

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности\_

А.А.Панфилов

« 02 » \_\_\_\_\_ 2016 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

РАДИОФИЗИКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения заочная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	6/216	4	4	4	204	зачет с оценкой
Итого	6/216	4	4	4	204	зачет с оценкой

Владимир 2016

*Мол.*

## 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: Радиофизика электронных колебаний (РФЭК):

- индекс: Б1.В.ДВ.3;
- 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 микроволновых 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 (ОК-7).

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-2).

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 (ОК-7, ОПК-2).



#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ РФЭК

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	0,1							
2	Электромагнитное поле и параметры сред	4	1	0,1	0,2				11		0,4/100
3	Основные уравнения электродинамики	4	2	0,2	0,2				11		0,4/100
4	Граничные условия	4	3	0,2	0,2				11		0,4/100
5	Энергия электромагнитного поля	4	4	0,2	0,2				11		0,4/100
6	Волновые уравнения	4	5	0,2	0,2				11		0,4/100
7	Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде	4	6	0,2	0,2				11		0,4/100
		4	7	0,2	0,2				11		0,4/100
8	Волновые явления на границе раздела двух сред	4	8	0,4	0,4				11		0,8/100
		4	9	0,4	0,4				11		0,8/100
		4	10	0,2	0,2				12		0,4/100
		4	11	0,2	0,2	4			14		4,4/100
9	Поверхностный эффект	4	12	0,2	0,2				12		0,4/100
10	Излучение электромагнитных волн	4	13	0,2	0,2				12		0,4/100
		4	14	0,2	0,2				11		0,4/100
11	Основные теоремы электродинамики	4	15	0,2	0,2				11		0,4/100
		4	16	0,2	0,2				11		0,4/100
12	Основы теории дифракции электромагнитных волн	4	17	0,2	0,2				11		0,4/100
		4	18	0,2	0,2				11		0,4/100

Всего			4	4	4		204		12/100	зачет с оценкой
-------	--	--	---	---	---	--	-----	--	--------	-----------------

<b>Матрица соотнесения разделов дисциплины и формируемых компетенций</b>				
Раздел дисциплины	Трудоемкость (в часах)	Компетенции		Количество компетенций
		ОК-7	ОПК-2	
1	0,1	+		1
2	0,3	+		1
3	0,4	+		1
4	0,4	+		1
5	0,4	+		1
6	0,4	+		1
7	1,2	+	+	2
8	7,2	+	+	2
9	0,8	+	+	2
10	1,6	+	+	2
11	1,6	+	+	2
12	1,6	+	+	2
Вес компетенций		0,67	0,33	

№ п/п	Темы практических занятий	Трудоемкость (в часах)
1	Уравнение Максвелла	1
2	Плоские электромагнитные волны	1
3	Отражение и преломление плоских электромагнитных волн	1
4	Элементарные излучатели	0,5
5	Интерференция и дифракция электромагнитных волн	0,5

№ п/п	Темы лабораторных работ	Трудоемкость (в часах)
3	Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела диэлектрических сред	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 4 часа лекционных занятий, 4 часа лабораторных и 4 часа практических занятий.

### 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. 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; сборник компьютерных программ для подготовки к лабораторным занятиям; рабочую программу; список вопросов к зачету с оценкой; 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.

### 5.5. Рейтинговая система обучения

Для заочной формы обучения рейтинг-контроль не проводится .

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

6.1.Вопросы к зачету с оценкой.

1. Векторы электрического поля.
2. Векторы магнитного поля.
3. Классификация сред.
4. Графическое изображение полей.
5. Потенциальные и вихревые поля.
6. Уравнение непрерывности.
7. Закон сохранения заряда.
8. Третье уравнение Максвелла.
9. Четвертое уравнение Максвелла.
10. Первое уравнение Максвелла.
11. Второе уравнение Максвелла.
12. Закон Ома в дифференциальной форме.
13. Уточнение понятия о проводниках и диэлектриках.
14. Полная система уравнений Максвелла.
15. Классификация электромагнитных явлений.
16. Уравнение Максвелла и сторонние токи.
17. Граничные условия для нормальных составляющих векторов электрического поля.  
Поверхностные заряды.
18. Граничные условия для касательных составляющих векторов электрического поля.
19. Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитного поля .
20. Граничные условия для касательных составляющих векторов магнитного поля.  
Поверхностный ток .
21. Полная система граничных условий. Граничные условия на поверхности идеального проводника .
22. Баланс энергий электромагнитного поля .
23. Плотность энергии электромагнитного поля .
24. Скорость распространения энергии электромагнитного поля .
  
25. Уравнение максвелла для монохроматического поля .
26. Уравнение баланса для средней за период мощности .
27. Уравнение баланса для комплексной мощности .
28. Теорема единственности для внутренней и внешней задач электродинамики .
29. Уравнение Гельмгольца .
30. Электродинамические потенциалы для комплексных амплитуд .



31. Решение неоднородного уравнения Гельмгольца.
32. Уравнение Максвелла с учётом магнитных токов и зарядов .
33. Плоские волны в однородной изотропной среде без потерь .
34. Плоские волны в однородной изотропной среде с проводимостью отличной от нуля .
35. Электромагнитные волны в реальных диэлектриках .
36. Электромагнитные волны в реальных проводниках .
- 37.** Поляризация волн .
38. Плоские волны, распространяющиеся в произвольном направлении .
39. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков (нормальная поляризация).
40. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков (параллельная поляризация) .
41. Условие полного прохождения волны во вторую среду. Угол Брюстера .
42. Полное отражение от границы раздела двух сред (две диэлектрические среды) – поле в первой среде .
43. Полное отражение от границы раздела двух сред (две диэлектрические среды) – поле во второй среде .
44. Полное отражение от границы раздела двух сред (диэлектрик и идеальный проводник) .
45. Падение плоской волны на границу поглощающей среды .
46. Падение плоской волны на границу хорошо проводящей среды .
47. Приближенные граничные условия Щукина-Леонтовича .
48. Явление поверхностного эффекта .
49. Потери энергии в проводниках .
50. Эквивалентный поверхностный ток .
- 51.** Поверхностное сопротивление проводника .
52. Элементарный электрический излучатель .
53. Векторный электрический потенциал для элементарного электрического излучателя .
54. Составляющие электромагнитного поля элементарного электрического излучателя
55. Ближняя и дальняя зоны элементарного электрического излучателя .
56. Диаграмма направленности элементарного электрического излучателя .
57. Мощность излучения элементарного электрического излучателя. Сопротивление излучения .
58. Понятие о магнитном токе .
59. Элементарный щелевой излучатель .
60. Лемма Лоренца .
61. Теорема взаимности для элементарных излучателей.
62. Эквивалентные источники электромагнитного поля. Принцип Гюйгенса .
63. Элемент Гюйгенса .
64. Строгая постановка задачи дифракции .
65. Дифракция плоской волны на круговом цилиндре .
66. Приближение Гюйгенса-Кирхгофа .
67. Геометрическая оптика .



68. Метод краевых волн .

69. Геометрическая теория дифракции .

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

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

Тест №1

### Вариант 1

1. Для какого класса электромагнитных явлений справедлив закон полного тока в следующей форме:  $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j}^{\text{э}} d\vec{S}$ ;  $\text{rot} \vec{H} = \vec{j}^{\text{э}}$ ?
  - 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:

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

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

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

### 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?

$$1) \text{ при параллельной поляризации, } \operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\varepsilon_2 / \varepsilon_1};$$

$$2) \text{ при нормальной поляризации, } \operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\mu_2 / \mu_1};$$

$$3) \text{ при круговой поляризации, } \sin \varphi = n_2 / n_1.$$

4. Что такое элементарный электрический излучатель и каковы его направленные свойства?

1) линейный проводник с переменным электрическим током, длина которого  $l \ll \lambda$ ;

$$F(\theta) = \sin \theta; \quad F(\varphi) = 1;$$



- 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

- Как выразить средний за период поток мощности через замкнутую поверхность  $S$ , ограничивающую объем  $V$ , включающий сторонние источники?
  - $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = R_e \oint_S \dot{\vec{\Pi}} d\vec{S}$ ;
  - $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = \oint_S \dot{\vec{\Pi}} d\vec{S}$ ;
  - $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = \int_S \dot{\vec{\Pi}} d\vec{S}$ .
- В чем состоит главное различие волн в непоглощающих и поглощающих средах?
  - $\sigma \neq 0$ :  $V_\phi, V_z, \dot{Z}_c \sim f(\omega)$ ;
  - $\sigma = 0$ :  $V_\phi, V_z, \dot{Z}_c \sim f(\omega)$ ;
  - $\sigma \neq 0$ :  $V_\phi, V_z, \dot{Z}_c \neq f(\omega)$ .
- При каких условиях в задаче рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред отсутствует преломленная волна?
  - $n_1 > n_2, \varphi > \varphi_{\text{кр}}$ ;
  - $n_1 < n_2, \varphi > \varphi_{\text{кр}}$ ;
  - $n_1 < n_2, \varphi < \varphi_{\text{кр}}$ .
- В чем заключается основные различия поля элементарного электрического излучателя в ближней и дальней зонах?
  - $\gamma r \gg 1$ :  $\dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi \sim f(1/r)$ ;  $\dot{E}_\theta / \dot{H}_\varphi = Z_c, \dot{\vec{\Pi}} = R_c \dot{\vec{\Pi}}$ ;
  - $\gamma r \gg 1$ :  $\dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi, \dot{E}_r \sim f(1/r^n)$ ;  $n \geq 2, P_\Sigma \approx \text{Im}$ ;
  - $\gamma r \ll 1$ :  $\dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi \sim f(1/rn)$ ;  $E_\theta / H_\varphi = Z_c; \dot{\vec{\Pi}} = \text{Re} \dot{\vec{\Pi}}$ .

Тест №2

### Вариант 1

- Всегда ли вектора напряженности и индукций коллинеарны?
  - $\vec{E} \parallel \vec{D}, \vec{H} \parallel \vec{B}$  в изотропных средах;
  - $\vec{E} \parallel \vec{D}, \vec{H} \parallel \vec{B}$  в анизотропных средах;
  - $\vec{E} \parallel \vec{D}, \vec{H} \parallel \vec{B}$  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  $Z_c$ .
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)  $\dot{E} \leftrightarrow \dot{H}; i^{\partial} \leftrightarrow -i^m; \mu_a \leftrightarrow -\varepsilon_a;$
  - 2)  $\dot{E} \leftrightarrow -\dot{H}; i^{\partial} \leftrightarrow -i^m; \mu_a \leftrightarrow -\varepsilon_a;$
  - 3)  $\dot{E} \leftrightarrow \dot{H}; i^{\partial} \leftrightarrow -i^m; \mu_a \leftrightarrow \varepsilon_a.$

### Вариант 2

1. Какой характер будет иметь диэлектрическая проницаемость: среды неоднородной изотропной и среды однородной анизотропной?
- 1)  $\varepsilon=f(P); \varepsilon=||\varepsilon||;$
  - 2)  $\varepsilon=f(P); \varepsilon=const;$
  - 3)  $\varepsilon=||\varepsilon||; \varepsilon=f(P).$
2. Каким соотношением связаны поперечные составляющие плоской волны, распространяющейся в положительном направлении координаты Z?
- 1)  $\dot{H}_1 = 1/Z_c [\overline{1_z \dot{E}_1}];$
  - 2)  $\dot{H}_1 = z_c [\overline{1_z \dot{E}_1}];$
  - 3)  $\dot{H}_1 = z_c [\dot{E}_1 \overline{1_z}].$



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)  $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = \oint_S \bar{\Pi}_{\text{ср}} d\bar{S}$ ;
  - 2)  $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = \int_S \bar{\Pi}_{\text{ср}} d\bar{S}$ ;
  - 3)  $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = \int_V \bar{\Pi}_{\text{ср}} dV$ .

### 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)  $e^{-jkz'} = e^{-jk(x\cos\varphi_x + y\cos\varphi_x + z\cos\varphi_z)}$ ;
  - 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)  $v_{\phi} v_{\text{э}} = v_{01}^2$ ;
  - 2)  $v_{\phi} = v_{\text{э}}$ ;
  - 3)  $v_{\phi} v_{\text{э}} = v_{02}^2$ .
4. Что понимается под сопротивлением излучения элементарного электрического излучателя? Каков его физический смысл?

- 1)  $P_{\Sigma_{cp}} = I^2 R_{\Sigma} / 2; I^2 = const, R_{\Sigma} \uparrow \rightarrow P_{\Sigma_{cp}} \uparrow;$
- 2)  $P_{\Sigma_{cp}} = U_m^2 / 2R_{\Sigma_{шц}}; U_m = const, R_{\Sigma_{шц}} \uparrow \rightarrow P_{\Sigma_{cp}} \downarrow;$
- 3)  $P_{\Sigma_{cp}} = (R_{\Sigma} / 2) \oint_S |\dot{\vec{H}}_{om}|^2 dS; R_S \uparrow \rightarrow P_{\Sigma_{cp}} \uparrow.$

#### 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)  $\dot{\vec{I}}_{\tau} \dot{E}_{1\tau} = \dot{Z}_{c2} [\bar{1}_n \dot{\vec{H}}_1].$
  
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) линейная;
  - 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  $\varphi = \varphi_{б}.$
  
4. Что понимают под поверхностным сопротивлением проводника?
  - 1)  $\dot{Z}_S, \dot{\vec{E}}_0 = \dot{Z}_S \dot{\vec{J}}^{\text{э}};$
  - 2)  $\dot{Z}_S, \dot{\vec{E}} = \dot{Z}_S [\dot{\vec{H}}, \bar{1}_Z];$
  - 3)  $R_{\Sigma}, P_{\Sigma_{cp}} = (I^2 \cdot R_{\Sigma}) / 2.$

Тест №3

#### Вариант 1

1. Какое соотношение можно рассматривать в качестве критерия деления сред на проводники и диэлектрики?
  - 1)  $\frac{\sigma}{\omega \epsilon_a} \gg 1$  – проводники;  $\frac{\sigma}{\omega \epsilon_a} \ll 1$  – диэлектрики;



- 2)  $\frac{\sigma}{\omega \epsilon_a} \ll 1$  – проводники;  $\frac{\sigma}{\omega \epsilon_a} \gg 1$  – диэлектрики;  
 3)  $\frac{\sigma}{\omega \epsilon_a} \ll 0$  – проводники;  $\frac{\sigma}{\omega \epsilon_a} = \infty$  – 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  $90^\circ$ :  $\dot{A} = Ae^{j\varphi}$ ,  $\dot{B} = Be^{j(\varphi-90^\circ)}$ .

- 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;  $\dot{\vec{J}}^{\partial} = [1_n \dot{\vec{H}}_0]$   
 2) для уточнения расчетов;  $\int_{\Delta S} \dot{\vec{J}}^{\partial} d\vec{S} = \oint_L \vec{H} d\vec{l}$ ;  
 3) для повышения достоверности;  $\dot{\vec{J}}^{\partial} = \sigma \dot{\vec{E}}$ .

### Вариант 2

1. Какой характерной особенностью с точки зрения распределения зарядов обладают среды с проводимостью отличной от нуля?

- 1)  $\rho^{\partial}(p, t) = \dot{\rho}^{\partial}(p, 0)e^{-(\sigma/\epsilon_a)t}$ ;  
 2)  $\rho^{\partial}(p, t) = \dot{\rho}^{\partial}(p, 0)e^{(\sigma/\epsilon_a)t}$ ;  
 3)  $\rho^{\partial}(p, t) = \dot{\rho}^{\partial}(p, 0)e^{(\epsilon_a/\sigma)t}$ .

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

- 1)  $tg \delta \ll 1$ ;  $\beta = \omega \sqrt{\mu_a \epsilon_a} \cdot (1 + tg^2 \delta / 8)$ ;  $v_{\Phi} = v_{\Sigma} = v_0 / (1 + tg^2 \delta / 8)$ ;

$\alpha \cong \left(\frac{\sigma}{2}\right) \sqrt{\frac{\mu_a}{\varepsilon_a}}$  - дисперсия выражена слабо;

2)  $\text{tg} \delta \gg 1; \beta = \alpha = \omega \sqrt{\mu_0 \delta / 2}; \nu_\Phi = \nu_\Xi = \sqrt{2\omega / \mu_0 \sigma};$

$\lambda = 2\pi / \sqrt{f \mu_a \sigma};$  - дисперсия выражена сильно;

3)  $\text{tg} \delta = 0; \beta = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a}; \nu_\Phi = \nu_\Xi = \nu_0; \lambda = \nu_0 / f$  - дисперсия отсутствует;

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

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

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

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

4. В чём физическая суть принципа эквивалентности?

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

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

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

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

### Вариант 3

1. Может ли мощность сторонних источников быть отрицательной величиной?

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

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

3) нет,  $P_{\text{ст}} > 0$  - всегда.

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

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

сильно;

2)  $\text{tg} \delta \ll 1; \beta = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a} \cdot \left(1 + \frac{\text{tg}^2 \delta}{8}\right); \nu_\Phi = \nu_\Xi = \nu_0 / \left(1 + \frac{\text{tg}^2 \delta}{8}\right); \lambda \cong (\sigma / 2) \sqrt{\frac{\mu_a}{\varepsilon_a}}$  -

дисперсия выражена слабо;



$$3) \operatorname{tg} \delta = 0; \beta = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a} \left( 1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \delta}{8} \right); \nu_\Phi = \nu_\varepsilon = \nu_0, \lambda = \nu_0 / f - \text{дисперсия}$$

отсутствует;

3. Как выглядят приближенные граничные условия Щукина-Леонтовича?

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

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

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

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

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

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

$$2) \text{ линейный проводник с переменным электрическим током, длиной } l \ll \lambda; \\ F(\theta) = \sin\theta;$$

$$F(\varphi) = 1;$$

$$3) \text{ рамочный проводник с переменным электрическим током, длиной } l \ll \lambda; F(\theta) = 1; \\ F(\varphi) = \sin\theta.$$

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

а) Основная литература:

1. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Сеницын А.К. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие / А.А. Кураев, Т.Л. Попкова, А.К. Сеницын. – М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. – 424 с.
2. Боков Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн (электронный ресурс): учебное пособие / Л.А. Боков, В.А. Замотринский, А.Е. Мандель. – Электронные текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 301 с.
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. Электродинамика и распространение радиоволн: метод. Указания к лабораторным работам по курсу “Электродинамика и распространение радиоволн” для студентов специальности 11.03.03 дневной формы обучения/ НГТУ им. Р.Е.Алексеева: сост.:С.М. Никулин, Е.А. Лебедева - Нижний Новгород, 2015. 63с.

б) Дополнительная литература


1. Мандель А.Е. Распространение радиоволн (электронный ресурс): учебное пособие / А.Е. Мандель, В.А. Замотринский. - Электронные текстовые данные. – Электронные текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 163 с.
2. Григорьев А.Д.Методы вычислительной электродинамики [Электронный ресурс]/Григорьев А.Д.-Электрон. Текстовые данные.-М.:ФИЗМАТЛИТ,2012. -432 с.
3. Электродинамика: Учебное пособие / И.Ф. Будагян, В.Ф. Дубровин, А.С. Сигов. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 304 с.
4. Евдокимов Ю. К., Линдваль В. Р., Щербаков Г. И.  
LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 400 с.

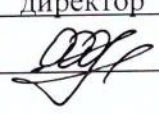
## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ РФЭК

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- лабораторные макеты и измерительное оборудование специализированной лаборатории (510-3) по дисциплине РФЭК (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  В.М. Гаврилов

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

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 1 от 1.09.16 года.

Заведующий кафедрой РТ и РС  О.Р. Никитин

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

Протокол № 1 от 2.09.16 года.

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



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

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 \_\_\_\_\_

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 \_\_\_\_ 2017 г.  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_  
(подпись, ФИО)

**Актуализация рабочей программы дисциплины**

---

(наименование дисциплины)

Направление подготовки

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования

Форма обучения

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

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

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

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

в) периодические издания: \_\_\_\_\_

г) интернет-ресурсы: \_\_\_\_\_