



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)  
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе дисциплины)  
**«ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН»**

основной профессиональной образовательной программы специалитета  
по специальности

**25.05.03 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО  
РАДИООБОРУДОВАНИЯ**

Специализации программы  
**«Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота»  
«Информационно-телекоммуникационные системы на транспорте  
и их информационная защита»**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

Морской  
кафедра судовых радиотехнических систем

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Результаты освоения дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с компетенциями

Код и наименование компетенции	Результаты обучения, соотнесенные с компетенциями
ПК-2: Способен осуществлять эксплуатацию подсистем и оборудования радиосвязи на судовых станциях связи	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные виды линий связи и диапазоны радиоволн, используемые для работы подсистем ГМССБ;</li> <li>- основные факторы, влияющие на распространение радиоволн, в линиях связи и диапазонах, указанных в п.1;</li> <li>- основные методы учета влияния факторов, указанных в п.2, на распространение радиоволн.</li> </ul> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прогнозировать возникновение факторов, влияющих на распространение радиоволн в линиях связи, используемых для работы подсистем ГМССБ;</li> <li>- прогнозировать результат воздействия факторов, влияющих на распространение радиоволн, на работу линий связи, используемых для работы подсистем ГМССБ;</li> <li>- производить расчет результатов воздействия факторов, влияющих на распространение радиоволн, на работу линий связи, используемых для работы подсистем ГМССБ и предлагать мероприятия по их корректировке;</li> </ul> <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информацией о факторах, существенно влияющих на распространение радиоволн;</li> <li>- информацией о результатах воздействия этих факторов на распространение радиоволн;</li> <li>- информацией о методах корректировки влияния факторов, существенных для распространения радиоволн.</li> </ul>
ПК-7: Способен осуществлять проведение научно-исследовательских работ по разработке инновационных радиоэлектронных средств различного назначения	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные уравнения электродинамики;</li> <li>- методы расчета напряженности электромагнитного поля при распространении в среде;</li> <li>- методы расчета ослабления электромагнитного поля при распространении в среде.</li> </ul> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать значения напряженности электрического поля в среде с постоянными параметрами;</li> <li>- прогнозировать вероятные значения напряженности электрического поля в неоднородной среде;</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Результаты обучения, соотнесенные с компетенциями
	-прогнозировать вероятные значения напряженности электрического поля в среде с меняющимися со временем параметрами. <u>Владеть:</u> - навыком решения простейших электродинамических задач; - навыком расчета напряженности электрического поля для различных условий распространения радиоволн; - навыком расчета ослабления электромагнитного поля при распространении в среде.

1.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типа с ключами правильных ответов;
- задания по контрольной работе (в соответствии с учебным планом).

Промежуточная аттестация в первом семестре изучения дисциплины проводится в форме зачета с оценкой, которая выставляется по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости, во втором семестре изучения дисциплины – в форме экзамена.

При необходимости для проведения промежуточной аттестации могут быть использованы тестовые задания закрытого и открытого типов.

### 1.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: а) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; б) «зачтено», «не зачтено»; в) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. б).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Система оценок  Критерий	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>0-40%</b>	<b>41-60%</b>	<b>61-80 %</b>	<b>81-100 %</b>
	<b>«неудовлетворительно»</b>	<b>«удовлетворительно»</b>	<b>«хорошо»</b>	<b>«отлично»</b>
	<b>«не зачтено»</b>	<b>«зачтено»</b>		
<b>2 Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

1.4 Оценивание тестовых заданий закрытого типа осуществляется по системе зачтено/не зачтено («зачтено» – 41-100% правильных ответов; «не зачтено» – менее 40 % правильных ответов) или пятибалльной системе (оценка «неудовлетворительно» – менее 40 % правильных ответов; оценка «удовлетворительно» – от 41 до 60 % правильных ответов; оценка «хорошо» – от 61 до 80% правильных ответов; оценка «отлично» – от 81 до 100 % правильных ответов).

Тестовые задания открытого типа оцениваются по системе «зачтено/не зачтено». Оценивается верность ответа по существу вопроса, при этом не учитывается порядок слов в словосочетании, верность окончаний, падежи.

## 2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Компетенция ПК-2: Способен осуществлять эксплуатацию подсистем и оборудования радиосвязи на судовых станциях связи.

### Тестовые задания закрытого типа

1. Второе уравнение Максвелла в дифференциальной форме имеет вид...

$$а) \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$б) \operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$в) \operatorname{div} \vec{D} = \rho$$

$$г) \operatorname{div} \vec{B} = 0$$

2. Граничные условия для касательной компоненты вектора  $\vec{E}$  на границе раздела двух сред имеет вид...

$$а) (\vec{n}_0 \vec{E}_1) = (\vec{n}_0 \vec{E}_2)$$

$$б) [\vec{n}_0 \vec{E}_1] = [\vec{n}_0 \vec{E}_2]$$

$$в) (\vec{n}_0 \vec{E}_1) + (\vec{n}_0 \vec{E}_2) = \frac{\rho_s}{\varepsilon \varepsilon_0}$$

$$г) [\vec{n}_0 \vec{E}_1] - [\vec{n}_0 \vec{E}_2] = \frac{\rho_s}{\varepsilon \varepsilon_0}$$

$$д) [\vec{n}_0 \vec{E}_1] + [\vec{n}_0 \vec{E}_2] = \frac{\rho_s}{\varepsilon \varepsilon_0}$$

3. Лемма Лоренца имеет вид...

$$а) \operatorname{div} \left[ \hat{E}_1 \hat{H}_2 \right] - \operatorname{div} \left[ \hat{E}_2 \hat{H}_1 \right] = 0$$

$$б) \operatorname{div} \left[ \hat{E}_1 \hat{H}_2 \right] - \operatorname{div} \left[ \hat{E}_2 \hat{H}_1 \right] = \left( \hat{E}_2 \hat{j}_1^{cm} \right) - \left( \hat{E}_1 \hat{j}_2^{cm} \right)$$

$$\text{в) } \operatorname{div} \left[ \hat{E}_1 \hat{H}_1 \right] + \operatorname{div} \left[ \hat{E}_2 \hat{H}_2 \right] = \left( \hat{E}_2 \hat{J}_2^{cm} \right) + \left( \hat{E}_1 \hat{J}_1^{cm} \right)$$

$$\text{г) } \operatorname{div} \left[ \hat{E}_1 \hat{H}_1 \right] - \operatorname{div} \left[ \hat{E}_2 \hat{H}_2 \right] = \left( \hat{E}_2 \hat{J}_2^{cm} \right) - \left( \hat{E}_1 \hat{J}_1^{cm} \right)$$

$$\text{д) } \operatorname{div} \left[ \hat{E}_1 \hat{H}_2 \right] + \operatorname{div} \left[ \hat{E}_2 \hat{H}_1 \right] = \left( \hat{E}_2 \hat{J}_1^{cm} \right) + \left( \hat{E}_1 \hat{J}_2^{cm} \right)$$

4. Коэффициент отражения для параллельно поляризованной волны может быть записан в виде...

$$\text{а) } R_{\parallel} = \frac{z_{1c} z_{2c} \cos \theta}{z_{1c} \cos \varphi + z_{2c} \cos \theta}$$

$$\text{б) } R_{\parallel} = \frac{z_{1c} \cos \varphi + z_{2c} \cos \theta}{z_{1c} z_{2c} \cos \theta}$$

$$\text{в) } R_{\parallel} = \frac{z_{1c} \cos \varphi - z_{2c} \cos \theta}{z_{1c} z_{2c} \cos \theta}$$

$$\text{г) } R_{\parallel} = \frac{z_{1c} \cos \varphi + z_{2c} \cos \theta}{z_{1c} \cos \varphi - z_{2c} \cos \theta}$$

$$\text{д) } R_{\parallel} = \frac{z_{1c} \cos \varphi - z_{2c} \cos \theta}{z_{1c} \cos \varphi + z_{2c} \cos \theta}$$

#### Тестовые задания открытого типа

5. Диаграмма направленности элементарного электрического вибратора в пространстве имеет вид \_\_\_\_\_

**Ответ: тора**

6. Диаграмма направленности элемента Гюйгенса в меридиональной плоскости в сферической системе координат имеет вид \_\_\_\_\_

**Ответ: кардиоиды**

7. Материальные уравнения среды позволяют установить связь между такими векторами электрического поля как \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_.

**Ответ: напряженность; индукция**

8. Уравнения Максвелла в дифференциальном виде нельзя применять, если \_\_\_\_\_

**Ответ: параметры среды резко изменяются (на границе раздела двух сред)**

9. Вектор Пойнтинга находится как векторное произведение между векторами напряжённости \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ полей.

**Ответ: электрического; магнитного**

10. В электродинамике принято через  $\vec{A}$  и  $U$  обозначать \_\_\_\_\_.

**Ответ: векторный и скалярный потенциалы**

11. Нормально поляризованной называется электромагнитная волна, у которой вектор  $\vec{E}$  \_\_\_\_\_.

**Ответ: перпендикулярен плоскости падения**

12. Система уравнений Максвелла для монохроматического поля часто ограничивается только первыми двумя уравнениями, так как \_\_\_\_\_.

**Ответ: третье и четвертое уравнения являются следствием первого и второго соответственно**

13. Нормальная составляющая вектора  $\vec{D}$  на границе раздела двух сред меняется скачком на величину, равную \_\_\_\_\_.

**Ответ: поверхностному заряду**

14. Сторонними называются такие токи и заряды, которые в условиях данной задачи считаются \_\_\_\_\_.

**Ответ: заданными и причины их возникновения не анализируются**

15. Для полного внутреннего отражения радиоволны в ионосфере должно выполняться условие: \_\_\_\_\_.

**Ответ: радиус кривизны траектории распространения радиоволны меньше, чем сумма радиуса земли и расстояния от поверхности земли до отражающего слоя**

16. Быстрые замирания – это изменение уровня сигнала за промежутки времени, в течение которых \_\_\_\_\_.

**Ответ: среднее значение сигнала практически не меняется**

Компетенция ПК-7: Способен осуществлять проведение научно-исследовательских работ по разработке инновационных радиоэлектронных средств различного назначения

**Тестовые задания закрытого типа**

17. Частотный диапазон, соответствующий радиоволнам на шкале электромагнитных волн ... Гц

а)  $10^{-3} \div 10^{12}$

б)  $10^{-1} \div 10^{15}$

в)  $10^3 \div 10^5$

г)  $10 \div 10^9$

д)  $10^{-12} \div 10^{12}$

18. Граница применимости формулы Введенского определяется следующим неравенством...

а)  $r > \frac{18h_1h_2}{\lambda}$

б)  $r > \frac{9h_1h_2}{\lambda}$

в)  $r > \frac{120\pi h_1h_2}{\lambda}$

г)  $r > \frac{12\pi h_1h_2}{\lambda}$

д)  $r > \frac{h_1h_2}{\lambda}$

19. Расстояние прямой видимости для двух антенн определяется формулой...

а)  $r = 3,57(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})$

б)  $r = 3,57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$

в)  $r = 3,57(\sqrt{h_1 + h_2})$

г)  $r = 3,57(\sqrt{h_1 - h_2})$

д)  $r = 3,57(\sqrt{h_1h_2})$

20. Действующее значение напряженности электрического поля в свободном пространстве равно...

а)  $E_{\text{д}} = \frac{173\sqrt{P_1 D_1}}{r^2}$



$$\text{б) } E_{\partial} = \frac{173\sqrt{P_1 D_1}}{\lambda r}$$

$$\text{в) } E_{\partial} = \frac{173\sqrt{P_1 D_1}}{r^2 \lambda}$$

$$\text{г) } E_{\partial} = \frac{173\sqrt{P_1 D_1}}{\lambda^2 r}$$

$$\text{д) } E_{\partial} = \frac{173\sqrt{P_1 D_1}}{r}$$

### Тестовые задания открытого типа

21. Вертикальный градиент индекса преломления для стандартной атмосферы составляет \_\_\_\_\_ 1/м

**Ответ: -0,043**

22. В зависимости от величины просвета пролёты бывают \_\_\_\_\_

**Ответ: открытыми, закрытыми, полуоткрытыми (полузакрытыми)**

23. Для анализа распространения земных радиоволн, интерференционную формулу можно преобразовать в квадратичную формулу Введенского, если угол скольжения \_\_\_\_\_

**Ответ: мал / составляет несколько градусов**

24. При распространении земных радиоволн рассматривается влияние таких факторов как \_\_\_\_\_

**Ответ: диэлектрические параметры почвы, рельеф местности, сферичность земли**

25. Максимальная частота достигает наибольшего значения при угле возвышения \_\_\_\_\_ градусов

**Ответ: 0**

26. Индекс преломления тропосферы показывает \_\_\_\_\_.

**Ответ: на сколько миллионов долей коэффициент преломления отличается от единицы**

27. Наиболее близкий к поверхности земли слой атмосферы \_\_\_\_\_.

**Ответ: тропосфера**

28. Ионосферная радиоволна – это радиоволна \_\_\_\_\_.

**Ответ: распространяющиеся в результате отражения от ионосферы или рассеяния в ней**

29. Поглощение в гидрометеорах считается существенным для длины волны менее \_\_\_\_\_ см.

**Ответ: 10**

30. Тропосферная рефракция – это \_\_\_\_\_.

**Ответ: отклонение траектории распространения радиоволн от прямолинейной вследствие неоднородности среды**

31. Тропосферные радиоволна – это радиоволна, распространяющаяся между точками на (или вблизи) земной поверхности по траекториям, лежащим \_\_\_\_\_

**Ответ: целиком в тропосфере**

32. Антенна считается поднятой над поверхностью земли, если \_\_\_\_\_.

**Ответ: высота поднятия антенны в несколько раз превосходит длину волны**

### **3 ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ, КУРСОВУЮ РАБОТУ/КУРСОВОЙ ПРОЕКТ, РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ**

#### **3.1. Типовые задания на контрольные работы**

*Контрольная работа № 1 «Электродинамика»* предусматривает решение трех задач и один вопрос теоретического характера. В первой задаче решаются уравнения Максвелла. Во второй задаче анализируется излучение элементарного электрического вибратора. В третьей задаче решаются граничные условия. Вопрос теоретического характера предусматривает вывод одного из известных уравнений электродинамики или доказательство некоторого утверждения.

#### **Задание № 1**

Используя рекомендованную литературу, методические указания к контрольной работе и иные источники, раскройте одну из представленных ниже тем.

1. Первое и третье уравнения Максвелла в интегральной, дифференциальной форме.
2. Второе и четвертое уравнения Максвелла в интегральной, дифференциальной форме.

3. Уравнения Максвелла в комплексной форме для монохроматического поля.
4. Преобразование уравнений Максвелла с учетом векторного и скалярного потенциалов
5. Выражения, определяющие граничные условия для нормальной составляющей векторов электрического поля при наличии на поверхности раздела двух сред сторонних зарядов.
6. Выражения, определяющие граничные условия для касательной составляющей векторов электрического поля при наличии на поверхности раздела двух сред сторонних зарядов.
7. Выражения, определяющие граничные условия для нормальной составляющей векторов магнитного поля при наличии на поверхности раздела двух сред сторонних токов.
8. Выражения, определяющие граничные условия для нормальной составляющей векторов магнитного поля при наличии на поверхности раздела двух сред сторонних токов.
9. Выражения для коэффициентов Френеля при нормальной поляризации ЭМ волны.
10. Выражения для коэффициентов Френеля при параллельной поляризации ЭМ волны.

### Задание № 2

Задача по теме «Уравнения Максвелла».

1. В вакууме существует электромагнитное поле, гармонически изменяющееся во времени. В некоторой точке пространства вектор  $\vec{E} = 100 \sin(2\pi * 10^{10} t) \vec{j}_y$ . Определить плотность тока смещения в данной точке.
2. В некоторой области инерциальной системы отсчета имеется вращающееся с угловой скоростью  $\vec{\omega}$  магнитное поле, модуль которого  $|\vec{B}| = const$ . Найти  $rot \vec{E}$  в этой области как функцию векторов  $\vec{\omega}$  и  $\vec{B}$ .
3. Плоская электромагнитная волна с частотой  $f = 10$  МГц распространяется в слабо проводящей среде с удельной проводимостью  $\sigma = 10$  мСм/м и диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 9$ . Найти отношение амплитуд токов проводимости и тока смещения, если напряженность поля изменяется по гармоническому закону  $E = E_0 \cos \omega t$ .
4. Плоская гармоническая линейно поляризованная электромагнитная волна распространяется в вакууме. Амплитуда напряженности электрической составляющей волны  $E_m = 50$  мВ/м, частота  $f = 10$  МГц. Найти действующее значение плотности тока смещения.
5. В вакууме существует электрическое поле, заданное выражением  $\vec{E} = 3a\vec{r}$ , где  $\vec{r}$  – радиус-вектор декартовой системы координат,  $a = const$  – размерная константа. Найти распределение заряда, создающее это поле.
6. Покажите, что закон сохранения электрического заряда (уравнение непрерывности)

можно получить из уравнений Максвелла.

7. Запишите функцию плотности тока смещения в зависимости от расстояния от оси соленоида  $\vec{j}(r)$ , если магнитное поле соленоида изменяется по закону:  $B = At^2$ , где  $A$  - константа. Соленоид является прямым, с радиусом  $R$  ( $r < R$ ).

8. Точечный заряд  $q$  движется с постоянной скоростью  $V$ . Найти плотность тока смещения в точке, находящейся на расстоянии  $r$  от заряда на прямой: а) совпадающей с траекторией заряда; б) перпендикулярной к траектории заряда.

9. Определите, каким будет поток вектора напряженности электрического поля  $\Phi_E$  через поверхность гипотетической сферы радиуса  $R$ , если электрическое поле создает бесконечная однородно заряженная нить, плотность распределения заряда на нити равна  $\tau$ ? Центр сферы расположен на нити.

10. Показать, что уравнения Максвелла  $\operatorname{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$  и  $\operatorname{div}\vec{B} = 0$  являются совместными, т. е. первое из них не противоречит второму.

### Задание № 3

Пусть в среде с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$  распространяется электромагнитная волна частотой  $f$ , источником которой является элементарный электрический вибратор длиной  $l$ . Амплитудное значение тока в вибраторе  $I_{\max}$ . Необходимо:

1. определить в какой зоне (дальней, ближней, промежуточной) находится точка, удаленная от центра элементарного электрического вибратора на расстоянии  $r$ ;
2. в зависимости от результатов, полученных в предыдущем пункте, составить выражения для функциональных зависимостей составляющих электромагнитного поля  $\vec{E}(r, \theta, t); \vec{H}(r, \theta, t)$ ;
3. рассчитать среднюю за период плотность потока энергии (вектор Пойнтинга) в направлении, перпендикулярном оси вибратора на расстоянии  $r$  от центра элементарного электрического вибратора;
4. определить волновое сопротивление среды, в которой распространяется электромагнитная волна;
5. определить среднюю мощность, излучаемую в пространство элементарным электрическим вибратором;
6. определить сопротивление излучения элементарного электрического вибратора;
7. построить диаграмму направленности элементарного электрического вибратора в меридиональной и экваториальной плоскостях в полярной системе координат.

Вариант	Исходные данные				
	$I_{\max}$ , мА	$l$	$f$ , МГц	$r$ , м	Среда
1	100	$0,01 \lambda$	100	100	Воздух
2	150	$0,02 \lambda$	150	70	Вакуум
3	200	$0,03 \lambda$	500	20	Вода
4	250	$0,04 \lambda$	1000	10	Масло
5	300	$0,05 \lambda$	200	50	Этиловый спирт
6	350	$0,06 \lambda$	250	40	Слюда
7	400	$0,07 \lambda$	750	15	Стекло
8	450	$0,08 \lambda$	800	13	Эбонит
9	500	$0,09 \lambda$	600	18	Керосин
10	550	$0,10 \lambda$	300	30	Бумага

#### Задание № 4

1. Однородное электромагнитное поле напряженностью  $\vec{E}_1 = 250$  В/м распространяется из воздуха  $\varepsilon_1 = 1$  в масло  $\varepsilon_2 = 2,5$ , перпендикулярно к границе раздела. Найти напряженность поля  $\vec{E}_2$  в масле, если поверхностный заряд  $\rho$  отсутствует.

2. В толще трансформаторного масла  $\varepsilon_1 = 2$  свободно плавает капля воды  $\varepsilon_2 \gg \varepsilon_1$ . Масло поместили в однородное электромагнитное поле, такое, что напряженность на поверхности капли  $E_2 = 500$  В/м. Найти поверхностную плотность заряда в этой точке.

3. На границу раздела двух сред с  $\varepsilon_1 = 4$ ,  $\varepsilon_2 = 2$  перпендикулярно падает электромагнитная волна с параметрами  $E_{1r} = 3$  В/м,  $E_{2r} = 8$  В/м. Найти напряженность поля во второй среде  $E_2$ , если поверхностный заряд отсутствует.

4. На границу раздела двух диэлектриков под углом  $\theta = 30^\circ$  свободно падает электромагнитная волна, напряженность которой в первой среде составляет  $E_1 = 100$  В/м. Определите нормальную и касательную составляющие вектора напряженности поля во второй среде, если  $\varepsilon_1 = 2$ ,  $\varepsilon_2 = 10$ , а поверхностный заряд отсутствует.

5. На границу раздела двух диэлектриков свободно падает электромагнитная волна, напряженность которой в первой среде составляет  $E_{1r} = 3$  В/м,  $E_{2r} = 10$  В/м. Определите нормальную и касательную составляющие вектора напряженности поля во второй среде, если  $\varepsilon_1 = 2$ ,  $\varepsilon_2 = 10$ , а поверхностный заряд равен  $\rho = 50$  мкКл/м.

6. На границу раздела двух диэлектриков с параметрами  $\varepsilon_1 = 4,5, \varepsilon_2 = 8$  свободно падает электромагнитная волна под углом  $\theta = 45^\circ$  в первой среде. Найти, под каким углом она будет распространяться во второй среде, если поверхностный заряд отсутствует.

7. Нормальная составляющая вектора индукции в воздухе ( $\mu_1 = 1$ ) составляет величину  $B_{1n} = 0,04$  Тл, а касательная составляющая по другую сторону границы раздела  $\mu_2 = 10$  соответственно  $B_{2\tau} = 0,3$  Тл. Найти величину вектора индукции в воздухе  $\vec{B}_1$ , при отсутствии поверхностных токов.

8. Электромагнитная волна падает на границу раздела двух сред под углом  $\theta_1 = 89^\circ$  из первой среды с  $\mu_1 = 10^4$  во вторую с  $\mu_2 = 1$ . Найти угол преломления волны  $\theta_2$ , при отсутствии поверхностных токов.

9. Электромагнитная волна индукцией  $B_1 = 0,1$  Тл падает на границу раздела двух сред с параметрами  $\mu_1 = 1$  и  $\mu_2 = 10$  соответственно под углом  $\theta_1 = 30^\circ$ . Определить  $B_2$ , если поверхностные токи отсутствуют.

10. Электромагнитная волна с напряженностью магнитного поля  $H_1 = 0,2$  А/м падает на границу раздела двух сред с параметрами  $\mu_1 = 10$  и  $\mu_2 = 1$  соответственно под углом  $\theta_1 = 30^\circ$ . Определить  $H_2$ , если плотность поверхностного тока  $j_{SN} = 0,05$  А/м.

*Контрольная работа №2 «Распространение радиоволн»* предусматривает решение четырех задач с построением графических зависимостей и их последующим анализом. Задачи охватывают темы: свободное распространение, распространение земных волн, распространение в тропосфере и распространение в ионосфере.

### Задание № 1

1. Определить величину основных потерь при распространении радиоволн с длиной волны  $\lambda$  в свободном пространстве на расстоянии  $r$  от передающей антенны, КНД которой  $D_1$ ; КНД приемной антенны  $D_2$ .

2. Определить мощность передатчика  $P_1$ , необходимую для осуществления радиосвязи при следующих условиях: требуемая мощность на входе приемного устройства  $P_2$ , множитель ослабления равен  $F$ .

Вариант	$\lambda$ , м	$P_2$ , нВт	$r$ , м	$D_1$ , дБ	$D_2$ , дБ	$F$ , дБ
0	0,10	7	1000	65	20	-70
1	0,15	8	2000	60	30	-85
2	0,20	9	3000	55	40	-80

Вариант	$\lambda$ , м	$P_2$ , нВт	$r$ , м	$D_1$ , дБ	$D_2$ , дБ	$F$ , дБ
3	0,25	10	4000	40	45	-75
4	0,30	11	5000	50	50	-65
5	0,35	12	6000	42	55	-55
6	0,40	13	7000	40	60	-60
7	0,45	14	8000	45	60	-90
8	0,50	15	9000	38	55	-95
9	0,55	16	10000	35	65	-60

### Задание № 2

Над однородной поверхностью распространяется земная радиоволна длиной  $\lambda$ . Мощность передатчика  $P_1$ , КНД передающей антенны  $D_1$ , высота поднятия передающей и приемной антенн  $h_1$  и  $h_2$  соответственно.

1. Построить зависимость действующего значения напряженности электрического поля  $E_d$  от расстояния  $r$  в пределах от  $r_1$  до  $r_2$ , используя интерференционную формулу.

2. Определить действующее значение напряженности электрического поля, множитель ослабления и расстояние от передатчика до указанных точек:

- первый, второй и третий максимумы действующего значения напряженности электрического поля;
- первый, второй и третий минимумы действующего значения напряженности электрического поля.

3. Найти границу применимости квадратичной формулы Введенского.

4. Построить зависимость действующего значения напряженности электрического поля  $E_d$  от расстояния от расстояния  $r$  в пределах от  $r_1$  до  $r_2$ , используя квадратичную формулу Введенского.

5. Определить диапазон изменений углов скольжения  $\gamma$  в пределах от  $r_1$  до  $r_2$  и рассчитать изменение минимальной действующей высоты антенны  $h_0$  на протяжении радиотрассы.

6. Построить зависимость действующего значения напряженности электрического поля  $E_d$  от расстояния от расстояния  $r$  в пределах от  $r_1$  до  $r_2$ , используя метод Шулейкина-ван-дер-Поля, если:

- радиоволна распространяется только над почвой типа 1;
- проходит равные расстояния над почвами типа 1 и 2.

7. Определить дальность прямой видимости  $r_0$  и приведенные высоты антенн  $h'_1, h'_2$  если они расположены на расстоянии  $0,8r_0$ .

8. Определить радиус  $R_1$  первой зоны Френеля в точке отражения и размеры эллипса Френеля  $a_\phi, b_\phi$  на поверхности Земли.

9. Рассчитать диапазон изменений допустимых высот неровностей  $h_{oon}$  в пределах эллипса Френеля. Определить тип пролета, если на трассе располагается значительное препятствие высотой  $L$ .

№	$P_1$ , Вт	$D_1$ , дБ	$\lambda$ , м	$h_1$ , м	$h_2$ , м	Тип поляризации	Тип почвы 1	Тип почвы 2	$r_1$ , км	$r_2$ , км	$L$ , м
1	10	100	1	35	35	В	Морская вода	Сухая почва	0,35	22	25
2	12	90	2	40	40	Г	Пресная вода	Влажная почва	2,23	14,5	25
3	15	80	3	45	45	В	Влажная почва	Лес	190	12	30
4	17	70	4	50	50	Г	Сухая почва	Снег	180	11	30
5	20	60	5	55	55	В	Лед	Морская вода	180	11	40
6	22	50	6	60	60	Г	Снег	Пресная вода	180	11	40
7	25	40	7	65	65	В	Лес	Снег	180	11	40
8	27	30	8	70	70	Г	Лед	Влажная почва	180	11	40
9	30	20	9	75	75	В	Сухая почва	Пресная вода	180	11	40
0	32	10	10	80	80	Г	Лес	Лед	180	11	40

### Задание № 3

1. Построить вертикальный профиль индекса преломления, если на поверхности Земли установились следующие параметры: температура  $T_0$ , давление  $p_0$ , относительная влажность  $\varphi_0$ ; а на верхней границе тропосферы на высоте  $h$  они принимают значения  $T_1, p_1, \varphi_1$ . По графику определить градиент индекса преломления  $dN/dh$ .

2. Для найденного значения градиента индекса преломления определить вид тропосферной рефракции, радиус кривизны траектории радиоволны  $R$ , эквивалентный радиус Земли  $R_e$ , коэффициент  $k$  (отношение эквивалентного радиуса Земли к действительному). Качественно изобразить ход луча в тропосфере и над эквивалентной поверхностью Земли.



3. Для заданного вида рефракции определить дальность прямой видимости  $r_0$  и приведенные высоты поднятия антенн  $h'_1, h'_2$ , если действительная высота поднятия приемной и передающей антенн соответственно  $h_1$  и  $h_2$ , а расстояние между ними  $r$ .

4. Рассчитать множитель ослабления радиоволны  $F_1$  в гидрометеорах на расстоянии  $r$  от передатчика, если на пути распространения радиоволны длиной  $\lambda$  установились соответствующие метеоусловия (см. таблицу). Рассчитать множитель ослабления  $F_2$  радиоволны длиной  $\lambda$  на расстоянии  $r$  от передатчика при распространении в кислороде.

5. Построить график зависимости действующего значения напряженности электрического поля от расстояния в пределах от  $0,2r_0$  до  $0,8r_0$ , если мощность передатчика  $P_1$ , коэффициент направленного действия антенны  $D_1$  для трех случаев:

- без учета поглощения в тропосфере;
- с учетом поглощения в гидрометеорах;
- с учетом молекулярного поглощения.

№	$h$ , км	$T_0$ , °C	$p_0$ , мм. рт. ст.	$\varphi_0$ , %	$T_1$ , °C	$p_1$ , мм. рт.ст. т.	$\varphi_1$ , %	$h_1$ , м	$h_2$ , м	$r$ , км	$\lambda$ , см	$P_1$ , Вт	$D_1$ , дБ	Метеоусловия
1	8	-45	820	90	-41	100	1	10	10	10,8	0,4	10	100	туман 2,3 г/м <sup>3</sup>
2	9	-25	800	90	-42	90	40	15	15	11,5	0,6	12	90	туман 0,32 г/м <sup>3</sup>
3	10	-5	790	90	-43	130	10	20	20	11,6	0,8	15	80	туман 0,032 г/м <sup>3</sup>
4	11	5	760	40	-44	160	10	25	25	11,2	1,0	17	70	дождь 0,25 мм/ч
5	12	10	750	50	-45	150	15	30	30	11,9	2,0	20	60	дождь 1 мм/ч
6	13	15	740	60	-46	130	10	35	35	12,8	3,0	22	50	дождь 4 мм/ч
7	14	17	730	80	-47	115	5	40	40	13,9	4,0	25	40	дождь 16 мм/ч
8	15	20	720	90	-48	230	10	45	45	13,1	5,0	27	30	дождь 100 мм/ч
9	16	23	710	90	-49	80	10	50	50	15,7	6,0	30	20	дождь 100 мм/ч
0	17	25	700	90	-50	105	15	55	55	16,0	7,0	32	10	дождь 100 мм/ч

### Задание № 4

На рисунках приведены ионограммы, полученные при вертикальном зондировании ионосферы станцией «Вектор» на широте г. Калининграда. Для критических частот  $f_c$ , указанных в таблице, определить:

1. Высоту  $h$ , на которой происходили отражения, и название соответствующего ей слоя.
2. Электронную концентрацию  $n_e$  в данном слое.
3. Максимальную частоту  $f_m$  наклонного зондирования, на которой будет происходить отражение в данном слое, если угол возвышения  $\beta$ .
4. Дальность пространственного скачка при наклонном зондировании ионосферы, считая поверхность Земли, в пределах которой совершается скачок, плоской.
5. По виду ионограммы сделать заключение о ее соответствии средним значениям, наблюдаемым в указанное время суток, время года.

Вариант	Рисунок	$f_c$ , МГц	$\beta$ , °
1	1	3,6	10
2	1	4,8	15
3	2	4,5	20
4	2	6,0	25
5	3	4,0	30
6	3	6,0	10
7	4	3,8	15
8	4	5,5	20
9	5	6,0	25
0	5	7,0	30

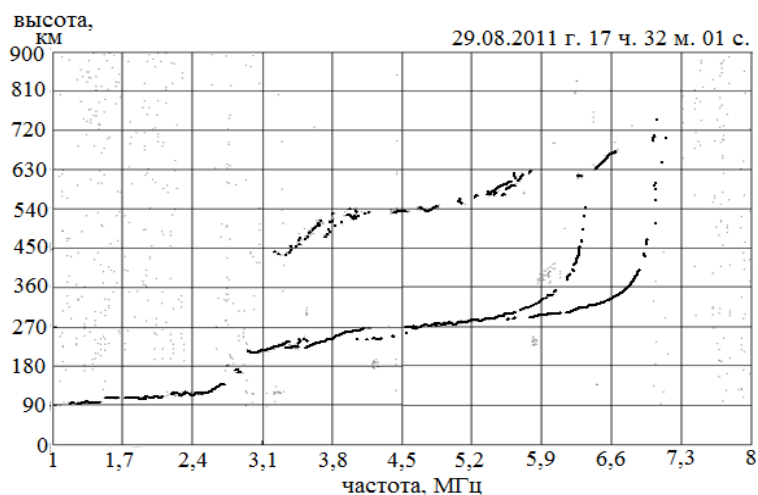


Рисунок 1

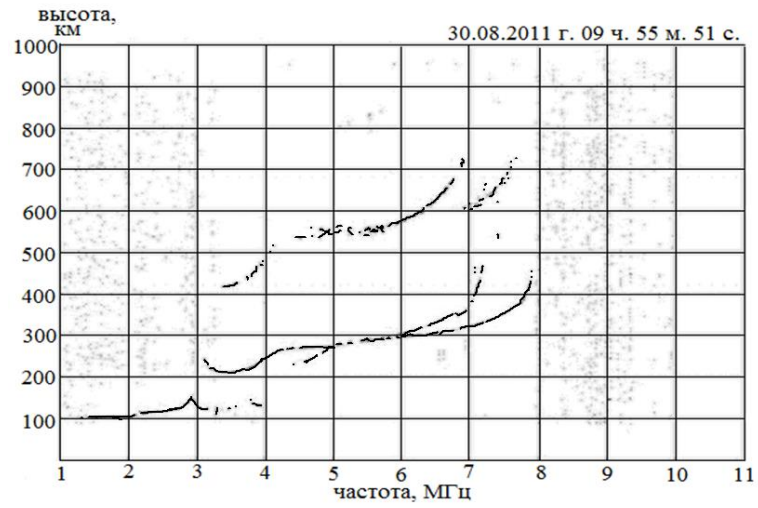


Рисунок 2

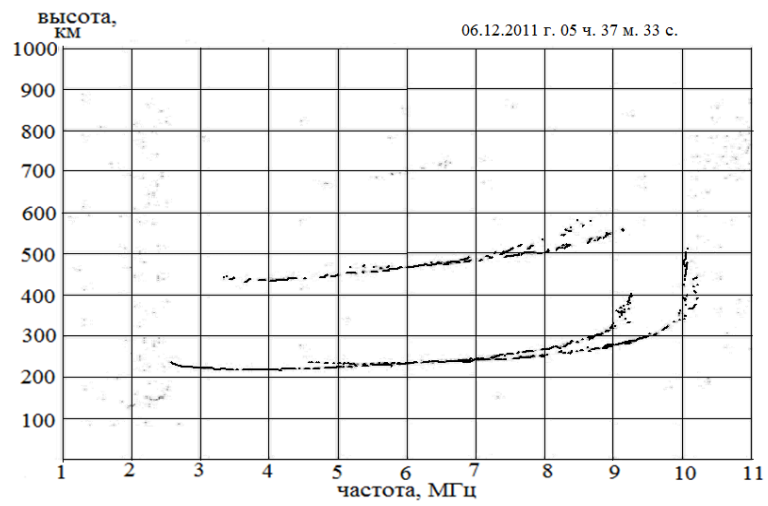


Рисунок 3

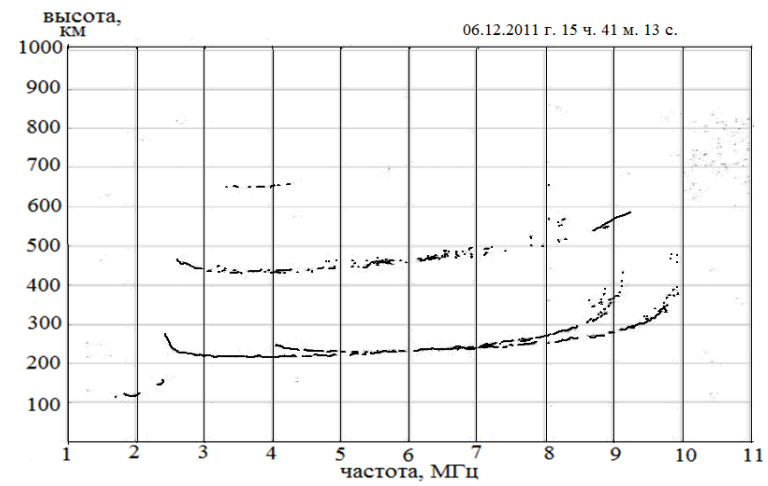


Рисунок 4

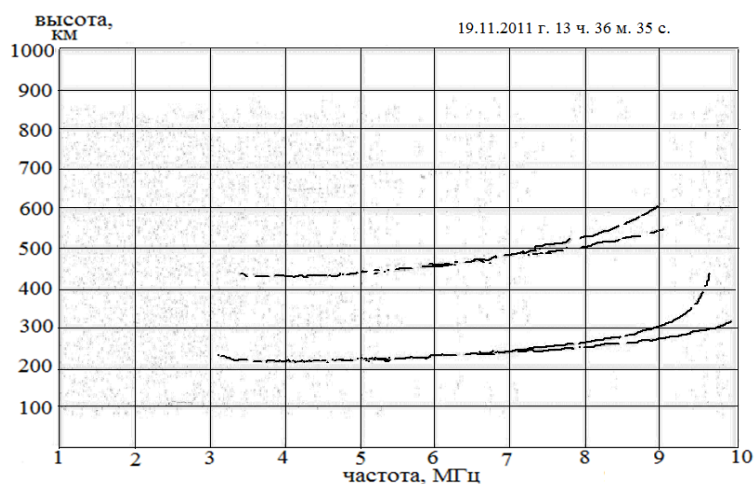


Рисунок 5

Оценивается наличие решения, правильность выполнения расчетов, качество оформления (логичность и последовательность изложения решения, наличие пояснений к выполняемым математическим действиям, правильность выполнения электрических схем, наглядность приведенных графических результатов расчетов).

*Шкала оценивания результатов выполнения контрольной работы основана на двухбалльной системе.*

Оценка «зачтено» выставляется в случае, если все задачи решены верно и в полном объеме, при незначительных отступлениях от правил оформления результатов выполнения контрольной работы.

Оценка «незачтено» выставляется в случае, если часть задач решена неверно, при значительных отступлениях от правил оформления результатов выполнения контрольной работы.

### **3.2. Типовые задания на расчетно-графическую работу**

Данный вид контроля по дисциплине не предусмотрен учебным планом.

### **3.3. Типовые задания на курсовую работу**


Данный вид контроля по дисциплине не предусмотрен учебным планом.

#### 4 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «*Электродинамика и распространение радиоволн*» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы специалитета по направлению подготовки 25.05.05 – Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования (специализации программы: «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота», «Информационно-телекоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита»).

Преподаватель-разработчик – К.В. Власова.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен заведующим кафедрой судовых радиотехнических систем

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Е.В. Волхонская

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен методической комиссией Морского института (протокол № 13 от 21.08.2024 г).

Председатель методической комиссии \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ И.В. Васькина