУ и РРВ МЭИ, г. Москва Сазоновым Д.М.;
- доктором физ.-мат. наук, профессором Владимирского филиала РАНХ и ГС при президенте РФ Рау В.Г.

а. Рейтинговая система обучения

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр и предполагает оценку в баллах по следующим составляющим: планомерность выполнения лабораторных работ, активность и степень освоения материалов практических занятий, результаты выполнения домашних контрольных работ.

**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. Векторы электрического поля (Конспект лекций (КЛ) с.4-6).
2. Векторы магнитного поля (КЛ с.6-9).
3. Классификация сред (КЛ с.9-10).
4. Графическое изображение полей (КЛ с.10).
5. Потенциальные и вихревые поля (КЛ с.10-11).
6. Уравнение непрерывности (КЛ с.12-13).
7. Закон сохранения заряда (КЛ с.13).
8. Третье уравнение Максвелла (КЛ с.13-14).
9. Четвертое уравнение Максвелла (КЛ с.14).
10. Первое уравнение Максвелла (КЛ с.14-16).
11. Второе уравнение Максвелла (КЛ с.16-17).
12. Закон Ома в дифференциальной форме (КЛ с.17-18).
13. Уточнение понятия о проводниках и диэлектриках (КЛ с.18-19).
14. Полная система уравнений Максвелла (КЛ с.21).
15. Классификация электромагнитных явлений (КЛ с.21-23).
16. Уравнение Максвелла и сторонние токи (КЛ с.22-24).
17. Граничные условия для нормальных составляющих векторов электрического поля. Поверхностные заряды (КЛ с.25-27).
18. Граничные условия для касательных составляющих векторов электрического поля (КЛ с.27-28).
19. Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитного поля (КЛ с.28-29).
20. Граничные условия для касательных составляющих векторов магнитного поля. Поверхностный ток (КЛ с.29-31).
21. Полная система граничных условий. Граничные условия на поверхности идеального проводника (КЛ с.31-32).
22. Баланс энергий электромагнитного поля (КЛ с.32-36).
23. Плотность энергии электромагнитного поля (КЛ с.36-37).

24. Скорость распространения энергии электромагнитного поля (КЛ с.37-38).
25. Уравнение максвелла для монохроматического поля (КЛ с.38-41).
26. Уравнение баланса для средней за период мощности (КЛ с.41-42).
27. Уравнение баланса для комплексной мощности (КЛ с.44-47).
28. Теорема единственности для внутренней и внешней задач электродинамики (КЛ с.49-53).
29. Уравнение Гельмгольца (КЛ с.49-50).
30. Электродинамические потенциалы для комплексных амплитуд (КЛ с.50-53).
31. Решение неоднородного уравнения Гельмгольца(КЛ с.53-54).
32. Уравнение Максвелла с учётом магнитных токов и зарядов (КЛ с.55-57).
33. Плоские волны в однородной изотропной среде без потерь (КЛ с.57-62).
34. Плоские волны в однородной изотропной среде с проводимостью отличной от нуля (КЛ с.62-67).
35. Электромагнитные волны в реальных диэлектриках (КЛ с.67-68).
36. Электромагнитные волны в реальных проводниках (КЛ с.68-70).
37. Поляризация волн (КЛ с.70-71).
38. Плоские волны, распространяющиеся в произвольном направлении (КЛ с.71-72).
39. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков (нормальная поляризация) (КЛ с.72-75).
40. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков (параллельная поляризация) (КЛ с.75-78).
41. Условие полного прохождения волны во вторую среду. Угол Брюстера (КЛ с.78-80).
42. Полное отражение от границы раздела двух сред (две диэлектрические среды) – поле в первой среде (КЛ с.80-85).
43. Полное отражение от границы раздела двух сред (две диэлектрические среды) – поле во второй среде (КЛ с.85-87).
44. Полное отражение от границы раздела двух сред (диэлектрик и идеальный проводник) (КЛ с.87-88).
45. Падение плоской волны на границу поглощающей среды (КЛ с.88-89).
46. Падение плоской волны на границу хорошо проводящей среды (КЛ с.89-90).
47. Приближенные граничные условия Шукина-Леонтовича (КЛ с.90-91).
48. Явление поверхностного эффекта (КЛ с.91-92).
49. Потери энергии в проводниках (КЛ с.92-93).
50. Эквивалентный поверхностный ток (КЛ с.93-94).
51. Поверхностное сопротивление проводника (КЛ с.94-95).
52. Элементарный электрический излучатель (КЛ с.95-96).
53. Векторный электрический потенциал для элементарного электрического излучателя (КЛ с.96-97).
54. Составляющие электромагнитного поля элементарного электрического излучателя (КЛ с.97-98).
55. Ближняя и дальняя зоны элементарного электрического излучателя (КЛ с.99-100).
56. Диаграмма направленности элементарного электрического излучателя (КЛ с.100-101).
57. Мощность излучения элементарного электрического излучателя. Сопротивление излучения (КЛ с.101-103).
58. Понятие о магнитном токе (КЛ с.103).
59. Элементарный щелевой излучатель (КЛ с.103-106).
60. Лемма Лоренца (КЛ с.107-109).



61. Теорема взаимности для элементарных излучателей (КЛ с.109-110).
62. Эквивалентные источники электромагнитного поля. Принцип Гюйгенса (КЛ с.110-112).
63. Элемент Гюйгенса (КЛ с.113-116).
64. Строгая постановка задачи дифракции (КЛ с.116-118).
65. Дифракция плоской волны на круговом цилиндре (КЛ с.118-123).
66. Приближение Гюйгенса-Кирхгофа (КЛ с.123-125).
67. Геометрическая оптика (КЛ с.125-128).
68. Метод краевых волн (КЛ с.128-130).
69. Геометрическая теория дифракции (КЛ с.130-132).

6.2. Текущий контроль. Тесты для рейтинг-контроля знаний по дисциплине «Радиофизика электронных колебаний».

Для тестирования подготовлено 10 вариантов заданий, каждое из которых содержит 4 теоретических вопроса из разных разделов.

#### Тесты рейтинг-контроля №1

##### Вариант 1

1. Для какого класса электромагнитных явлений справедлив закон полного тока в следующей форме:  $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j}^\exists d\vec{S}$ ;  $\text{rot} \vec{H} = \vec{j}^\exists$ ?
  - 1) Стационарного;
  - 2) Нестационарного;
  - 3) Квазистационарного.
  
2. Как связано направление переноса мощности с ориентацией векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в плоской однородной волне?
  - 1) Перпендикулярно плоскости расположения векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$ ;
  - 2) Совпадает с вектором  $\vec{E}$ ;
  - 3) Совпадает с вектором  $\vec{H}$ .
  
3. Поясните физическое содержание задачи рассеяния плоской волны падающей на плоскую границу раздела сред.

- 1) Физический смысл основан на граничных условиях и условии излучения, согласно которому возбуждаемая поверхность порождает лишь уходящие от неё волны: отраженные и преломленные;
- 2) Физический смысл решений основан на использовании леммы Лоренца и теоремы эквивалентности, согласно которым возбуждаемая поверхность порождает лишь уходящие от неё волны: отраженные и преломленные;
- 3) Физический смысл решений основан на использовании принципа перестановочной двойственности и теоремы взаимности, согласно которым возбуждаемая поверхность порождает уходящие от неё волны: отраженные и преломленные.

4. Что понимается под плоской электромагнитной волной?

Под плоской подразумевается волна, распространяющаяся вдоль линейной координаты и в любой фиксированный момент времени неизменная в плоскости, перпендикулярной этой координате:

$$1) \bar{P} = \bar{l}_z \dot{P}_z, \dot{E}_z = H_z = 0; \frac{\partial}{\partial z} \neq 0;$$

$$2) \bar{P} = \bar{l}_z \dot{P}_z, E_z, H_z \neq 0; \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \neq 0; \frac{\partial}{\partial z} = 0;$$

$$3) \bar{P} = \bar{l}_z \dot{P}_z, E_z = H_z = 0; \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \neq 0; \frac{\partial}{\partial z} = 0.$$

### Вариант 2

1. Истоками (стоками) какого вектора электрического поля являются как свободные, так и связанные электрические заряды?

$$1) \bar{E};$$

$$2) \bar{D};$$

$$3) \bar{P}.$$

2. Различаются ли фазовая скорость и скорость распространения энергии для однородной плоской волны в средах без потерь и в поглощающих средах?

$$1) V_{\phi|\sigma=0} > V_{\phi|\sigma \neq 0}; \quad V_{\varepsilon|\sigma=0} > V_{\varepsilon|\sigma \neq 0};$$

$$2) V_{\phi|\sigma=0} = V_{\phi|\sigma \neq 0}; \quad V_{\varepsilon|\sigma=0} = V_{\varepsilon|\sigma \neq 0};$$

$$3) V_{\phi|\sigma=0} < V_{\phi|\sigma \neq 0}; \quad V_{\varepsilon|\sigma=0} < V_{\varepsilon|\sigma \neq 0}.$$

3. При каких условиях в задаче рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред отсутствует отражённая волна?

- 1) при параллельной поляризации,  $\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\varepsilon_2/\varepsilon_1}$ ;
  - 2) при нормальной поляризации,  $\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\mu_2/\mu_1}$ ;
  - 3) при круговой поляризации,  $\sin\varphi = n_2/n_1$ .
4. Что такое элементарный электрический излучатель и каковы его направленные свойства?
- 1) линейный проводник с переменным электрическим током, длина которого  $l \ll \lambda$ ;  
 $F(\theta) = \sin\theta$ ;  $F(\varphi) = 1$ ;
  - 2) проводник с переменным электрическим током, длиной  $l \ll \lambda$ ;  $F(\theta) = 1$ ;  $F(\varphi) = \sin\theta$ ;
  - 3) фрагмент фронта распространяющейся волны ( $\Delta S \ll \lambda^2$ );  $F(\theta) = (1/2)(1 + \cos\theta)$ .

### Вариант 3

1. Как выразить средний за период поток мощности через замкнутую поверхность  $S$ , ограничивающую объем  $V$ , включающий сторонние источники?

$$\text{а) } P_{\Sigma_{\text{ср}}} = R_s \oint_S \dot{\vec{\Pi}} d\vec{S};$$

$$\text{б) } P_{\Sigma_{\text{ср}}} = \oint_S \dot{\vec{\Pi}} d\vec{S};$$

$$\text{в) } P_{\Sigma_{\text{ср}}} = \int_S \dot{\vec{\Pi}} d\vec{S}.$$

2. В чем состоит главное различие волн в непоглощающих и поглощающих средах?

- 1)  $\sigma \neq 0$ :  $V_\phi, V_z, \dot{Z}_c \sim f(\omega)$ ;
- 2)  $\sigma = 0$ :  $V_\phi, V_z, \dot{Z}_c \sim f(\omega)$ ;
- 3)  $\sigma \neq 0$ :  $V_\phi, V_z, \dot{Z}_c \neq f(\omega)$ .

3. При каких условиях в задаче рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред отсутствует преломленная волна?

- 1)  $n_1 > n_2$ ,  $\varphi > \varphi_{\text{кр}}$ ;
- 2)  $n_1 < n_2$ ,  $\varphi > \varphi_{\text{кр}}$ ;
- 3)  $n_1 < n_2$ ,  $\varphi < \varphi_{\text{кр}}$ .

4. В чем заключается основные различия поля элементарного электрического излучателя в ближней и дальней зонах?

$$1) \gamma r \gg 1: \dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi \sim f(1/r); \dot{E}_\theta / \dot{H}_\varphi = Z_c, \dot{\vec{\Pi}} = R_c \dot{\vec{\Pi}};$$

$$2) \gamma r \gg 1: \dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi, \dot{E}_r \sim f(1/r^n); n \geq 2, \dot{P}_r \approx \operatorname{Im};$$

$$3) \gamma r \ll 1: \dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi \sim f(1/r^n); E_\theta / H_\varphi = Z_c; \dot{\vec{\Pi}} = R_e \dot{\vec{\Pi}}.$$

**Вариант 1**

1. Всегда ли вектора напряженности и индукций коллинеарны?

- 1)  $\vec{E} \parallel \vec{D}, \vec{H} \parallel \vec{B}$  в изотропных средах;
- 2)  $\vec{E} \parallel \vec{D}, \vec{H} \parallel \vec{B}$  в анизотропных средах;
- 3)  $\vec{E} \parallel \vec{D}, \vec{H} \parallel \vec{B}$  в гиромангнитных средах.

2. Могут ли электрические и магнитные составляющие поля плоской волны быть синфазны при распространении в поглощающей среде?

- 1) Нет;
- 2) Да;
- 3) При действительном значении  $\dot{Z}_c$ .

3. Что такое направляемые волны? Когда они являются поверхностными?

- 1) Волна, распространяющаяся вдоль границы раздела; направляемая волна с экспоненциально убывающей в нормальном направлении к направляющей поверхности;
- 2) Волна, распространяющаяся перпендикулярно границе раздела сред; волна экспоненциально убывающая в направлении распространения;
- 3) Волна, распространяющаяся вдоль линейной координаты; волна с неизменными параметрами в плоскости перпендикулярной направлению распространения.

4. Как найти поле элементарного магнитного излучателя, используя принцип перестановочной двойственности?

В выражениях для поля элементарного электрического излучателя осуществить замены:

- 1)  $\dot{E} \leftrightarrow \dot{H}, \dot{j}^3 \leftrightarrow -\dot{j}^m; \mu_a \leftrightarrow -\varepsilon_a;$
- 2)  $\dot{E} \leftrightarrow -\dot{H}, \dot{j}^3 \leftrightarrow -\dot{j}^m; \mu_a \leftrightarrow -\varepsilon_a;$
- 3)  $\dot{E} \leftrightarrow \dot{H}, \dot{j}^3 \leftrightarrow -\dot{j}^m; \mu_a \leftrightarrow \varepsilon_a.$

**Вариант 2**

1. Какой характер будет иметь диэлектрическая проницаемость: среды неоднородной изотропной и среды однородной анизотропной?

- 1)  $\varepsilon=f(P); \varepsilon=|\varepsilon|;$

2)  $\varepsilon=f(P)$  ;  $\varepsilon=\text{const}$ ;

3)  $\varepsilon=|\varepsilon|$  ;  $\varepsilon=f(P)$ .

2. Каким соотношением связаны поперечные составляющие плоской волны, распространяющейся в положительном направлении координаты  $Z$ ?

1)  $\dot{H}_1 = 1/\dot{Z}_c [\bar{1}_z \dot{E}_1]$ ;

2)  $\dot{\bar{H}}_1 = z_c [\bar{1}_z \dot{\bar{E}}_1]$ ;

3)  $\dot{\bar{H}}_1 = z_c [\dot{\bar{E}}_1 \bar{1}_z]$ .

3. В каких пределах лежит значение фазовой скорости направляемой поверхностной волны на границе раздела диэлектрических сред?

1)  $v_{01} < v_\phi < v_{02}$ ;

2)  $v_{01} > v_\phi > v_{02}$ ;

3)  $c < v_\phi < v_{02}$ .

4. Как вычислить мощность излучения элементарного электрического и магнитного излучателей?

1)  $P_{\Sigma_{cp}} = \oint_S \bar{P}_{cp} d\bar{S}$ ;

2)  $P_{\Sigma_{cp}} = \int_S \bar{P}_{cp} d\bar{S}$ ;

3)  $P_{\Sigma_{cp}} = \int_V \bar{P}_{cp} dV$ .

### Вариант 3

1. Каким граничным условиям удовлетворяют нормальные и тангенциальные составляющие электромагнитного поля на границе раздела сред с различными электродинамическими параметрами?

1)  $E_{1\tau} = E_{2\tau}$ ;  $H_{1\tau} = H_{2\tau}$ ;  $D_{1n} = D_{2n}$ ;  $B_{1n} = B_{2n}$ ;

2)  $D_{1\tau} = D_{2\tau}$ ;  $B_{1\tau} = B_{2\tau}$ ;  $E_{1n} = E_{2n}$ ;  $H_{1n} = H_{2n}$ ;

3)  $E_{1\tau} = E_{2\tau}$ ;  $H_{1n} = H_{2n}$ ;  $D_{1n} = D_{2n}$ ;  $B_{1n} = B_{2n}$ .

2. Как выглядит фазовый множитель плоской волны, распространяющейся в направлении

$Z'$ , составляющем с осями декартовой системы координат углы  $\varphi_x$ ,  $\varphi_y$ ,  $\varphi_z$ ?

1)  $e^{-jkz'} = e^{-jk(x\cos\varphi_x + y\cos\varphi_y + z\cos\varphi_z)}$ ;

$$2) e^{-jkz'} = e^{-jk(xtg\varphi_x + ytg\varphi_x + ztg\varphi_z)};$$

$$3) e^{-jkz'} = e^{-jk(x\sin\varphi_x + y\sin\varphi_x + z\sin\varphi_z)}$$

3. Как связаны между собой фазовая скорость и скорость распространения энергии направляемой поверхностной волны, существующей на границе раздела диэлектрических сред?

$$1) v_{\Phi} v_{\varepsilon} = v_{01}^2;$$

$$2) v_{\Phi} = v_{\varepsilon};$$

$$3) v_{\Phi} v_{\varepsilon} = v_{02}^2.$$

4. Что понимается под сопротивлением излучения элементарного электрического излучателя? Каков его физический смысл?

$$1) P_{\Sigma_{\text{ср}}} = I^2 R_{\Sigma} / 2; I^2 = \text{const}, R_{\Sigma} \uparrow \rightarrow P_{\Sigma_{\text{ср}}} \uparrow;$$

$$2) P_{\Sigma_{\text{ср}}} = U_m^2 / 2R_{\Sigma_{\text{щ}}}; U_m = \text{const}, R_{\Sigma_{\text{щ}}} \uparrow \rightarrow P_{\Sigma_{\text{ср}}} \downarrow;$$

#### Вариант 4

1. Какие граничные условия выполняются на поверхности идеального проводника?

$$1) E_{1\tau} = 0; H_{1n} = 0;$$

$$2) E_{1n} = 0; H_{1\tau} = 0;$$

$$3) \dot{\mathbf{i}}_{1\tau} \dot{E}_{1\tau} = \dot{Z}_{c_2} \left[ \dot{\mathbf{i}}_n \dot{H}_1 \right]$$

2. Определите поляризацию плоской волны, распространяющейся вдоль координаты  $Z$  и образованную наложением двух ортогонально поляризованных волн одного

направления:  $\dot{\vec{E}}_m = \dot{\vec{E}}_{m1} + \dot{\vec{E}}_{m2} = (\bar{1}_x \dot{A} + \bar{1}_y \dot{B}) e^{-jkz}$ , если фазы волн совпадают

( $\dot{A} = A e^{j\varphi}$ ,  $\dot{B} = B e^{j\varphi}$ ):

- 1) линейна;
  - 2) круговая;
  - 3) эллиптическая.
3. Какие особенности наблюдаются в случае наклонного падения плоской волны из диэлектрика на плоскую идеально проводящую поверхность?
- 1) полное внутреннее отражение при любом угле падения;
  - 2) полное внутреннее отражение при  $\varphi > \varphi_{кр}$ ;
  - 3) полное внутреннее отражение при  $\varphi = \varphi_B$ .
4. Что понимают под поверхностным сопротивлением проводника?

1) ;

2)  $\dot{Z}_s, \dot{\vec{E}} = \dot{Z}_s [\dot{\vec{H}}, \bar{1}_z]$ ;

3) Тесты рейтинг-контроля №3

### Вариант 1

1. Какое соотношение можно рассматривать в качестве критерия деления сред на проводники и диэлектрики?

1)  $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \gg 1$  – проводники;  $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \ll 1$  – диэлектрики;

2)  $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \ll 1$  – проводники;  $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \gg 1$  – диэлектрики;

3)  $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \ll 0$  – проводники;  $\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} = \infty$  – диэлектрики.

2. Определить поляризацию плоской волны, распространяющейся вдоль координаты  $Z$ , и образованную наложением двух ортогонально поляризованных волн одного

направления:  $\dot{\vec{E}}_m = \dot{\vec{E}}_{m1} + \dot{\vec{E}}_{m2} = (\bar{1}_x \dot{A} + \bar{1}_y \dot{B}) e^{-jkz}$ , при одинаковых амплитудах ( $A$

=  $C$ ) и фазовом различии  $90^\circ$ :  $\dot{A} = A e^{j\varphi}$ ,  $\dot{B} = B e^{j(\varphi - 90^\circ)}$ .

- 1) круговая правая;
  - 2) круговая левая;
  - 3) эллиптическая;
3. Какие особенности имеет преломленная волна при падении плоской волны на границу поглощающей среды?
- 1)  $\varphi_n = \varphi_d$ ;
  - 2)  $\varphi_n = \varphi_0$ ;
  - 3)  $\varphi_n = \varphi$ ;
4. Зачем вводится понятие эквивалентного поверхностного тока? Каким образом определяется его величина?
- 1) для упрощения расчетов;  $\dot{\vec{J}}^{\text{э}} = [1_n \dot{\vec{H}}_0]$
  - 2) для уточнения расчетов;  $\int_{\Delta S} \dot{\vec{J}}^{\text{э}} d\vec{S} = \oint_L \vec{H} d\vec{l}$ ;
  - 3) для повышения достоверности;  $\dot{\vec{J}}^{\text{э}} = \sigma \dot{\vec{E}}$ .

### Вариант 2

1. Какой характерной особенностью с точки зрения распределения зарядов обладают среды с проводимостью отличной от нуля?
  - 1)
  - 2)
  - 3).
  
2. С какими особенностями связано распространение плоских волн в реальных диэлектриках?
  - 1)  $\text{tg} \delta \ll 1; \beta = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a} \cdot (1 + \text{tg}^2 \delta / 8); v_{\Phi} = v_{\text{э}} = v_0 / (1 + \text{tg}^2 \delta / 8);$   
 $\alpha \cong \left(\frac{\sigma}{2}\right) \sqrt{\frac{\mu_{\text{э}}}{\varepsilon_{\text{э}}}}$  – дисперсия выражена слабо;
  - 2)  $\text{tg} \delta \gg 1; \beta = \alpha = \omega \sqrt{\mu_0 \delta / 2}; v_{\Phi} = v_{\text{э}} = \sqrt{2\omega / \mu_0 \sigma};$   
 $\lambda = 2\pi / \sqrt{f \mu_a \sigma}$  - дисперсия выражена сильно;



3)  $tg\delta = 0; \beta = \omega\sqrt{\mu_a \varepsilon_a}; v_\Phi = v_z = v_0; \lambda = v_0/f$  - дисперсия отсутствует;

3. В чём состоит приближённость граничных условий Шукина-Леонтовича?

1)  $\bar{1}_\tau \dot{E}_{1\tau} = \dot{Z}_{c2} [\bar{1}_n \dot{H}_1]; \varphi_g \cong 0;$

2)  $\dot{E}_2 = \dot{Z}_{c2} [\bar{1}_n \dot{H}_1]; \quad tg\varphi_g = \frac{k_1 \sin \varphi}{Re \sqrt{k_2^2 - k_1^2 \sin^2 \varphi}}$

3)  $\dot{E}_0^{np} = \dot{E}_0^{пад} T_{\perp(II)}; \sin \varphi_n = k_1/k_2 \sin \varphi.$

4. В чём физическая суть принципа эквивалентности?

Замена известного распределения поля на поверхности:  $\dot{E}_s, \dot{H}_s$  - распределением эквивалентных сторонних источников:

1)  $\dot{J}^{\exists} = [\bar{1}_n \dot{H}^s]; \tau^{\exists} = \varepsilon_a (\bar{1}_n \dot{E}^s); \dot{J}^M = -[\bar{1}_n \dot{E}^s]; \tau^M = \mu_a (\bar{1}_n \dot{H}^s);$

2) 3)  $\dot{J}^{\exists} = [\bar{1}_n \dot{H}^s]; \tau^{\exists} = \mu_a (\bar{1}_n \dot{H}^s); \dot{J}^M = [\bar{1}_n \dot{E}^s]; \tau^M = \varepsilon_a (\bar{1}_n \dot{E}^s).$

### Вариант 3

1. Может ли мощность сторонних источников быть отрицательной величиной?

1) да,  $P_{ст} < 0$ , если  $\bar{E} J^{ст} > 0$ ;

2) да,  $P_{ст} < 0$ , если  $\bar{E} J^{ст} < 0$ ;

3) нет,  $P_{ст} > 0$  – всегда.

2. С какими особенностями связано распространение плоских волн в реальных проводниках?

1)  $tg\delta \gg 1, \quad \beta = \alpha = \sqrt{\omega \mu_a \sigma / 2}; v_\Phi = v_z = \sqrt{\frac{2\omega}{\mu_a \sigma}}; \lambda = \frac{2\pi}{\sqrt{f \mu_a \sigma}}$  - дисперсия выражена

сильно;

$$2) \quad \text{tg}\delta \ll 1; \beta = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a} \cdot \left(1 + \frac{\text{tg}^2 \delta}{8}\right); v_{\Phi} = v_{\Sigma} = v_0 / \left(1 + \frac{\text{tg}^2 \delta}{8}\right); \lambda \cong (\sigma/2) \sqrt{\frac{\mu_a}{\varepsilon_a}} \quad .$$

дисперсия выражена слабо;

$$3) \quad \text{tg}\delta = 0; \beta = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a} \left(1 + \frac{\text{tg}^2 \delta}{8}\right); v_{\Phi} = v_{\Sigma} = v_0, \lambda = v_0 / f \text{ - дисперсия}$$

отсутствует;

3. Как выглядят приближенные граничные условия Шукина-Леонтовича?

$$1) \quad \dot{\bar{I}}_{1\tau} \dot{E}_{1\tau} = \dot{z}_{c2} [\bar{I}_n \dot{H}_1];$$

$$2) \quad E_{1\tau} = E_{2\tau}; \quad H_{1\tau} = H_{2\tau}; \quad D_{1n} = D_{2n}; \quad B_{1n} = B_{2n};$$

$$3) \quad (D_{1n} - D_{2n}) = \tau^3; \quad [\bar{I}_n \dot{E}_1] - [\bar{I}_n \dot{E}_2] = -\dot{j}^m; \quad (B_{1n} - B_{2n}) = \tau^m;$$

$$[\bar{I}_n \dot{H}_1] - [\bar{I}_n \dot{H}_2] = \dot{j}^m \quad .$$

4. Что собой представляет элемент Гюйгенса? Какими направленными свойствами он обладает?

1) элемент фронта распространяющейся волны:  $F(\theta) = (1/2)(1 + \cos\theta)$ ;

2) линейный проводник с переменным электрическим током, длиной  $l \ll \lambda$ ;

$F(\theta) = \sin\theta$ ;

$F(\varphi) = 1$ ;

3) рамочный проводник с переменным электрическим током, длиной  $l \ll \lambda$ ;  $F(\theta) = 1$ ;

$F(\varphi) = \sin\theta$ .

### 6.3. Контрольные работы для СРС.

Домашние контрольные работы являются базой для оценки степени усвоения теоретического материала и, совместно с другими формами учебного процесса, учитываются в рейтинг - контроле.

Для каждой контрольной работы подготовлено 10 вариантов. Каждый вариант содержит теоретические вопросы и задачи.

Номера задач соответствуют сборнику [3], включенному в раздел 7а. В электронном виде сборник задач входит в учебно-методический комплекс по дисциплине РФЭК.

## Контрольная работа № 1

### Вариант 1

1. Охарактеризуйте статические и динамические электромагнитные явления. Дайте определение электрического и магнитного полей.
2. Опишите принципы получения дифференциальных уравнений электродинамики. Какие математические операции при этом используются?
3. Объясните смысл закона сохранения энергии в объеме и точке, где используются электромагнитные поля.
4. [3], п. 7а: 2,8; 2,22.

### Вариант 2

1. Почему электрические и магнитные поля являются векторными величинами?
2. Опишите физическую сущность уравнений Максвелла. Каким образом учитывается в них присутствие сторонних источников?
3. Каков принцип математического построения уравнения баланса мощности из уравнений Максвелла?
4. [3], п. 7а: 2,10; 2,24.

### Вариант 3

1. Какими величинами описываются электрические и магнитные поля. Какова их физическая сущность?
2. В чем отличие и сходство уравнений электродинамики в интегральной и дифференциальной формах?
3. Каков физический смысл вектора Пойнтинга и в каких единицах он измеряется?
4. [3], п. 7а: 2,13; 2,25.

### Вариант 4

1. Опишите поведение силовых линий векторов электрического и магнитного полей.
2. Опишите свойства уравнений Максвелла.
3. Объясните интегральную и дифференциальную теоремы Пойнтинга.
4. [3], п. 7а: 2,14; 2,26.

### Вариант 5

1. Как связаны векторы электрического поля  $\vec{E}$  и  $\vec{D}$ , векторы магнитного поля  $\vec{H}$  и  $\vec{B}$ ? В чём смысл таких связей?
2. Опишите частные случаи уравнений Максвелла.
3. Проанализируйте и объясните появление взаимной энергии при рассмотрении полной энергии двух электромагнитных полей.
4. [3], п. 7а: 2,16; 2,27.

### Вариант 6

1. Дайте определение тока проводимости и тока смещения. В чем различие и сходство этих токов?
2. В чем суть метода комплексных амплитуд и зачем он применяется в электродинамике?
3. Опишите математическую процедуру при получении выражения для скорости распространения энергии электромагнитного поля.
4. [3], п. 7а: 2,17; 2,31.

### Вариант 7

1. Приведите способ классификации электромагнитных явлений.
2. Напишите уравнение Максвелла в комплексных амплитудах. Объясните в чем их отличие от записи через временные функции?
3. Приведите аналитические рассуждения о законе сохранения заряда и уравнение непрерывности.
4. [3], п. 7а: 2,18; 2,32.

### Вариант 8

1. Дайте определение понятиям идеальный проводник и идеальный диэлектрик. В чем смысл уточнения понятий проводник и диэлектрик?
2. Объясните смысл введения комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей.
3. Приведите и объясните уравнение баланса для средних за период значений мощностей в ограниченном объеме.
4. [3], п. 7а: 2,19; 2,22.

### Вариант 9

1. Приведите способ классификации сред с точки зрения их электромагнитных свойств.
2. Что понимают под граничными условиями и для каких целей они применяются? Перечислите граничные условия для тангенциальных и нормальных составляющих. Укажите на частные случаи.
3. Напишите и объясните смысл теоремы Пойнтинга для комплексных мощностей.
4. [3], п. 7а: 2,20; 2,24.

### Вариант 10

1. Приведите способ графического изображения полей. Как выглядит обобщенное дифференциальное уравнение линий поля?
2. Опишите математические принципы исследования граничных условий.
3. Сформируйте и опишите уравнения баланса для комплексных мощностей применительно к объему, ограниченному замкнутой идеально проводящей поверхностью.

- [3], п. 7а: 2,21; 2,25.

## Контрольная работа № 2

### Вариант 1

- Опишите математические преобразования уравнений Максвелла, приводящие их к уравнениям Гельмгольца.
- Дайте определение плоской волны. Почему плоская волна не может существовать в действительности?
- Поясните получение выражения для фазового множителя плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
- [3], п. 7а: 5.7; 6.5.

### Вариант 2

- Объясните смысл введения векторных и скалярных электродинамических потенциалов.
- Запишите дифференциальные уравнения плоской волны. Как выглядят их решения?
- Сравните результаты рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред при нормальной и параллельной поляризациях.
- [3], п. 7а: 5.10; 6.6.

### Вариант 3

- Перечислите характеристики электромагнитных волн.
- Как образуется вектор Пойнтинга в плоской волне и чему он равен?
- Поясните физическую сущность и условия полного преломления плоской волны на границе раздела диэлектрических сред.
- [3], п. 7а: 5.11; 6.7.

### Вариант 4

- Как записывается формула для постоянной распространения?
- Почему в исследованиях плоских волн отсутствуют граничные условия?
- Поясните физическую сущность, и условия полного внутреннего отражения на границе раздела диэлектрических сред. Какие волны называются направляемыми, поверхностными?
- [3], п. 7а: 5.14; 6.8.

### Вариант 5

- Поясните физический смысл фазовой постоянной. Как она связана с параметрами среды?

2. Что подразумевается под характеристическим сопротивлением плоской волны? К чему приводит комплексное значение характеристического сопротивления?
3. Опишите особенности рассеяния плоской волны при падении на границу с поглощающей средой.
4. [3], п. 7а: 5.17; 6.16.

#### Вариант 6

1. Поясните физический смысл постоянной затухания. Как она связана с параметрами среды?
2. Опишите особенности распространения плоских волн в вакууме и идеальном диэлектрике. Что подразумевается под понятием свободного пространства?
3. Сформулируйте и опишите условия применимости приближенных граничных условий Щукина – Леонтовича.
4. [3], п. 7а: 5.18; 6.17.

#### Вариант 7

1. Дайте определение фазовой скорости и длины волны.
2. Опишите особенности распространения плоских волн в реальных проводниках.
3. Какие особенности проявляются при падении плоской волны на поверхность идеального проводника?
4. [3], п. 7а: 5.20; 6.21.

#### Вариант 8

1. Напишите и объясните формулы решений неоднородных уравнений Гельмгольца.
2. Опишите поляризационные свойства плоской волны. В каком случае поляризация будет линейной, круговой, эллиптической?
3. В чем суть поверхностного эффекта? Как и для чего вводится понятие эквивалентного поверхностного тока?
4. [3], п. 7а: 5.21; 6.22.

#### Вариант 9

1. Запишите уравнения Максвелла с учетом магнитных зарядов и токов. Сформулируйте принцип перестановочной двойственности.
2. Опишите особенности распространения плоских волн в среде с проводимостью отличной от нуля. Что подразумевается под дисперсией и глубиной проникновения?
3. Что подразумевается под поверхностным сопротивлением реального проводника?
4. [3], п. 7а: 5.31; 6.33.

#### Вариант 10

1. Сформулируйте теорему единственности для внутренних и внешних задач электродинамики.
2. Опишите особенности распространения плоских волн в реальных диэлектриках?

3. Каким образом определяются потери в проводниках?
4. [3], п. 7а: 5.33; 6.38.

### Контрольная работа 3

#### Вариант 1

1. Что подразумевается под элементарным электрическим излучателем (ЭЭИ)? Каким образом подтверждается его близость с изотропным излучателем?
2. Поясните физический смысл леммы Лоренца. Связь между какими величинами она устанавливает?
3. [3], п. 7а: 11.9; 12.1.

#### Вариант 2

1. Опишите математические преобразования, в ходе которых определяется векторный электрический потенциал для ЭЭИ.
2. Как, используя лемму Лоренца, аналитически сформулировать теорему взаимности для элементарных излучателей?
3. [3], п. 7а: 11.10; 12.2.

#### Вариант 3

1. Опишите математические преобразования, в ходе которых определяются составляющие поля ЭЭИ.
2. Каким образом и для чего вводятся эквивалентные источники электромагнитного поля? Сформулируйте связь принципа эквивалентности с принципом Гюйгенса.
3. [3], п. 7а: 11.11; 12.3.

#### Вариант 4

1. Сформулируйте понятие ближней и дальней зон ЭЭИ, сравните свойства электромагнитного поля в зонах.
2. Что собой представляет элемент Гюйгенса? Какими направленными свойствами он обладает?
3. [3], п. 7а: 11.12; 12.4.

#### Вариант 5

1. Проанализируйте общие выражения для составляющих поля ЭЭИ и их преобразованную форму в дальней зоне.
2. Сформулируйте строгую постановку задачи дифракции.
3. [3], п. 7а: 11.13; 12.5.

#### Вариант 6

1. Дайте определение диаграммы направленности ЭЭИ, и постройте её в меридиональной и экваториальной плоскостях в нормированном виде.
2. В чём суть приближения Гюйгенса – Кирхгофа при решении дифракционных задач?
3. [3], п. 7а: 11.14; 12.6.

#### Вариант 7

1. Объясните процесс вычисления мощности и сопротивления излучения ЭЭИ.
2. Сформулируйте и опишите основные этапы решения задачи дифракции на круговом металлическом цилиндре.
3. [3], п. 7а: 11.15; 12.7.

#### Вариант 8

1. Что понимается под элементарным магнитным излучателем (ЭМИ)? Как получить выражение для составляющих поля ЭМИ, используя аналогичные выражения для ЭЭИ?
2. Поясните основные принципы метода геометрической оптики.
3. [3], п. 7а: 11.17; 12.8.

#### Вариант 9

1. Укажите отличия и сходства полей ЭЭИ и ЭМИ в дальней зоне с полем плоской волны.
2. Сформулируйте основные особенности решения дифракционных задач методом краевых волн.
3. [3], п. 7а: 11.18; 12.9.

#### Вариант 10

1. Объясните процедуру перехода от эквивалентного магнитного тока к реально существующему напряжению в случае элементарного щелевого излучателя. Приведите другие типы ЭМИ.
2. В чём суть метода геометрической теории дифракции? Сравните его с методом геометрической оптики.
3. [3], п. 7а: 11.19; 12.19.

### **7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ РФЭК**

а) Основная литература:



1. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн – М: Высшая школа, 2015. – 420 с. (Библиотека ВлГУ)
2. Никольский В.В., Никольская Т. И. Электродинамика и распространение радиоволн. – М: Наука, 2015. – 544 с. (Библиотека ВлГУ)
3. Сборник задач по курсу Электродинамика и распространение радиоволн / Баскаков С.И. и др., Под ред. С.И. Баскакова. – М: Высшая школа, 2015. – 208 с. (Библиотека ВлГУ)
4. Гаврилов В.М. Методические указания к учебно-исследовательским работам по дисциплине “Электродинамика и распространение радиоволн”. Владимир, 2000 – 100 с. (Библиотека ВлГУ)
5. Сборник задач по курсу Электродинамика и распространение радиоволн / Баскаков С.И. и др., Под ред. С.И. Баскакова. – М: Высшая школа, 2015. – 208 с. (Библиотека ВлГУ)
6. Гаврилов В.М. Методические указания к учебно-исследовательским работам по дисциплине “Электродинамика и распространение радиоволн”. Владимир, 2000 – 100 с. (Библиотека ВлГУ)

б) Дополнительная литература

1. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. – М: Радио и связь, 1988. – 440 с.
2. Петров В.М., Электродинамика и распространение радиоволн. – М: Высшая школа, 2001. – 376 с.
3. Федоров Н.Н. Основы электродинамики. – М: Высшая школа, 1980. – 339 с.
4. Вольман В.И., Пименов Ю.В. Техническая электродинамика. – М: связь, 2000. – 487 с.

в) Программное обеспечение

1. LabVIEW, комплекс программ сопровождающих физические лабораторные работы.

113

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ РФЭК

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- лабораторные макеты и измерительное оборудование специализированной лаборатории (510-3) по дисциплине ФРВ (3 лабораторные работы): Г4-114, Г4-37А, Г4-80 - 2 шт., У2-8, В3-38 - 3шт., ВМТ-Д, П6-23А;
- компьютеры со специализированным программным обеспечением LabVIEW (8 шт.) в специализированной лаборатории (504-3) для выполнения виртуальных лабораторных работ по дисциплине РФЭК (3 виртуальных работы).

Программа составлена в соответствии с требованием ФГОС ВО по направлению 11.03.01 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 № 12 от 30.03.15 года

Зав. кафедрой РТ и РС \_\_\_\_\_

 О.Р. Никитин.

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

Протокол № 9 от 31.03.15 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

 О.Р. 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 \_\_\_\_\_  


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: \_\_\_\_\_