

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой КИПР, проф.  
\_\_\_\_\_ В.Н.Татаринов  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2012 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ  
СТУДЕНТОВ (СРС)**

по дисциплине: Электродинамика сплошных сред (по выбору)

для специальности: 210201.65 – Проектирование и технология  
радиоэлектронных средств. Специализация “Компьютерное проектирование РЭС”,  
кафедра КИПР

Факультет: радиоконструкторский (РКФ)  
Профилирующая кафедра: Конструирования и производства  
радиоаппаратуры (КИПР)

Курс – 3

Семестры – 6

**Учебный план набора 2008 г. и последующих лет**

**Распределение учебного времени:**

Лекции	16 ч (ауд.)
Практические занятия	24 ч (ауд.)

**Всего ауд. занятий                    40 ч**

Самостоятельная работа	35 ч
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>75 ч</b>

**Зачёт – 6 семестр**

Разработал:

Профессор каф. КИПР

А.С. Шостак

"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2012 г.

<b>1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ. ЛЕКЦИИ (16 ч; САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА 8ч.) .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Тема 1. Введение (2 ч., самостоятельная работа 1 ч.) .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 .Тема 2. Основные понятия и уравнения электромагнетизма (4 ч., самостоятельная работа 2 ч.).....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 .Тема 3. Плоские электромагнитные волны в изотропных средах (2 ч., самостоятельная работа 1 ч.).....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 .Тема 4. Плоские электромагнитные волны анизотропных средах (6 ч., самостоятельная работа 3ч.).....</b>	<b>5</b>
<b>2.5 . Тема 5. Взаимодействие электромагнитного поля с пространственным зарядом (2 ч., самостоятельная работа 1 ч.) .....</b>	<b>5</b>
<b>Пространственный заряд: в электронных лампах, в полупроводниковых приборах. Физические принципы работы приборов с зарядовой связью (ПЗС), цифровые и аналоговые функциональные устройства на ПЗС.....</b>	<b>5</b>
<b>3 УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Основная литература: .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Дополнительная литература .....</b>	<b>6</b>
<b>3.3 Перечень методических указаний.....</b>	<b>6</b>
<b>3.4 Практические занятия: шестой (весенний) семестр 12 занятий – 24ч, самостоятельная работа 27 ч. ....</b>	<b>6</b>
<b>3.4.1 Цель практических занятий и особенности их проведения .</b>	<b>6</b>
<u>Семинарские занятия с решением задач (8 занятий по 2 часа, самостоятельная работа 16 часов).....</u>	<b>7</b>
<u>Семинарские занятия по индивидуальному заданию. ....</u>	<b>7</b>
<b>4 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ “ЭЛЕКТРОДИНАМИКА СПЛОШНЫХ СРЕД” .....</b>	<b>8</b>
<b>5 . ВИДЫ КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ .....</b>	<b>9</b>
<b>5.1 Сводные данные по семестру .....</b>	<b>9</b>

1.	<b>Посещение занятий.</b> Контроль осуществляет староста группы и преподаватель в течение всего семестра, максимальный балл за семестр - 18. ....	10
2.	<b>Тестовый контроль.</b> .....	10
3.	<b>Контроль качества выполнения заданий по темам занятий и индивидуальных заданий на практических занятиях</b> осуществляется исходя из качества работы студентов на практических занятиях, по отчетам по выполнению заданий студентами, по качеству выполнения индивидуального задания студенту, максимальный балл за семестр – 38. ....	10
4.	<b>Контроль за своевременностью выполнения различных видов работ,</b> максимальный балл за семестр (премия) – 14. ..	10
5.2	<b>Перечень тем для тестового контроля знаний</b> студентов перед контрольными точками 1, 2 и на конец семестра.....	11
5.2.1	<u>Тема 1. Уравнения Максвелла</u> .....	11
5.2.2	<u>Тема 2. Плоские электромагнитные волны</u> .....	12
5.2.3	<u>Тема 3. Радиоволны в материальных средах</u> .....	13

# **1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

## **1.1 Цели преподавания дисциплины**

Дисциплина по выбору студентов «Электродинамика сплошных сред» включена в учебные планы специальности 210201 (200800) решением Ученого совета РКФ.

**Дисциплина относится к дисциплинам по выбору естественнонаучного цикла дисциплин (ЕН.В.1)**

Целью преподавания дисциплины федерального компонента ГОС ВПО по направлению подготовки дипломированного специалиста, включающего специальность 210201 Проектирование и технология радиоэлектронных средств (РЭС) является углубление фундаментальных знаний о законах, описывающих электромагнитное поле, как вида материи, освоение математического аппарата и методов электродинамического описания явлений и процессов в радиоэлектронных устройствах различного назначения.

## **1.2 Задачи изучения дисциплины**

В результате изучения курса студенты должны углубить знания об основных законах электромагнитного поля, знать методы решения уравнений Максвелла при описании процессов излучения, распространения и дифракции радиоволн в различных средах и структурах.

**1.3 Изучаемая дисциплина базируется на следующих дисциплинах: ЕН. Ф.1 - математика, ЕН. Ф3 - физика, ОПД. Ф.4 и ОПД. Ф.5 – общая электротехника и электроника. СД.Ф.5 - техническая электродинамика.**

## **2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ. ЛЕКЦИИ (16 Ч; САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА 8Ч.)**

### **2.1 Тема 1. Введение (2 ч., самостоятельная работа 1 ч.)**

Цели и задачи дисциплины, организация самостоятельной работы студентов, рейтинговая оценка успеваемости.

### **2.2 .Тема 2. Основные понятия и уравнения электромагнетизма (4 ч., самостоятельная работа 2 ч.)**

**Векторы электромагнитного поля:** классификация сред, материальные уравнения. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах. Классификация электромагнитных явлений.

**Уравнения Максвелла для монохроматического поля:** метод комплексных амплитуд (МКА), уравнения Максвелла в комплексной форме.

Проводники и диэлектрики, время релаксации. Волновые уравнения. Граничные условия для электромагнитного поля.

### 2.3 .Тема 3. **Плоские электромагнитные волны в изотропных средах** (2 ч., самостоятельная работа 1 ч.)

**Волновой характер электромагнитного поля:** плоские волны, поляризация электромагнитных волн, волны в диэлектрике, в проводнике. Затухание электромагнитных волн, коэффициент распространения, поверхностный эффект.

### 2.4 .Тема 4. **Плоские электромагнитные волны анизотропных средах** (6 ч., самостоятельная работа 3ч.)

**Характеристика анизотропных сред:** электромагнитные волны в кристаллах, электромагнитные волны в гиротропных средах, физический механизм анизотропии ферритов.

**Распространение радиоволн в намагниченном феррите:** продольное и поперечное распространение. Физические основы применения ферритов на СВЧ, невзаимные функциональные устройства.

**Электромагнитные волны в плазме:** плазма и ее электродинамические свойства, влияние постоянного магнитного поля, гиромагнитный резонанс. Распространение радиоволн в направлении постоянного магнитного поля, распространение радиоволн в направлении перпендикулярном к направлению постоянного магнитного поля

### 2.5 . Тема 5. **Взаимодействие электромагнитного поля с пространственным зарядом** (2 ч., самостоятельная работа 1 ч.)

**Пространственный заряд:** в электронных лампах, в полупроводниковых приборах. Физические принципы работы приборов с зарядовой связью (ПЗС), цифровые и аналоговые функциональные устройства на ПЗС.

## 3 УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 3.1 Основная литература:

1. Электродинамика сплошных сред: Курс лекций/ Шостак А.С. – 2012. 190 с. Электронный ресурс [edu.tusur.ru/training/publicftions/1208](http://edu.tusur.ru/training/publicftions/1208)
2. Основы электродинамики и распространение радиоволн. Часть 1. Электромагнитные поля и волны: Курс лекций/ Шостак А.С. – 2012. 143 с. Электронный ресурс [edu.tusur.ru/training/publicftions/1223](http://edu.tusur.ru/training/publicftions/1223)

3. Основы электродинамики и распространение радиоволн. Часть 2. Распространение радиоволн: Курс лекций/ Шостак А.С. – 2012. 84 с. Электронный ресурс [edu.tusur.ru/training/publicftions/1221](http://edu.tusur.ru/training/publicftions/1221).

### 3.2 Дополнительная литература

1. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. - М.: Глав. редакция физико-математической литературы, 2005. - 651 с. Всего 10. АНЛ (2). СЧЗ 1 (1), СЧЗ 5 (1). АУЛ (6)
2. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 558 с. Всего 100. СЧ 31 (1). АНЛ (8). СЧ 35 (1). АУЛ(85).
3. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика. - М.: Радио и связь. 2002. – 536 с. Всего 23. СЧ 31 (1). АНЛ (1). СЧ 35 (1). АУЛ(17).
4. Кравченко А.Ф. Физические основы функциональной электроники. – Новосибирск: Издательство НГУ. 2000. – 442 с. Всего 6. СЧ 31 (1). АНЛ (4). СЧ 35 (1).
5. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн. – М.: - Высшая школа, 1975 -279 с. Всего 3. СЧ 31 (1). АНЛ (2).
6. Гасанов Л.Г. и др. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи. – М. – Радио и Связь. – 1988. – 228 с. Всего 7. АНЛ (5). АУЛ(2).
7. Смирнов С.В. Физика твердого тела. – Томск: ТМСДО. 2000. – 89 с. Всего 16. АУЛ(16).

### 3.3 Перечень методических указаний

1. Электродинамика сплошных сред: Сборник задач/ Шостак А.С. – 2012. 72 с. Электронный ресурс [edu.tusur.ru/training/publicftions/1321](http://edu.tusur.ru/training/publicftions/1321)
2. Основы электродинамики и распространение радиоволн.: Сборник задач/ Козлов В.Г., Корогодов В.С., Шостак А.С. – 2012. 172 с. Электронный ресурс [edu.tusur.ru/training/publicftions/1224](http://edu.tusur.ru/training/publicftions/1224).

### 3.4 Практические занятия: шестой (весенний) семестр 12 занятий – 24ч, самостоятельная работа 27 ч.

#### 3.4.1 Цель практических занятий и особенности их проведения

Практические (семинарские) занятия направлены на закрепление и расширение знаний, полученных на лекциях и при изучении рекомендованной литературы согласно рабочей программе дисциплины.

Предусмотрены практические занятия с решением задач.

В ходе практических занятий проводится оценивание теоретических знаний и умений студентов по итогам решения задач и выступлений с рефератами (индивидуальными заданиями).

Практические (семинарские) занятия проводятся в увязке с рас-

смотрением соответствующих вопросов на лекциях.

Семинарские занятия с решением задач (8 занятий по 2 часа, самостоятельная работа 16 часов).

Занятия проводятся с использованием задачника [1] – занятия (1 – 7) и задачника [2] – занятия 8 из списка методической литературы

Занятие 1 Основы электромагнетизма (2 ч., самостоятельная работа 2 ч.)

Занятие 2 **Уравнения Максвелла- Лоренца** (2 ч., самостоятельная работа 2 ч.)

Занятие 3 Применение граничных условий изотропных сред (2 ч., самостоятельная работа 2 ч.)

Занятие 4 Применение граничных условий для анизотропных сред (2 ч., самостоятельная работа 2 ч.)

Занятие 5 Радиоволны в материальных средах (2ч., самостоятельная работа 2 ч.)

Занятие 6 Радиоволны в материальных средах с частотной дисперсией фазовой скорости (2ч., самостоятельная работа 2 ч.)

Занятие 7 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн в однородных средах (2ч., самостоятельная работа 2 ч.)

Занятие 8 Особенности распространения плоских электромагнитных волн в неоднородных средах. (2 ч., самостоятельная работа 2ч.)

#### Семинарские занятия по индивидуальному заданию.

После 1-й контрольной точки каждому студенту предлагается выполнить индивидуальное задание и выступить с ним на практическом занятии (занятие 9 - 12). В соответствии с расписанием занятий формируется список и дата выступления каждого студента. Выступление студента должно сопровождаться иллюстративным материалом, например слайдами.

Выступающему студенту для подготовки индивидуального **планируется 7 часов самостоятельной работы.**

При подготовке выступления на семинаре студент должен использовать не только обязательную и дополнительную литературы, а привлекать иные источники.

Остальные студенты также должны готовить материал для участия в дискуссии. На каждое занятие из сформированного списка выступлений (занятие 9 - 12) **участнику дискуссии планируется 1 час самостоятельной работы – всего 4 часа.**

**Темы семинарских занятий № 9, 10, 11 и 12** (каждое занятие 2 часа, участнику дискуссий - самостоятельная работа 1 час, выступающему – самостоятельная работа – 7 часов) формируются из прилагаемого списка.

Перечень тем для семинарских занятий по дисциплине.

1. Приборы с зарядовой связью. Принципы работы. Технические устройства и их применение.
2. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов.
3. Особенности распространения земных и пространственных радиоволн.
4. Свойства магнитодиэлектриков. Принципы создания невзаимных устройств СВЧ.
5. Радиолокация в свободном пространстве и в материальных (сплошных) средах.
6. Применение поляризационных свойств электромагнитных волн в связи и радиолокации.
7. Неотражающие покрытия. Принципы создания.
8. Поверхностный эффект. Применение в радиочастотном диапазоне.
9. Вклад Максвелла в теорию электромагнитного поля. Применение и физический смысл уравнений Максвелла.
10. Электронная теория Лоренца. Материальные уравнения для различных сред.
11. Радиосвязь в диапазоне СВЧ. Принципиальная необходимость использования диапазона СВЧ для радиосвязи, техника, особенности.
12. Особенности применения оптического диапазона волн для связи.
13. Нелинейная радиолокация. Принципы. Техника.
14. Контроль однородности электрических характеристик сред в низкочастотном диапазоне радиоволн.
15. Контроль однородности диэлектрических материалов. Физические основы. Техника.
16. Электрооптические эффекты в кристаллах. Жидкие кристаллы. Применение в технике, в быту, в медицине.

#### 4 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ “ЭЛЕКТРОДИНАМИКА СПЛОШНЫХ СРЕД”

Для успешного усвоения дисциплины студент должен систематически изучать лекционный материал и выполнять практические задания и активно работать на практических (семинарских) занятиях. Источники из перечня обязательной, дополнительной и методической литературы содержат необходимый объём материалов для освоения дисциплины.



Для систематического изучения лекционного материала студенту выделяется **8 часов самостоятельной работы**.

Для успешной работы на практических (семинарских) занятиях студенту выделяется **27 часов самостоятельной работы**:

- самостоятельная работа студентов на занятиях с решением задач (занятия 1-8) – **16 часов**;

- самостоятельная работа студентов на занятиях по индивидуальному плану (занятия 9-12) – **4 часа**;

- самостоятельная работа отдельного студента **по подготовке индивидуального задания - 7 часов**.

Таблица 1 содержит сводные данные по самостоятельной работе студентов.

Таблица 1. Сводные данные по СРС

Виды самостоятельной работы студентов	Количество часов
Изучение лекционного материала	8
Работа студентов на занятиях по темам 1 - 8	16
Работа студентов на занятиях по темам 9 - 12	4
Подготовка индивидуального задания	7
Итого:	35

## **5 . ВИДЫ КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

В соответствии с рабочей программой по дисциплине предусмотрена бальная оценка качества работы студентов в различных видах работ. В таблице 2 приведены сводные данные по семестру.

### **5.1 Сводные данные по семестру**

**Таблица 2** – Распределение баллов в течение шестого семестра для дисциплины «Интегральные физические процессы», завершающейся зачетом и содержащей 8 лекций (16 часов) и 12 практических занятий (24 часа)

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец	Всего за семестр

			семестра	
Посещение занятий	6	6	6	<b>18</b>
Тестовый контроль	10	10	10	<b>30</b>
Контроль качества выполнения заданий по темам занятий и индивидуальных заданий на практических занятиях	12	12	14	<b>38</b>
Компонент своевременности	4	4	6	<b>14</b>
<b>Итого максимум за период:</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

- 1. Посещение занятий.** Контроль осуществляет староста группы и преподаватель в течение всего семестра, максимальный балл за семестр - 18.
- 2. Тестовый контроль.**  
Тестовый контроль знаний студентов по содержанию дисциплины на момент контроля осуществляет преподаватель в соответствии с Таблицей 2 три раза за семестр, максимальный балл за семестр – 30  
Контроль проводится в зависимости от состава группы или на лекциях, или на практических занятиях,  
Выборочный контроль знаний студентов проводится также во время лекционных и практических занятий.
- 3. Контроль качества выполнения заданий по темам занятий и индивидуальных заданий на практических занятиях** осуществляется исходя из качества работы студентов на практических занятиях, по отчетам по выполнению заданий студентами, по качеству выполнения индивидуального задания студенту, максимальный балл за семестр – 38.
- 4. Контроль за своевременностью выполнения различных видов работ,** максимальный балл за семестр (премия) – 14.

## 5.2 Перечень тем для тестового контроля знаний студентов перед контрольными точками 1, 2 и на конец семестра

### 5.2.1 Тема 1. Уравнения Максвелла

1.1 Предпочтительнее пользоваться уравнениями Максвелла в интегральной форме, если: а) известно в явном виде уравнение контура, охватывающего электромагнитное поле; б) известны в явном виде уравнения контура и поверхности, через которую проходят силовые линии; в) известны в явном виде уравнения контура, поверхности и объема, содержащего электрические заряды.

1.2 Принцип суперпозиции электромагнитных полей заключается в том, что: а) общее решение уравнений Максвелла есть сумма частных решений; б) общее решение есть сумма частных решений помноженных на произвольные постоянные коэффициенты  $a_i$ , где  $i$  – номер частного решения; в) общее решение есть произведение частных решений.

1.3 Мгновенное значение вектора, гармонически изменяющегося во времени, есть: а) реальная часть от комплексной амплитуды; б) реальная часть самого вектора; в) мнимая часть самого вектора.

1.4 Амплитуды двух гармонически изменяющихся во времени векторов имеют вид  $\vec{E}_1 = E_0 \cdot \vec{i}_x$  и  $\vec{E}_2 = jE_0 \cdot \vec{i}_x$ . Из условия следует, что: а) вектора параллельны орту  $\vec{i}_x$ ; б) образуют в пространстве угол  $90^\circ$ ; в) вектор  $\vec{E}_2$  опережает вектор  $\vec{E}_1$  по фазе на четверть периода.

1.5 Вектор Пойнтинга для гармонического процесса имеет вид:

$$\vec{P} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left[ \vec{E} \cdot \vec{H}^* \right] + \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left[ \vec{E} \cdot \vec{H}^* \right] e^{j2\omega t},$$

где: а) первое слагаемое есть колеблющаяся часть мощности, а второе – усредненная за период плотность потока мощности; б) первое слагаемое есть усредненная за период плотность потока мощности, а второе – колеблющаяся часть мощности, среднее значение которой за период равно 0; в) оба слагаемых описывают плотность потока мощности переносимой электромагнитным поле.

1.6 Из четвертого уравнения Максвелла  $\operatorname{div} \vec{B} = 0$  следует, что магнитных зарядов в природе не существует. Однако при расчете, например, антенн вводят сторонний магнитный ток  $j_{CT}$  с целью: а) придания симметричного вида первого и второго уравнений Максвелла; б) если известно решение для вектора  $\vec{E}$ , то автоматическая запись решения для вектора  $\vec{H}$  осуществляется путем простой замены  $\varepsilon \leftrightarrow \mu_a$ ,  $j_{CT}^{\mathcal{E}} \leftrightarrow j_{CT}^M$ ; в) доказательства дуальности (двойственности) электромагнитного процесса.

1.7 Введение стороннего магнитного тока позволяет: а) доказать лемму Лоренца; б) не позволяет доказать лемму Лоренца; в) лемма Лоренца не имеет отношения к магнитному току.

1.8 Для того, чтобы найти мгновенное значение поля в методе комплексных амплитуд, необходимо: а) домножить реальную часть на показательную функцию вида  $\exp(-j\omega t)$ ; б) домножить реальную часть на показательную функцию вида  $\exp(j\omega t)$ ; в) поделить на показательную функцию вида  $\exp(j\omega t)$ .

1.9 Действительная часть диэлектрической проницаемости ( $\epsilon_a = \epsilon'_a + j\epsilon''_a$ ) определяется: а) процессами поляризации в веществе; б) потерями на Джоулево тепло; в) процессами распространения волны в веществе.

1.10 Тангенс угла диэлектрических потерь определяется только: а) величиной мнимой части диэлектрической проницаемости; б) величиной действительной части диэлектрической проницаемости; в) отношением мнимой части к действительной части диэлектрической проницаемости.

## 5.2.2 Тема 2. Плоские электромагнитные волны

2.1 Математической моделью однородной плоской волны является функция: а)  $A(z, t) = A_m \cos(\omega t - \beta z)$ ; б)  $A(z, t) = \text{Re}\{A_m e^{-j\beta z} e^{j\omega t}\}$ ; в)  $A(z, t) = \text{Re}\{\dot{A}_m e^{-j\beta z}\}$ .

2.2 Мгновенные значения функции  $A(z, t)$  определяется аргументами: а)  $(x, y, z, t)$ ; б)  $(x, y, t)$ ; в)  $(z, t)$ .

2.3 Колебания в точке с координатой  $Z > 0$  запаздывают по фазе на величину: а)  $\beta z$  радиан; б)  $(\omega t - \beta z)$  радиан; в)  $\omega t$  радиан.

2.4 Плоскостью равных фаз или волновым фронтом называется плоскость: а) перпендикулярная оси  $Z$ ; б) плоскость, удовлетворяющая при любых  $t$  уравнению  $\omega t - \beta z = \text{const}$ ; в) плоскость  $XOY$  (волна распространяется вдоль оси  $z$ ).

2.5 Процесс распространения электромагнитной волны характеризуется коэффициентом распространения  $\gamma = \alpha + j\beta$ , где  $\alpha$  – коэффициент ослабления,  $\beta$  – коэффициент фазы. Волновой процесс осуществляется, если: а)  $\gamma$  – комплексное число; б)  $\gamma$  – мнимое число; в)  $\gamma$  – действительное число.

2.6 Электромагнитная волна является плоской однородной волной только в случае, если: а)  $E_x \neq 0, E_y = E_z = 0$ ; б) отличная от нуля проекция  $E_x$  удовлетворяет уравнению  $-\frac{\partial E_x}{\partial X} = \frac{\partial E_x}{\partial Y} = 0$ ; в)  $E_y \neq 0, E_x = E_z = 0$  и

$$\frac{\partial E_y}{\partial X} = \frac{\partial E_y}{\partial Y} = 0.$$

2.7 В однородной плоской волне векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$ : а) перпендикулярны; б)  $\vec{E} \perp \vec{H}$  и перпендикулярны оси распространения  $Z$ ; в) ориентированы произвольно.

2.8 Волна называется правополяризованной, если: а)  $E_x = E_{m1} \cos \omega t$ ; б)  $E_x = E_{m1} \cos \omega t$ ,  $E_y = E_{m2} \sin \omega t$ ; в)  $E_x = E_{m1} \cos \omega t$ ,  $E_y = -E_{m2} \sin \omega t$ .

4.9 Комплексный характер характеристического сопротивления среды означает, что: а) среда с потерями на Джоулево тепло; б) среда с потерями, вектора  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  колеблются не синфазно; в) имеется сдвиг фаз между векторами  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$ , пропорциональный тангенсу угла диэлектрических потерь.

2.10 Волновой вектор  $\vec{k}$  плоской волны образует одинаковый угол  $\theta$  с положительными направлениями осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  декартовой системы координат. Каков этот угол? **Ответ:** а)  $30^\circ$ ; б)  $45^\circ$ ; в)  $57.74^\circ$ .

### 5.2.3 Тема 3. Радиоволны в материальных средах

3.1 Неоднородной изотропной средой являются среды с материальными константами вида: а)  $\varepsilon_a(x, y, z)$ ,  $\mu_a = \mu_0$ ; б)  $\varepsilon_a(x, y, z)$ ,  $\mu_a(x, y, z)$ ; в)  $\varepsilon_a = \varepsilon_0$ ,  $\mu_a(x, y, z)$ .

3.2 В земной атмосфере приближение геометрической оптики справедливо для волн радиодиапазона: а) диапазона ДВ; б) диапазона СВ; в) диапазона УКВ.

3.3 Метод геометрической оптики не учитывает такого явления, как: а) интерференцию; б) лучевую картину поля; в) дифракцию радиоволн.

3.4 Поверхностный слой Земли является: а) полупроводником; б) диэлектриком; в) имеет электрические свойства металла.

3.5 Диэлектрическая проницаемость тропосферы претерпевает пространственные и временные изменения. Причиной таких изменений является: а) магнитное поле Земли; б) гравитационное поле Земли; в) тепловое поле Земли.

3.6 Какая часть атмосферы Земли является дисперсионной средой: а) стратосфера; б) ионосфера; в) тропосфера.

3.7 Плотность атмосферы ростом высоты уменьшается, т.е.  $n_0 \geq n(z)$ , где  $n_0$  показатель преломления у поверхности Земли. Плоская волна, падающая на границу слоя под углом  $\theta_0$ , будет: а) распространяться прямолинейно; б) угол  $\theta$  будет уменьшаться с увеличением  $z$ ; в) угол  $\theta$  будет увеличиваться.

3.8 Явление поворота луча имеет место, если: а)  $\theta = 0$ ; б)  $n(z_{\text{п}}) = n_0 \sin \theta_0$ ; в)  $\theta_0 \rightarrow \frac{\pi}{2}$ , где  $\theta_0$  – угол падения волны на границу слоя,  $n(z_{\text{п}})$  – показатель преломления на высоте  $z_{\text{п}}$ ,  $n_0$  – показатель преломления у поверхности Земли.

3.9 Тропосферная волноводная рефракция – это: *a)* отрицательная рефракция; *б)* критическая рефракция; *в)* положительная рефракция.

3.10 Критическая частота ионосферного слоя определяется: *a)* концентрацией ионов; *б)* концентрацией электронов; *в)* концентрацией нейтральных молекул.

3.11 Максимально применимая частота (МПЧ) зависит от: *a)* мощности излучения  $P_{\text{и}}$ ; *б)* от критической (плазменной) частоты  $f_{\text{пл}}$ ; *в)* от угла падения волны на границу слоя  $\theta_0$ .

3.12 Диэлектрическую проницаемость тропосферы можно рассчитать, если известны: *a)* давление газа; *б)* давление водяных паров (абсолютная влажность воздуха); *в)* температура.