

2013

**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

« 11 » 03 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИКА РАДИОВОЛН**

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

Владимир 2015

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения дисциплины «Физика радиоволн» (ФРВ) 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 ФРВ:

- 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 ФРВ 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 ФРВ**

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 ФРВ

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	
		4	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 соотнесения разделов дисциплины и формируемых компетенций</b>				
Раздел дисциплины	Трудоемкость (в часах)	Компетенции		Количество компетенций
		ОК-7	ОПК-2	
1	0,25	+		1
2	1,75	+		1
3	2	+		1
4	2	+		1
5	2	+		1
6	2	+		1
7	8	+	+	2
8	14	+	+	2
9	2	+	+	2
10	8	+	+	2
11	4	+	+	2
12	8	+	+	2
Вес компетенций		0,67	0,33	

№ 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 ФРВ 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

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 Щукина-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 «Физика радиоволн».

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:  $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j}^{\text{э}} d\vec{S}; \text{rot} \vec{H} = \vec{j}^{\text{э}}?$ 
  - 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)  $\bar{P} = \bar{l}_z \dot{P}_z, \dot{E}_z = H_z = 0; \frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} = 0; \frac{\partial}{\partial z} \neq 0;$
  - 2)  $\bar{P} = \bar{l}_z \dot{P}_z, E_z, H_z \neq 0; \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \neq 0; \frac{\partial}{\partial z} = 0;$
  - 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)  $V_{\phi|\sigma=0} > V_{\phi|\sigma \neq 0}; V_{\varepsilon|\sigma=0} > V_{\varepsilon|\sigma \neq 0};$
  - 2)  $V_{\phi|\sigma=0} = V_{\phi|\sigma \neq 0}; V_{\varepsilon|\sigma=0} = V_{\varepsilon|\sigma \neq 0};$
  - 3)  $V_{\phi|\sigma=0} < V_{\phi|\sigma \neq 0}; V_{\varepsilon|\sigma=0} < V_{\varepsilon|\sigma \neq 0}.$

3. При каких условиях в задаче рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред отсутствует отражённая волна?
- 1) при параллельной поляризации,  $\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\epsilon_2/\epsilon_1}$ ;
  - 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 объём  $V$ , включающий сторонние источники?
- а)  $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = R_e \oint_S \dot{\vec{\Pi}} d\vec{S}$ ;
  - б)  $P_{\Sigma_{\text{ср}}} = \oint_S \dot{\vec{\Pi}} d\vec{S}$ ;
  - 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)  $\gamma r \gg 1: \dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi \sim f(1/r); \dot{E}_\theta / \dot{H}_\varphi = Z_c, \dot{\Pi} = R_c \dot{\Pi};$
- 2)  $\gamma r \gg 1: \dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi, \dot{E}_r \sim f(1/r^n); n \geq 2, P_{\Sigma} \approx \text{Im};$
- 3)  $\gamma r \ll 1: \dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi \sim f(1/rn); E_\theta / H_\varphi = Z_c; \dot{\Pi} = \text{Re} \dot{\Pi}.$

## Тесты рейтинг-контроля №2

### Вариант 1

1. Всегда ли вектора напряженности и индукций коллинеарны?
  - 1)  $\bar{E} \parallel \bar{D}, \bar{H} \parallel \bar{B}$  в изотропных средах;
  - 2)  $\bar{E} \parallel \bar{D}, \bar{H} \parallel \bar{B}$  в анизотропных средах;
  - 3)  $\bar{E} \parallel \bar{D}, \bar{H} \parallel \bar{B}$  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)  $\dot{E} \leftrightarrow \dot{H}; i^{\partial} \leftrightarrow -i^m; \mu_a \leftrightarrow -\varepsilon_a;$
  - 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)  $\epsilon=f(P)$  ;  $\epsilon=||\epsilon||$ ;
  - 2)  $\epsilon=f(P)$  ;  $\epsilon=const$ ;
  - 3)  $\epsilon=||\epsilon||$  ;  $\epsilon=f(P)$ .
2. Каким соотношением связаны поперечные составляющие плоской волны, распространяющейся в положительном направлении координаты  $Z$ ?
  - 1)  $\vec{H}_1 = 1/\dot{Z}_c [\vec{1}_z \dot{E}_1]$ ;
  - 2)  $\vec{H}_1 = z_c [\vec{1}_z \dot{E}_1]$ ;
  - 3)  $\vec{H}_1 = z_c [\dot{E}_1 \vec{1}_z]$ .
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)  $v < v_\phi < v_{02}$ .
4. Как вычислить мощность излучения элементарного электрического и магнитного излучателей?
  - 1)  $P_{\Sigma_{cp}} = \oint_S \vec{\Pi}_{cp} d\vec{S}$ ;
  - 2)  $P_{\Sigma_{cp}} = \int_S \vec{\Pi}_{cp} d\vec{S}$ ;
  - 3)  $P_{\Sigma_{cp}} = \int_V \vec{\Pi}_{cp} dV$ .

## 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)  $e^{-jkz'} = e^{-jk(xtg\varphi_x + ytg\varphi_y + ztg\varphi_z)}$ ;
  - 3)  $e^{-jkz'} = e^{-jk(x\sin\varphi_x + y\sin\varphi_y + z\sin\varphi_z)}$ .
3. Как связаны между собой фазовая скорость и скорость распространения энергии направляемой поверхностной волны, существующей на границе раздела диэлектрических сред?
- 1)  $v_\phi v_\partial = v_{01}^2$ ;
  - 2)  $v_\phi = v_\partial$ ;
  - 3)  $v_\phi v_\partial = v_{02}^2$ .
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)  $P_{\Sigma_{cp}} = U_m^2 / 2R_{\Sigma_{из}}$ ;  $U_m = const, R_{\Sigma_{из}} \uparrow \rightarrow P_{\Sigma_{cp}} \downarrow$ ;
  - 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)  $\dot{I}_\tau \dot{E}_{1\tau} = \dot{Z}_{c2} [\dot{I}_n \dot{H}_1]$ .
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)  $\dot{Z}_S, \dot{E}_0 = \dot{Z}_S \dot{J}^{\text{э}}$ ;
  - 2)  $\dot{Z}_S, \dot{E} = \dot{Z}_C [\dot{H}, \bar{1}_z]$ ;
  - 3)  $R_\Sigma, P_{\Sigma \text{ср}} = (I^{\text{э}2} \cdot R_\Sigma) / 2$ .

### 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:  $\dot{E}_m = \dot{E}_{m1} + \dot{E}_{m2} = (\bar{1}_x \dot{A} + \bar{1}_y \dot{B}) e^{-jkz}$ , 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;  $\dot{J}^{\text{э}} = [1_n \dot{H}_0]$

2) для уточнения расчетов;  $\int_{\Delta S} \dot{J}^{\text{э}} d\bar{S} = \oint_L \bar{H} d\bar{l}$ ;

3) для повышения достоверности;  $\dot{J}^{\text{э}} = \sigma \dot{E}$ .

## Вариант 2

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

1)  $\rho^{\text{э}}(p, t) = \dot{\rho}^{\text{э}}(p, 0) e^{-(\sigma/\epsilon_a)t}$ ;

2)  $\rho^{\text{э}}(p, t) = \dot{\rho}^{\text{э}}(p, 0) e^{(\sigma/\epsilon_a)t}$ ;

3)  $\rho^{\text{э}}(p, t) = \dot{\rho}^{\text{э}}(p, 0) e^{(\epsilon_a/\sigma)t}$ .

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

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

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

2)  $tg\delta \gg 1$ ;  $\beta = \alpha = \omega\sqrt{\mu_0\delta/2}$ ;  $v_{\text{ф}} = v_{\text{э}} = \sqrt{2\omega/\mu_0\sigma}$ ;

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

3)  $tg\delta = 0$ ;  $\beta = \omega\sqrt{\mu_a\epsilon_a}$ ;  $v_{\text{ф}} = v_{\text{э}} = v_0$ ;  $\lambda = v_0/f$  - 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)  $\dot{E}_2 = \dot{Z}_{c2} [\bar{1}_n \dot{H}_1]$ ;  $tg\varphi_g = \frac{k_1 \sin \varphi}{Re \sqrt{k_2^2 - k_1^2 \sin^2 \varphi}}$

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

4. В чём физическая суть принципа эквивалентности?

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



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

### Вариант 3

1. Может ли мощность сторонних источников быть отрицательной величиной?

- 1) да,  $P_{\text{ст}} < 0$ , если  $\bar{E} \bar{J}^{\text{ст}} > 0$ ;
- 2) да,  $P_{\text{ст}} < 0$ , если  $\bar{E} \bar{J}^{\text{ст}} < 0$ ;
- 3) нет,  $P_{\text{ст}} > 0$  – всегда.

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

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

сильно;

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

дисперсия выражена слабо;

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

отсутствует;

3. Как выглядят приближенные граничные условия Шюкина-Леонтовича?

- 1)  $\dot{1}_{\tau} \dot{E}_{1\tau} = \dot{z}_{c2} [\bar{1}_n \dot{H}_1];$
- 2)  $E_{1\tau} = E_{2\tau}; H_{1\tau} = H_{2\tau}; D_{1n} = D_{2n}; B_{1n} = B_{2n};$
- 3)  $(D_{1n} - D_{2n}) = \tau^{\ominus}; [\bar{1}_n \dot{E}_1] - [\bar{1}_n \dot{E}_2] = -\dot{J}^{\text{M}}; (B_{1n} - B_{2n}) = \tau^{\text{M}};$   
 $[\bar{1}_n \dot{H}_1] - [\bar{1}_n \dot{H}_2] = \dot{J}^{\text{M}}.$

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 ФРВ.

### 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.
4. [3], п. 7а: 2,21; 2,25.

### Контрольная работа № 2

#### Вариант 1

1. Опишите математические преобразования уравнений Максвелла, приводящие их к уравнениям Гельмгольца.

2. Дайте определение плоской волны. Почему плоская волна не может существовать в действительности?
3. Поясните получение выражения для фазового множителя плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
4. [3], п. 7а: 5.7; 6.5.

#### Вариант 2

1. Объясните смысл введения векторных и скалярных электродинамических потенциалов.
2. Запишите дифференциальные уравнения плоской волны. Как выглядят их решения?
3. Сравните результаты рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред при нормальной и параллельной поляризациях.
4. [3], п. 7а: 5.10; 6.6.

#### Вариант 3

1. Перечислите характеристики электромагнитных волн.
2. Как образуется вектор Пойнтинга в плоской волне и чему он равен?
3. Поясните физическую сущность и условия полного преломления плоской волны на границе раздела диэлектрических сред.
4. [3], п. 7а: 5.11; 6.7.

#### Вариант 4

1. Как записывается формула для постоянной распространения?
2. Почему в исследованиях плоских волн отсутствуют граничные условия?
3. Поясните физическую сущность, и условия полного внутреннего отражения на границе раздела диэлектрических сред. Какие волны называются направляемыми, поверхностными?
4. [3], п. 7а: 5.14; 6.8.

#### Вариант 5

1. 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 чем 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 ФРВ**

### 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:

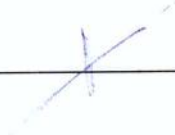
1. Мандель А.Е. Распространение радиоволн (электронный ресурс): учебное пособие / А.Е. Мандель, В.А. Замотринский. - Электронные текстовые данные. – Электронные текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 163 с.
2. Григорьев А.Д.Методы 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.

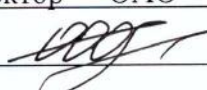
## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ФРВ

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 ФРВ (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 № 12 от 30.3.15 года.

Заведующий кафедрой РТ и РС  О.Р. Никитин

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

Протокол № 9 от 31.3.15 года.

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

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

Рабочая программа одобрена на 15/16 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.15 года

Заведующий кафедрой  ОР Наркитин

Рабочая программа одобрена на 16/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.16 года

Заведующий кафедрой  ОР Наркитин

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 \_\_\_\_ 2016 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: \_\_\_\_\_

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

Институт информационных технологий и радиоэлектроники  
Кафедра радиотехники и радиосистем

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ О.Р. Никитин

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

Основание:  
решение кафедры  
от « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И  
ПРМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Физика радиоволн

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника  
Профиль/программа подготовки  
Уровень высшего образования бакалавриат  
Форма обучения очная

## Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств по дисциплине ФРВ включает основные оценочные средства – вопросы к экзамену, контрольные работы для СРС, тесты для рейтинг-контроля. Приведенные оценочные средства служат для непосредственного оценивания уровня усвоения студентом материала дисциплины. Оценка по дисциплине выставляется с учетом среднего балла освоения компетенций по каждому из приведенных оценочных средств.

### 1) Перечень вопросов 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 Щукина-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).

**Критерии оценивания для экзамена:**

- «отлично» (60 баллов) соответствует высокому уровню сформированности компетенций и выставляется обучающемуся, если: вопрос раскрыт полностью; продемонстрировано свободное владение терминами, понятиями и определениями; представлены материалы дополнительных источников;
- «хорошо» (40 баллов) соответствует продвинутому уровню сформированности компетенций и выставляется обучающемуся, если: вопрос раскрыт полностью, продемонстрировано свободное владение терминами, понятиями и определениями; ответ ограничен материалами конспекта лекций;
- «удовлетворительно» (20 баллов) соответствует пороговому уровню сформированности компетенций и выставляется обучающемуся, если: вопрос раскрыт недостаточно полно; продемонстрировано владение терминами, понятиями и определениями с несущественными неточностями; ответы ограничены материалами конспекта лекций;
- «неудовлетворительно» - компетенции не сформированы, выставляется обучающемуся, если: вопрос не раскрыт; отсутствует знание основных терминов, понятий и определений; знание материала конспекта лекций носит эпизодический характер.

***Оценка уровня сформированности компетенции ПК  
для экзамена***

Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины, содержится в разделе 3 рабочей программы дисциплины «компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины».

<b><i>Показатели оценивания</i></b>	<b><i>Критерии оценивания компетенций</i></b>	<b><i>Шкала оценивания</i></b>
Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7). Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).	Знать: <ul style="list-style-type: none"><li>– основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;</li><li>– свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на границе раздела сред;</li><li>– элементы теории дифракции и теории излучения (ОК-7).</li></ul>	<b><i>Пороговый уровень – 20 баллов</i></b>
	Знать: <ul style="list-style-type: none"><li>– основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;</li><li>– свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на</li></ul>	<b><i>Продвинутый уровень – 40 баллов</i></b>

	<p>границе раздела сред;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– элементы теории дифракции и теории излучения (ОК-7).</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– математически описывать простейшие волновые процессы, в том числе процессы излучения и дифракции электромагнитных волн;</li> <li>– формулировать и решать задачи излучения и распространения электромагнитных волн, как в свободном пространстве, так и в слоисто-неоднородных средах (ОПК-2).</li> </ul>	
	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;</li> <li>– свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на границе раздела сред;</li> <li>– элементы теории дифракции и теории излучения (ОК-7).</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– математически описывать простейшие волновые процессы, в том числе процессы излучения и дифракции электромагнитных волн;</li> <li>– формулировать и решать задачи излучения и распространения электромагнитных волн, как в свободном пространстве, так и в слоисто-неоднородных средах (ОПК-2).</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами решения прикладных задач классической теории электромагнитного поля; основами математического моделирования электромагнитных полей в задачах излучения и дифракции, в том числе, с помощью ЭВМ (ОК-7, ОПК-2).</li> </ul>	<p><b>Высокий уровень – 60 баллов</b></p>

2) 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 ФРВ.

### 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.
4. [3], п. 7а: 2,21; 2,25.

### Контрольная работа № 2

#### Вариант 1

1. Опишите математические преобразования уравнений Максвелла, приводящие их к уравнениям Гельмгольца.
2. Дайте определение плоской волны. Почему плоская волна не может существовать в действительности?
3. Поясните получение выражения для фазового множителя плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
4. [3], п. 7а: 5.7; 6.5.

### Вариант 2

1. Объясните смысл введения векторных и скалярных электродинамических потенциалов.
2. Запишите дифференциальные уравнения плоской волны. Как выглядят их решения?
3. Сравните результаты рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред при нормальной и параллельной поляризациях.
4. [3], п. 7а: 5.10; 6.6.

### Вариант 3

1. Перечислите характеристики электромагнитных волн.
2. Как образуется вектор Пойнтинга в плоской волне и чему он равен?
3. Поясните физическую сущность и условия полного преломления плоской волны на границе раздела диэлектрических сред.
4. [3], п. 7а: 5.11; 6.7.

### Вариант 4

1. Как записывается формула для постоянной распространения?
2. Почему в исследованиях плоских волн отсутствуют граничные условия?
3. Поясните физическую сущность, и условия полного внутреннего отражения на границе раздела диэлектрических сред. Какие волны называются направляемыми, поверхностными?
4. [3], п. 7а: 5.14; 6.8.

### Вариант 5

1. 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 Шукина – 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.

### **Критерии оценивания контрольных работ для СРС**

- «отлично» (60 баллов) соответствует высокому уровню сформированности компетенций и выставляется обучающемуся, если: ответы на вопросы и полученные решения верны и полностью раскрывают тему; продемонстрировано владение терминами, понятиями и определениями; при выполнении работ использовались материалы дополнительных источников;

- «хорошо» (40 баллов) соответствует продвинутому уровню сформированности компетенций и выставляется обучающемуся, если: ответы на вопросы и полученные решения верны и полностью раскрывают тему; продемонстрировано владение терминами, понятиями и определениями; при выполнении работ использовались материалы конспекта лекций;

- «удовлетворительно» (20 баллов) соответствует пороговому уровню сформированности компетенций и выставляется обучающемуся, если: ответы на вопросы и представленные решения имеют неточности и не раскрывают тему в полной мере; продемонстрировано владение терминами, понятиями и определениями; овладение материалами дисциплины в пределах конспекта лекций;

- «неудовлетворительно» - компетенции не сформированы, выставляется обучающемуся, если: ответы на вопросы содержат принципиальные ошибки, задачи решены не верно; не освоены терминология, понятия и определения дисциплины; материалы конспекта освоены эпизодически.

**Оценка уровня сформированности компетенции ПК  
в контрольных работах для СРС**

Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины, содержится в разделе 3 рабочей программы дисциплины «компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины».

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Критерии оценивания компетенций</b>	<b>Шкала оценивания</b>
Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7). Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).	Знать: <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;</li> <li>– свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на границе раздела сред;</li> <li>– элементы теории дифракции и теории излучения (ОК-7).</li> </ul>	<b>Пороговый уровень – 20 баллов</b>
	Знать: <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;</li> <li>– свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на границе раздела сред;</li> <li>– элементы теории дифракции и теории излучения (ОК-7).</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– математически описывать простейшие волновые процессы, в том числе процессы излучения и дифракции электромагнитных волн;</li> <li>– формулировать и решать задачи излучения и распространения электромагнитных волн, как в свободном пространстве, так и в слоисто-неоднородных средах (ОПК-2).</li> </ul>	<b>Продвинутый уровень – 40 баллов</b>



	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;</li> <li>– свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на границе раздела сред;</li> <li>– элементы теории дифракции и теории излучения (ОК-7).</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– математически описывать простейшие волновые процессы, в том числе процессы излучения и дифракции электромагнитных волн;</li> <li>– формулировать и решать задачи излучения и распространения электромагнитных волн, как в свободном пространстве, так и в слоисто-неоднородных средах (ОПК-2).</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами решения прикладных задач классической теории электромагнитного поля; основами математического моделирования электромагнитных полей в задачах излучения и дифракции, в том числе, с помощью ЭВМ (ОК-7, ОПК-2).</li> </ul>	<p><b>Высокий уровень – 60 баллов</b></p>
--	--	---

3) Текущий контроль. Тесты для рейтинг-контроля по дисциплине «Физика радиоволн» радиоволн.

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:  $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j}^\partial d\vec{S}$ ;  $rot \vec{H} = \vec{j}^\partial$ ?
  - 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)  $\vec{P} = \vec{l}_z \dot{I}_z, \dot{E}_z = H_z = 0; \frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} = 0; \frac{\partial}{\partial z} \neq 0;$
  - 2)  $\vec{P} = \vec{l}_z \dot{I}_z, E_z, H_z \neq 0; \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \neq 0; \frac{\partial}{\partial z} = 0;$
  - 3)  $\vec{P} = \vec{l}_z \dot{I}_z, E_z = H_z = 0; \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \neq 0; \frac{\partial}{\partial z} = 0.$

## Вариант 2

1. Истоками (стоками) какого вектора электрического поля являются как свободные, так и связанные электрические заряды?
- 1)  $\vec{E}$ ;
  - 2)  $\vec{D}$ ;
  - 3)  $\vec{P}$ .
2. Различаются ли фазовая скорость и скорость распространения энергии для однородной плоской волны в средах без потерь и в поглощающих средах?
- 1)  $V_{\phi|\sigma=0} > V_{\phi|\sigma \neq 0}; V_{\varepsilon|\sigma=0} > V_{\varepsilon|\sigma \neq 0};$
  - 2)  $V_{\phi|\sigma=0} = V_{\phi|\sigma \neq 0}; V_{\varepsilon|\sigma=0} = V_{\varepsilon|\sigma \neq 0};$
  - 3)  $V_{\phi|\sigma=0} < V_{\phi|\sigma \neq 0}; V_{\varepsilon|\sigma=0} < V_{\varepsilon|\sigma \neq 0}.$
3. При каких условиях в задаче рассеяния плоской волны на границе раздела диэлектрических сред отсутствует отражённая волна?
- 1) при параллельной поляризации,  $\text{tg}\varphi = \sqrt{\varepsilon_2/\varepsilon_1};$
  - 2) при нормальной поляризации,  $\text{tg}\varphi = \sqrt{\mu_2/\mu_1};$
  - 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?
  - а)  $P_{\Sigma \text{ср}} = R_e \oint_S \dot{\vec{P}} d\vec{S}$ ;
  - б)  $P_{\Sigma \text{ср}} = \oint_S \dot{\vec{P}} d\vec{S}$ ;
  - в)  $P_{\Sigma \text{ср}} = \int_S \dot{\vec{P}} d\vec{S}$ .
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)  $\gamma r \gg 1$ :  $\dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi \sim f(1/r)$ ;  $\dot{E}_\theta / \dot{H}_\varphi = Z_c, \dot{\vec{P}} = R_c \bar{\vec{P}}$ ;
  - 2)  $\gamma r \gg 1$ :  $\dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi, \dot{E}_r \sim f(1/r^n)$ ;  $n \geq 2, \dot{P}_r \approx \text{Im}$ ;
  - 3)  $\gamma r \ll 1$ :  $\dot{E}_\theta, \dot{H}_\varphi \sim f(1/rn)$ ;  $E_\theta / H_\varphi = Z_c; \dot{\vec{P}} = \text{Re} \dot{\vec{P}}$ .

### Тесты рейтинг-контроля №2

#### 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 границы 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:

$$1) \dot{E} \leftrightarrow \dot{H}; \dot{j}^{\partial} \leftrightarrow -\dot{j}^m; \mu_a \leftrightarrow -\varepsilon_a;$$

$$2) \dot{E} \leftrightarrow -\dot{H}; \dot{j}^{\partial} \leftrightarrow -\dot{j}^m; \mu_a \leftrightarrow -\varepsilon_a;$$

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

### Вариант 2

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

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

$$2) \varepsilon=f(P); \varepsilon=const;$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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?

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

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

$$3) P_{\Sigma_{\text{ср}}} = (R_\Sigma / 2) \oint_S |\dot{\vec{H}}_{\text{ом}}|^2 dS; R_\Sigma \uparrow \rightarrow P_{\Sigma_{\text{ср}}} \uparrow.$$

#### Вариант 4

1. Какие граничные условия выполняются на поверхности идеального проводника?

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

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

$$3) \dot{\vec{I}}_\tau \dot{\vec{E}}_{1\tau} = \dot{Z}_{c_2} [\dot{\vec{I}}_n \dot{\vec{H}}_1].$$

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

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

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  $\varphi > \varphi_{\text{кр}}$ ;

3) полное внутреннее отражение при  $\varphi = \varphi_{\text{Б}}$ .

4. Что понимают под поверхностным сопротивлением проводника?

$$1) \dot{Z}_S, \dot{\vec{E}}_0 = \dot{Z}_S \dot{\vec{J}}^{\text{э}};$$

- 2)  $\dot{Z}_C, \dot{E} = \dot{Z}_C [\dot{H}, \bar{1}_Z];$   
 3)  $R_\Sigma, P_{\Sigma_{cp}} = (I^2 \cdot R_\Sigma)/2.$

### Тесты рейтинг-контроля №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:  $\dot{E}_m = \dot{E}_{m1} + \dot{E}_{m2} = (\bar{1}_x \dot{A} + \bar{1}_y \dot{B})e^{-jkz}$ , при одинаковых амплитудах ( $A = B$ ) 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;  $\dot{J}^{\text{э}} = [1_n \dot{H}_0]$   
 2) для уточнения расчетов;  $\int_{\Delta S} \dot{J}^{\text{э}} d\bar{S} = \oint_L \dot{H} d\bar{l}$ ;  
 3) для повышения достоверности;  $\dot{J}^{\text{э}} = \sigma \dot{E}$ .

#### Вариант 2

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

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

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

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

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

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

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

2)  $tg\delta = 0; \beta = \omega\sqrt{\mu_a\varepsilon_a}; v_\Phi = v_\Sigma = v_0; \lambda = v_0/f$  - 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)  $\dot{E}_2 = \dot{z}_{c2} [\bar{1}_n \dot{H}_1]; tg\varphi_g = \frac{k_1 \sin \varphi}{Re \sqrt{k_2^2 - k_1^2 \sin^2 \varphi}}$

3)  $\dot{E}_0^{np} = \dot{E}_0^{пад} \Gamma_{\perp(0)}; \sin \varphi_n = k_1/k_2 \sin \varphi.$

4. В чём физическая суть принципа эквивалентности?

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

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

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

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

### Вариант 3

1. Может ли мощность сторонних источников быть отрицательной величиной?

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

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

3) нет,  $P_{ст} > 0$  - всегда.

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

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

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

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

3. Как выглядят приближенные граничные условия Щукина-Леонтовича?

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

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

3)  $(D_{1n} - D_{2n}) = \tau^{\dot{\Sigma}}; [\bar{1}_n \dot{E}_1] - [\bar{1}_n \dot{E}_2] = -\dot{J}^M; (B_{1n} - B_{2n}) = \tau^M;$

$[\bar{1}_n \dot{H}_1] - [\bar{1}_n \dot{H}_2] = \dot{J}^M.$

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  $l \ll \lambda$ ;  $F(\theta) = 1$ ;  
 $F(\varphi) = \sin\theta$ .

**Критерии оценки рейтинг-контроля:**

- «отлично» (60 баллов) соответствует высокому уровню сформированности компетенций и выставляется обучающемуся, если: верными являются ответы на все вопросы; присутствуют дополнительные комментарии, свидетельствующие о знании материалов дополнительных источников;
- «хорошо» (40 баллов) соответствует продвинутому уровню сформированности компетенций и выставляется обучающемуся, если: верными являются ответы на все вопросы;
- «удовлетворительно» (20 баллов) соответствует пороговому уровню сформированности компетенций и выставляется обучающемуся, если: одному вопросу соответствует неверный ответ;
- «неудовлетворительно» - компетенции не сформированы, выставляется обучающемуся при двух неверных ответах.

**Оценка уровня сформированности компетенции ПК для рейтинг-контроля**

Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины, содержится в разделе 3 рабочей программы дисциплины «компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины».

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Критерии оценивания компетенций</b>	<b>Шкала оценивания</b>
Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7). Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).	Знать: <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;</li> <li>– свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на границе раздела сред;</li> <li>– элементы теории дифракции и теории излучения (ОК-7).</li> </ul>	<b>Пороговый уровень – 20 баллов</b>
	Знать: <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;</li> <li>– свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на границе раздела сред;</li> <li>– элементы теории дифракции и</li> </ul>	<b>Продвинутый уровень – 40 баллов</b>



	<p>теории излучения (ОК-7).</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– математически описывать простейшие волновые процессы, в том числе процессы излучения и дифракции электромагнитных волн;</li> <li>– формулировать и решать задачи излучения и распространения электромагнитных волн, как в свободном пространстве, так и в слоисто-неоднородных средах (ОПК-2).</li> </ul>	
	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные уравнения принципы и теоремы классической теории электромагнитного поля;</li> <li>– свойства электромагнитных волн в свободном пространстве и закономерности их рассеивания на границе раздела сред;</li> <li>– элементы теории дифракции и теории излучения (ОК-7).</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– математически описывать простейшие волновые процессы, в том числе процессы излучения и дифракции электромагнитных волн;</li> <li>– формулировать и решать задачи излучения и распространения электромагнитных волн, как в свободном пространстве, так и в слоисто-неоднородных средах (ОПК-2).</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами решения прикладных задач классической теории электромагнитного поля; основами математического моделирования электромагнитных полей в задачах излучения и дифракции, в том числе, с помощью ЭВМ (ОК-7, ОПК-2).</li> </ul>	<p><b>Высокий уровень – 60 баллов</b></p>

Разработчик



В.М. Гаврилов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ФОС) ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ФРВ**

ФОС одобрен на \_\_\_\_\_ учебный год

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

ФОС одобрен на \_\_\_\_\_ учебный год

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

ФОС одобрен на \_\_\_\_\_ учебный год

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

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

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

Институт информационных технологий и радиоэлектроники

Кафедра радиотехники и радиосистем

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

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ О.Р. Никитин

**Актуализация ФОС дисциплины**

ФИЗИКА РАДИОВОЛН

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Владимир 2016

Актуализация ФОС учебной дисциплины выполнена следующим образом:

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