


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВО «КГТУ»
БГАРФ

УТВЕРЖДАЮ

И. о. декана радиотехнического факультета
 /Баженов В.А./

27 июня 2018 г.

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

(приложение к рабочей программе дисциплины)

«ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН»

(наименование дисциплины)

базовой части образовательной программы

специалитета

по специальности

25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»

(код и наименование специальности)

специализаций

«Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита»

(наименование специализации)

«Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота»

(наименование специализации)

Факультет **радиотехнический (РТФ)**

(наименование)

Кафедра **теоретических основ радиотехники (ТОР)**

(наименование)

Калининград 2018

1 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций, представленных в таблице 1.1.

Таблица 1 – Компетенции и этапы их формирования

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
<p>Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7) Этапы формирования компетенции ОК-7.1:Способность к самоорганизации</p>	<p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • порядок проведения аудиторных занятий, основные формы проведения аудиторных занятий; • форму отчетности по всем видам аудиторных занятий; • форму отчетности по выполнению заданий на самостоятельную работу; <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • планировать внеаудиторную работу путем составления планов с указанием сроков и объемов решаемых задач; • осуществлять подбор литературы при выполнении заданий на самостоятельную работу; • определять последовательность изучения отдельных разделов дисциплины для установления междисциплинарных связей; <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками конспектирования материала; • навыками составления и представления рефератов и научно-исследовательских работ; • навыками оформления отчетов, расчетно-графических работ.
<p>ПК-25.2: Способность решения задач по созданию теоретических моделей, позволяющих прогнозировать изменение свойств объектов профессиональной деятельности.</p>	<p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные уравнения электродинамики; • уравнения электродинамики в приложении к средам с изменяющимися параметрами, на границе раздела сред; • методы преобразований уравнений электродинамики и методы их решения.

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
	<p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рассчитывать значение напряженности электрического поля в свободном пространстве; • рассчитывать значение напряженности электрического поля в среде с неизменяющимися со временем параметрами; • прогнозировать вероятные значения напряженности электрического поля в среде с меняющимися со временем параметрами. <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • классификацией радиоволн по диапазонам и способам распространения; • информацией о факторах, существенно влияющих на распространение радиоволн всех типов и диапазонов; <p>методами расчета множителя ослабления для различных условий распространения радиоволн.</p>
<p>Способность выполнять действия, связанные с эксплуатацией, профилактическим ремонтом и обслуживанием оборудования радиосвязи и радионавигации в соответствии с кодексом ПДНВ, положениями Регламента радиосвязи и конвенции СОЛАС (КК-5)</p> <p>Этапы формирования компетенции:</p> <p>КК-5.1: Способность выполнять действия, связанные с эксплуатацией оборудования радиосвязи и радионавигации в соответствии с кодексом ПДНВ, положениями Регламента радиосвязи и конвенции СОЛАС</p>	<p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные виды линий связи, используемые для работы подсистем ГМССБ; • факторы, затрагивающие надежность и работоспособность системы; • выбор соответствующих линий связи для использования подсистем ГМССБ. <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • прогнозировать факторы, приводящие к возникновению помех; • не допускать помехи, особенно при радиобмене при бедствии и для обеспечения безопасности; • предупреждать появление помех в подсистемах ГМССБ.

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
	<p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками правильной и эффективной работе с подсистемами ГМССБ и оборудованием при нормальных условиях распространения радиоволн; • навыками правильной и эффективной работы с подсистемами ГМССБ и оборудованием при типичных условиях помех; • процедурами по использованию информации по условиям распространения радиоволн для установления оптимальных частот для радиосвязи.

В ходе изучения этой учебной дисциплины обучаемые должны:

Знать:

- основные уравнения электродинамики;
- диапазоны и способы распространения радиоволн;
- основные факторы, влияющие на распространение радиоволн.

Уметь:

- рассчитывать действующее значение напряженности электрического поля в зависимости от среды распространения радиоволн;
- прогнозировать значение напряженности электрического поля при изменении условий распространения.

Владеть:

- методами преобразования и решения основных уравнений электродинамики;
- навыками оценки значения множителя ослабления в различных условиях распространения радиоволн в среде с изменяющимися с течением времени параметрами.

В таблице 1.2 приведено соответствие разделов изучаемой дисциплины реализуемому этапу формирования компетенции

Таблица 1.2 – Соответствие разделов дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн» реализуемому этапу формирования компетенции для всех форм обучения и всех специализаций

Этап формирования	Код формируемой компетенции		
	ОК-7.1	ПК-25.2	КК-5.1
Раздел 1. Уравнения Максвелла		+	
Раздел 2. Излучение электромагнитных волн	+	+	
Раздел 3 Волновые явления	+	+	+
Раздел 4. Распространение радиоволн в направляющих системах		+	+
Раздел 5. Общие сведения о распространении радиоволн		+	+
Раздел 6. Распространение земных радиоволн	+	+	+
Раздел 7. Распространение тропосферных радиоволн	+	+	+
Раздел 8. Распространение ионосферных радиоволн	+	+	+
Раздел 9. Распространение радиоволн различных диапазонов		+	+

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО НЕЙ

Контроль поэтапного формирования результатов освоения дисциплины осуществляется в рамках текущего контроля и итоговой аттестации в ходе выполнения заданий на лабораторных занятиях, выполнении контрольной работы, выполнении заданий на самостоятельную работу (СР), а также при сдаче зачета в 4 семестре и экзамена в 5 семестре (зачета во 2 сессии и экзамена в 3 сессии 2 курса для студентов заочной формы обучения).

2.1 Перечень тем лабораторных работ

Очная форма обучения

1. «Исследование распространения радиоволн сантиметрового диапазона» (ОК-7.1, ПК-25.2);
2. «Изучение явления дифракции Френеля» (ОК-7.1, ПК-25.2, КК-5.1);
3. «Изучение явления поляризации электромагнитных волн» (ОК-7.1, ПК-25.2, КК-5.1);
4. «Исследование структуры поля при двухлучевой модели распространения земных радиоволн» (ОК-7.1, ПК-25.2, КК-5.1);
5. «Исследование процесса распространения радиоволн в зависимости от диэлектрических параметров подстилающей поверхности» (ОК-7.1, ПК-25.2, КК-5.1);
6. «Исследование процесса распространения радиоволн в зависимости от рельефа местности» (ОК-7.1, ПК-25.2, КК-5.1);
7. «Исследование тропосферной рефракции радиоволн» (ОК-7.1, ПК-25.2, КК-5.1);
8. «Исследование условий отражения радиоволн от ионосферы» (ОК-7.1, ПК-25.2, КК-5.1).

Заочная форма обучения

1. «Исследование распространения радиоволн сантиметрового диапазона» (ОК-7.1, ПК-25.2);
2. «Исследование структуры поля при двухлучевой модели распространения земных радиоволн» (ОК-7.1, ПК-25.2, КК-5.1).

Формирование результатов освоения дисциплины (РОД) в рамках лабораторных занятий осуществляется при выполнении лабораторных заданий на специализированных учебных компьютерных программах или с использованием специализированной контрольно-измерительной аппаратуры. Контроль освоения осуществляется с помощью контрольных вопросов и заданий из приведенного перечня.

2.2 Перечень тем контрольных работ для студентов заочного отделения

1. Контрольная работа №1 (ОК-7.1, ПК-25.2, КК-5.1);
2. Контрольная работа № 2 (ОК-7.1, ПК-25.2, КК-5.1).

Формирование РОД в рамках выполнения контрольной работы осуществляется при самостоятельном решении типовых задач по расчету действующего значения напряженности электрического поля, множителя ослабления, а также при ответе на теоретический вопрос. Контроль освоения осуществляется при защите контрольной работы.

2.3 Перечень тем самостоятельных работ

Очная форма обучения

1. Уравнения Максвелла (ПК-25.2);
 - Граничные условия для векторов электрического и магнитного поля.
2. Излучение электромагнитных волн (ПК-25.2);
 - Излучение элементарного электрического вибратора.
 - Излучение элементарного магнитного вибратора. Элемент Гюйгенса.
3. Волновые явления (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Дифракция электромагнитных волн.
 - Поляризация электромагнитных волн.
 - Нормально и параллельно поляризованные электромагнитные волны на границе раздела двух сред.
4. Распространение радиоволн в направляющих системах (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Виды направляющих систем. Направляемые электромагнитные волны и их характеристики.
5. Распространение земных радиоволн (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Распространение радиоволн над местностью со сложным рельефом.
6. Распространение тропосферных радиоволн (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Расчет условий прохождения радиоволн через тропосферу.
7. Распространение ионосферных радиоволн (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Исследование состояния верхних слоев атмосферы.
8. Распространение радиоволн различных диапазонов (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Распространение радиоволн в диапазонах 3Гц-30 кГц.
 - Распространение радиоволн оптического диапазона.

Заочная форма обучения

1. Уравнения Максвелла (ПК-25.2);
 - Прямая и обратная задачи электродинамики. Вывод уравнений Максвелла.

- Уравнения Максвелла для монохроматического поля.
 - Энергия электромагнитного поля. Теорема Пойнтинга.
 - Граничные условия для векторов электрического и магнитного поля.
2. Излучение электромагнитных волн (ПК-25.2);
 - Излучение элементарного электрического вибратора.
 - Излучение элементарного магнитного вибратора. Элемент Гюйгенса.
 3. Волновые явления (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Дифракция электромагнитных волн.
 - Поляризация электромагнитных волн.
 - Нормально и параллельно поляризованные электромагнитные волны на границе раздела двух сред.
 4. Распространение радиоволн в направляющих системах (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Виды направляющих систем. Направляемые электромагнитные волны и их характеристики.
 5. Общие сведения о распространении радиоволн (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Распространение радиоволн в свободном пространстве.
 6. Распространение земных радиоволн (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Распространение радиоволн над бесконечной плоской однородной идеально гладкой поверхностью. Двухлучевая модель распространения.
 - Учет диэлектрических параметров подстилающей поверхности.
 - Учет сферичности Земли.
 - Учет шероховатостей земной поверхности и экранирующих препятствий.
 - Распространение радиоволн над местностью со сложным рельефом.
 7. Распространение тропосферных радиоволн (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Состав и строение тропосферы.
 - Рефракция тропосферных радиоволн.
 - Рассеяние радиоволн в тропосфере. Дальнее тропосферное распространение.
 - Поглощение радиоволн в тропосфере.
 - Расчет условий прохождения радиоволн через тропосферу.
 8. Распространение ионосферных радиоволн (ПК-25.2, КК-5.1);
 - Состав и строение ионосферы.
 - Анизотропные свойства ионосферы. Фазовая и групповая скорость распространения радиоволн.
 - Отражение радиоволн от ионосферы.
 - Исследование состояния верхних слоев атмосферы.
 9. Распространение радиоволн различных диапазонов (ПК-25.2, КК-5.1);

- Распространение радиоволн в диапазонах 3Гц-30 кГц.
- Распространение радиоволн оптического диапазона.

Формирование РОД при выполнении заданий на СР осуществляется при работе обучающегося с рекомендованной основной и дополнительной литературой, а также интернет-ресурсами. Контроль освоения осуществляется при проверке качества конспекта, а также умения применить изученный материал при решении практических задач.

2.4 Итоговая аттестация

Допуск к итоговой аттестации осуществляется после сдачи всех текущих контролей, включающих защиту лабораторных работ, контрольной работы (для заочной формы обучения), а также конспектов тем, вынесенных на самостоятельное изучение, предусмотренных рабочей программой дисциплины. Итоговая аттестация проводится в виде зачета в 4 семестре и экзамена в 5 семестре (зачета во 2 сессии и экзамена в 3 сессии 2 курса для студентов заочной формы обучения). Зачет проводится в форме теста, содержащего 25 вопросов с четырьмя вариантами ответов, один из которых является верным. Перечень тестовых вопросов максимально охватывает разделы дисциплины. При отрицательном результате выполнения тестовых заданий, по желанию обучающегося, может быть проведена беседа по темам дисциплины в соответствии с утвержденным перечнем вопросов, выданным курсантам (студентам) не позднее 1 месяца перед сессией.

Экзаменационные билеты содержат теоретический вопрос и вопрос для контроля практических умений (практическая задача). Билеты для проведения экзамена обсуждаются и утверждаются на заседании кафедры. Вопросы для подготовки к экзамену выдаются курсантам (студентам) не позднее 1 месяца перед сессией.

Формирование РОД осуществляется при самостоятельной подготовке обучающихся к итоговой аттестации по конспекту лекций, рекомендуемым к изучению в начале курса учебникам и учебным пособиям. В ходе подготовки к зачету и экзамену преподаватель проводит консультацию, на которой доводится порядок проведения зачета/ экзамена и даются ответы на вопросы, вызвавшие затруднения у курсантов (студентов) в процессе подготовки.

Зачет проводится в любой из дней в течение зачетной недели. Экзамен проводится в соответствии с расписанием экзаменационной сессии.

Контроль освоения компетенций (ОК-7, ПК-25, КК-5) осуществляется по количеству правильных ответов на вопросы тестового задания или ответу на вопросы в соответствии с утвержденным перечнем, умению применить полученные знания при решении практических задач.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Типовые контрольные задания и вопросы

3.1.1. Лабораторная работа №1. Исследование распространения радиоволн сантиметрового диапазона.

Задание на самоподготовку

По данным, приведенным в описании лабораторной установки, записать и рассчитать следующие параметры

длина волны λ (см)	параметры рупорной антенны (см)			площадь раскрыва рупорной антенны $S=a*b$ (см ²)	коэффициент усиления антенны $\eta = 4\pi S/\lambda^2$	волновое число $K = 2\pi/\lambda$
	a	b	c			

Лабораторное задание

1. Изучение зависимости действующего значения напряженности электрического поля от расстояния между приемной и передающей антеннами.

Установить приемную и передающую антенну на расстоянии 170 см и записать в таблицу показания микроамперметра. Сближая приемную и передающую антенны с шагом 10 см, повторить измерения 10 раз. Рассчитать значения следующих параметров.

действующее значение напряженности электрического поля $E_d = \sqrt{\frac{I}{\eta}}$, (мВ/м)	мощность излучения $P = \frac{1}{30}(E_d)^2 D$, (мВт)	средняя мощность излучения $P_0 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N ((E_d)^2 D)$, (мВт)	теоретические значения мощности излучения $E_d = \frac{\sqrt{30P_0}}{D}$, (мВ/м)

Построить зависимость E_d от D для значений, определенных теоретически и экспериментально.

2. Изучение зависимости действующего значения напряженности электрического поля от направления на передающую антенну.

Установить излучающую антенну в центр окружности, приемную антенну - на отметку 0^0 . Перемещая приемную антенну по окружности с шагом 10^0 , измерить действующее значение напряженности электрического поля в пределах от 0^0 до 90^0 . Рассчитать значения следующих параметров

действующее значение напряженности электрического поля $E_d = \sqrt{\frac{I}{\eta}}, (\text{мВ/м})$	нормированное значение напряженности электрического поля $E_n = \frac{E_d}{E_{d \max}}$	Теоретическое действующее значение напряженности электрического поля $E_{dT} = \left \frac{\cos\left(\frac{ka}{2} \sin \alpha\right)}{1 - \left(\frac{ka}{2} \sin \alpha\right)^2} \right $

Построить зависимость E_d от α для значений, определенных теоретически и экспериментально.

3. Изучение отражения радиоволн от неровных поверхностей.

Установить передающую антенну на красную отметку на линии 30° и направить ее на центр металлической поверхности. Установить приемную антенну на границу окружности на отметку 30° . Перемещая приемную антенну в диапазоне углов от 0° до 60° , с шагом 5° , измерить действующее значение напряженности электрического поля. Рассчитать значения следующих параметров

действующее значение напряженности электрического поля $E_d = \sqrt{\frac{I}{\eta}}, (\text{мВ/м})$	нормированное значение напряженности электрического поля $E_n = \frac{E_d}{E_{d \max}}$	Теоретическое действующее значение напряженности электрического поля $F_T(\alpha) = \left \frac{\sin^2\left(\frac{ka}{2} \sin\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right)\right)}{\left(\frac{ka}{2} \sin\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right)\right)^2} \right $

Построить зависимость E_d от α для значений, определенных теоретически и экспериментально.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Что представляет собой электромагнитная волна?
2. Параметры электромагнитной волны: длина волны, частота, период, амплитуда, фаза.
3. Скорость распространения электромагнитных волн.
4. На какие диапазоны делятся электромагнитные волны?
5. На какие диапазоны делятся радиоволны?
6. Укажите особенности распространения радиоволн различных диапазонов (какие факторы оказывают наиболее существенное влияние на распространение радиоволн различных диапазонов)?
7. Дайте определение понятиям: дальняя зона, ближняя зона. Каковы особенности распространения радиоволн в этих зонах.
8. Что представляет собой вектор Пойнтинга?
9. Дайте определение: коэффициент усиления антенны, диаграмма направленности антенны.

10. Как зависит напряженность электрического поля от расстояния до передающей антенны?

3.1.2. Лабораторная работа №2. Изучение явления дифракции Френеля.

Задание на самоподготовку

Рассчитать значения радиусов трех первых зон Френеля для следующих частот при различных значениях расстояний между приемной, передающей антеннами и препятствием

$R_m = \sqrt{\frac{m\lambda ab}{a+b}}$	$f_1 = 8,8(\text{ГГц})$			$f_1 = 9,8(\text{ГГц})$			$f_1 = 10,8(\text{ГГц})$		
$a = 60, b = 60(\text{см})$									
$a = 70, b = 50(\text{см})$									
$a = 40, b = 70(\text{см})$									

Лабораторное задание

1. Определение рабочей частоты генератора.

Установить приемную и передающую антенны на расстоянии 120 см. Плавно изменяя рабочую частоту генератора, записать показания микроамперметра. Выбрать три значения частоты генератора, на которых наблюдается наиболее стабильный сигнал.

2. Исследование зависимости действующего значения напряженности электрического поля от радиуса отверстия.

Установить на генераторе рабочую частоту, определенную в п.1. Между приемной и передающей антеннами установить экран с минимальным радиусом отверстия. Записать показания микроамперметра. Изменяя радиус отверстия с шагом 2,5 см, снять зависимость действующего значения напряженности электрического поля от радиуса. Повторить измерения дважды при различных значениях расстояний между приемной, передающей антеннами и препятствием. Построить зависимости E_d от R для значений, определенных теоретически и экспериментально.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса.
2. Дайте определение явления дифракции.
3. Что такое дифракция Френеля?
4. Что представляют собой зоны Френеля на поверхности плоскости?
5. Чему равна разность хода лучей между соседними зонами?
6. От каких величин зависит радиус зон Френеля?
7. Объясните зависимость напряженности поля в точке приема от величины отверстия в экране.

8. Какие зоны являются существенно участвующими в передаче энергии электромагнитных волн от передатчика к приемнику?
9. Чему равно совместное действие всех зон Френеля?
10. Что такое зонная пластинка?

3.1.3. Лабораторная работа №3. Изучение явления поляризации электромагнитных волн.

Задание на самоподготовку

Рассчитать теоретические нормированные значения напряженности электрического поля при прохождении вертикально поляризованной электромагнитной волны через поляризационную решетку.

Лабораторное задание

1. Изучение прохождения электромагнитной волны через поляризационную решетку.

Установить передающую, приемную антенну и поляризационную решетку на одной прямой с интервалом 20 см. считать нулевым положение решетки с вертикальным расположением ее элементов. Вращая решетку через 15^0 , снять зависимость тока на микроамперметре от угла поворота решетки. Рассчитать следующие величины

действующее значение напряженности электрического поля $E_d = \sqrt{\frac{I}{\eta}}$, (мВ/м)	нормированное значение напряженности электрического поля $E_n = \frac{E_d}{E_{d \max}}$

Построить зависимость E_d от α для значений, определенных теоретически и экспериментально.

2. Изучение отражения электромагнитной волны от поляризационной решетки.

Установить передающую, приемную антенну и поляризационную решетку таким образом, чтобы электромагнитные волны, излученные передающей антенной, отражались от поляризационной решетки и попадали на приемную антенну. Считать нулевым положение решетки с вертикальным расположением ее элементов. Вращая решетку через 15^0 , снять зависимость тока на микроамперметре от угла поворота решетки. Рассчитать следующие величины

действующее значение напряженности электрического поля $E_d = \sqrt{\frac{I}{\eta}}$, (мВ/м)	нормированное значение напряженности электрического поля $E_n = \frac{E_d}{E_{d \max}}$

Построить зависимость E_d от α для значений, определенных теоретически и экспериментально.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы:

1. Дать определение различным видам поляризации электромагнитного поля.
2. Какие параметры однозначно определяют поляризационный эллипс?
3. Возможно ли представление поляризации одного вида через суперпозицию волн с поляризацией другого вида? Показать на примере.
4. Какие волны называются поляризованными и частично поляризованными? Что является причиной возникновения частично поляризованных волн?
5. Какая из спиральных приемных антенн оказывается согласованной с кругополяризованной волной левого (правого) вращения?
6. Возможен ли прием волн круговой (линейной) поляризации на антенну линейной (круговой) поляризации?

3.1.4. Лабораторная работа №4. Исследование структуры поля при двухлучевой модели распространения земных радиоволн.

Задание на самоподготовку

Дать определение понятиям: земная волна, множитель ослабления, поднятая антенна

Записать формулы: интерференционная, квадратичная Введенского, условие применимости формулы Введенского

Построить графики

1. Зависимость действующего значения напряженности электрического поля от расстояния для свободного пространства
2. Зависимость множителя ослабления от расстояния
3. Зависимость действующего значения напряженности электрического поля от расстояния с учетом отражения от поверхности Земли

Лабораторное задание

1. Исследование зависимости множителя ослабления и напряженности поля от высоты поднятия передающей антенны h_1 .

Задать $\lambda=1$ м; $h_2=$ ___ м соответствует номеру рабочего места. Определить значения следующих величин

h_1 , м	R_{1m} , км	R_{2m} , км	R_{3m} , км	R_{4m} , км	R_B , км	$E_d(R_B)$, мВ/м

2. Исследование зависимости множителя ослабления и напряженности поля от высоты поднятия приемной антенны h_2 .

Задать $\lambda=1$ м; $h_1=$ ___ м соответствует номеру рабочего места. Определить значения следующих величин

h_2 , м	R_{1m} , км	R_{2m} , км	R_{3m} , км	R_{4m} , км	R_B , км	$E_d(R_B)$, мВ/м

3. Исследование зависимости множителя ослабления и напряженности поля от высоты поднятия передающей и приемной антенн h_1 и h_2 ($\lambda=1$ м).

Определить значения следующих величин

$h_1, \text{ м}$	$h_2, \text{ м}$	$R_{1m}, \text{ км}$	$R_{2m}, \text{ км}$	$R_{3m}, \text{ км}$	$R_{4m}, \text{ км}$	$R_B, \text{ км}$	$E_d(R_B), \text{ мВ/м}$
1	18						
2	9						
3	6						
20	1						
10	2						
5	4						

4. Исследование зависимости множителя ослабления и напряженности поля от длины волны ($h_1 = \underline{\hspace{1cm}}$ м, $h_2 = \underline{\hspace{1cm}}$ м).

При выполнении включить ограничение на дальность прямой видимости.

$\lambda \text{ м}$	$R_{1m}, \text{ км}$	$R_{2m}, \text{ км}$	$R_{3m}, \text{ км}$	$R_{4m}, \text{ км}$	$R_{\Pi}, \text{ км}$	$E_d(R_{\Pi}), \text{ мВ/м}$	$R_B, \text{ км}$	$E_d(R_B), \text{ мВ/м}$
$\underline{\hspace{1cm}} * 10$								
$\underline{\hspace{1cm}} * 1$								
$\underline{\hspace{1cm}} * 0,1$								
$\underline{\hspace{1cm}} * 0,01$								

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Как классифицируются радиоволны?
2. С какой скоростью распространяются радиоволны?
3. Каковы основные свойства радиоволн?
4. Какие волны называют земными?
5. Как называются радиоволны, распространяющиеся в однородной среде по прямолинейным, либо близким к ним траекториям?

3.1.5. Лабораторная работа №5. Исследование процесса распространения радиоволн в зависимости от диэлектрических параметров подстилающей поверхности.

Задание на самоподготовку

Дать определение понятиям: «взлетная» и «посадочная» площадки, коэффициент заполнения трассы сушей.

Записать формулы: расчет минимальной действующей высоты антенны, расчет множителя ослабления с учетом минимальной действующей высоты антенны, расчет множителя ослабления по методу Шулейкина-ван-дер-Поля, расчет множителя ослабления по методу Миллингтона.

Построить графики:

1. распространение радиоволны по траектории «наименьшего поглощения»;
2. изменение действующего значения напряженности поля на трассе «море-суша-море» и «суша-море-суша».

Лабораторное задание

1. Определить множитель ослабления и действующее значение напряженности электрического поля для трех различных расстояний от передатчика (задать самостоятельно) для длины волны $\lambda=1$ м.

Тип почвы	R1= км		R2= км		R3= км	
	E_d [мВ/м]	W	E_d [мВ/м]	W	E_d [мВ/м]	W
Морская вода						
Пресная вода						
Влажная земля						
Сухая земля						
Снег						
Лед						
Лес						

Нанести значения действующего напряжения электрического поля E_d и множителя ослабления W на графики в зависимости от типа почвы, располагая их в порядке увеличения поглощающих свойств.

2. Для почв, оказывающих наибольшее и наименьшее поглощающее воздействие определить зависимость множителя ослабления и действующего значения напряженности электрического поля от длины волны

Тип почвы	L, м		L, дм		L, см		L, мм	
	E_d [мВ/м]	W	E_d [мВ/м]	W	E_d [мВ/м]	W	E_d [мВ/м]	W

3. Для трассы, состоящей из почв двух типов, исследовать зависимости множителя ослабления и действующего значения напряженности электрического поля от диэлектрических параметров почвы. Задать $\lambda=1$ м, R1, R2, R3 выбрать самостоятельно, первый тип почвы выбрать самостоятельно.

Почва 1	Почва 2	R1= км		R2= км		R3= км	
		E [мВ/м]	W	E [мВ/м]	W	E [мВ/м]	W
	Пресная вода						
	Влажная земля						
	Сухая земля						
	Снег						
	Лед						
	Лес						
	Морская вода						

Нанести значения действующего напряжения электрического поля E_d и множителя ослабления W на графики в зависимости от типа почвы 2, располагая их в порядке увеличения поглощающих свойств.

4. Для двух типов почв определить значения множителя ослабления и действующего значения напряженности электрического поля от длины волны на расстоянии R_1 , меняя местами порядок их следования

Тип почвы	Тип почвы	E_d [мВ/м]	W
1	2		
2	1		

5. Для двух типов почв определить зависимость множителя ослабления и действующего значения напряженности электрического поля от длины волны

	л, м		л, дм		л, см		л, мм	
	E_d [мВ/м]	W	E_d [мВ/м]	W	E_d [мВ/м]	W	E_d [мВ/м]	W

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Каковы средние значения проводимости суши и моря?
2. Какой участок земной поверхности оказывает существенное влияние на распространение радиоволн, если антенны подняты высоко над поверхностью Земли?
3. В каких диапазонах волн применяются антенны типа заземленного вибратора?
4. В каком диапазоне волн существенно сказываются ошибки в определении координат излучателя, вызванные береговой рефракцией?
5. Какие составляющие имеет поле вертикального вибратора, расположенного вблизи полупроводящей поверхности Земли?
6. Дальность распространения земных волн больше всего в диапазоне:
7. В каких диапазонах наиболее сильно проявляется явление дифракции?
8. В каком диапазоне радиоволн расчет напряженности поля ведут по интерференционной формуле?
9. От чего зависят электрические свойства почвы?
10. Какие волны применяются для радиосвязи через толщу земной поверхности или моря?

3.1.6. Лабораторная работа №6. Исследование процесса распространения радиоволн в зависимости от рельефа местности.

Задание на самоподготовку

Дать определение следующим понятиям: принцип Гюйгенса-Френеля, область пространства, существенная при распространении радиоволн, что представляет собой первая зона Френеля при отражении от поверхности Земли, как классифицируются пролеты радиолинии в зависимости от величины

просвета? (указать соотношение величины просвета и радиуса первой зоны Френеля).

Написать формулы: радиус n-ой зоны Френеля, критерий Релея для расчета допустимой высоты неровности, зона прямой видимости с учетом тропосферной рефракции, большая и малая полуоси эллипса Френеля.

Проиллюстрировать с помощью рисунков следующие явления:

1. Явление усиления препятствием
2. Область прямой видимости, полутени, тени (указать, как соотносятся длина трассы r и зона прямой видимости для каждого из этих участков)
3. Открытый, полуоткрытый и закрытый типы пролетов радиолинии

Лабораторное задание

1. Исследование отражения радиоволны от поверхности Земли в зависимости от высоты поднятия передающей антенны ($S_1=25$ км, $\lambda=1$ м, $h_2=10$ м).

h_1 [м]	r_1 [км]	θ [°]	H [м]	a [м]	b [м]	S [м ²]
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						

2. Исследование отражения радиоволны от поверхности Земли в зависимости от высоты поднятия приемной антенны ($S_1=25$ км, $\lambda=1$ м, $h_1=10$ м).

h_2 [м]	r_1 [км]	θ [°]	H [м]	a [м]	b [м]	S [м ²]
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						

3. Исследование отражения радиоволны от поверхности Земли в зависимости от расстояния между приемной и передающей антеннами ($\lambda=1$ м, $h_1=h_2=80$ м).

S_1 [км]	r_1 [км]	θ [°]	H [м]	a [м]	b [м]	S [м ²]
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						

4. Исследование отражения радиоволны от поверхности Земли в зависимости от длины волны ($h_1=h_2=80$ м, $S_1=70$ км).

λ [м]	r_1 [км]	θ [°]	H [м]	a [м]	b [м]	S [м ²]
1						
0,5						
0,1						
0,05						
0,01						
0,005						
0,001						

5. Исследование влияния существенного препятствия на распространение радиоволны в зависимости от высоты поднятия передающей антенны ($P=0,1$ Вт, $h_2=h_3=40$ м, $S_1=35$ км, $\lambda=0,1$ м, $l=17$ км, $x=0,45$ км, $y=0,04$ км)

h_1 [м]	R [м]	L [м]	$R_{эфф}$ [м]	W [дБ]	E [мВ/м]	Тип пролета
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						

6. Исследование влияния существенного препятствия на распространение радиоволны в зависимости от расстояния между приемником и передатчиком ($P=0,1$ Вт, $h_1=h_2=80$ м, $h_3=40$ м, $\lambda=0,1$ м, $l=17$ км, $x=0,45$ км, $y=0,04$ км).

S_1 [км]	R [м]	L [м]	$R_{эфф}$ [м]	W [дБ]	E [мВ/м]	Тип пролета
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						

7. Исследование влияния существенного препятствия на распространение радиоволны в зависимости от высоты препятствия ($P=0,1$ Вт, $h_1=h_2=80$ м, $S_1=40$ м, $\lambda=0,1$ м, $l=20$ км, $x=0,45$ км, $y=0,04$ км).

h_3 [м]	R [м]	L [м]	$R_{эфф}$ [м]	W [дБ]	E [мВ/м]	Тип пролета
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Каким законом определяется направление распространения отраженной волны при отражении от идеально ровной поверхности?
2. При отражении радиоволн от шероховатой поверхности критерий Релея показывает...
3. Критерий Релея записывается в виде ...
4. В чем заключается суть явления «усиления препятствием»?
5. В чем заключается принцип Гюйгенса-Френеля?
6. Что представляют собой зоны Френеля в проекции на плоскость?
7. Какова разность фаз радиоволн для соседних зон Френеля?
8. Какую область считают существенной при отражении радиоволн?
9. По какой формуле можно рассчитать радиус n -ой зоны Френеля? (n – номер зоны, λ – длина волны, l_1 – расстояние от передатчика до точки отражения, l_2 – расстояние от приемника до точки отражения)

10. Что представляет собой первая зона Френеля при отражении от поверхности Земли?
11. области, существенной при отражении?
12. Что понимают под расстоянием прямой видимости?
13. По какой формуле можно вычислить расстояние прямой видимости? (h_1 - высота поднятия передающей антенны, h_2 - высота поднятия приемной антенны)
14. Как называются области распространения радиоволн при следующих соотношениях длины трассы и расстояния прямой видимости ?
15. При выполнении какого условия в расчетах допустимо применять плоскую модель земли?

3.1.7. Лабораторная работа №7. Исследование тропосферной рефракции радиоволн.

Задание на самоподготовку

Дать определение понятиям: тропосферная волна, рефракция, индекс преломления.

Записать формулы: индекс преломления тропосферы, радиус кривизны траектории, эквивалентный радиус.

Построить графики

1. Траектория распространения радиоволны при отрицательной, нормальной, положительной, критической и сверхрефракции.
2. Схема распространения радиоволны над эквивалентной поверхностью для отрицательной, нормальной, положительной, критической и сверхрефракции.

Лабораторное задание

1. Исследование зависимости вида рефракции от параметров тропосферы.

Вид рефракции	R, мм.рт.ст.	T, °C	φ, %	-dN/dh, 1/м	r, км	R _э , км	k	Схема распространения над реальной и эквивалентной поверхностями

2. Исследование зависимости вида тропосферной рефракции от параметров тропосферы.

H, км	1			2			3		
	R, мм.рт.ст.	T, °C	φ, %	R, мм.рт.ст.	T, °C	φ, %	R, мм.рт.ст.	T, °C	φ, %

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Каково строение и состав тропосферы?
2. Как меняются существенные параметры тропосферы с высотой?
3. Какие факторы наиболее сильно влияют на распространение тропосферных волн?
4. Что такое тропосферная рефракция радиоволн?
5. Какие виды тропосферной рефракции существуют?
6. Каковы условия для возникновения сверхрефракции?
7. Как происходит рассеяние УКВ тропосферой?
8. Поглощение радиоволн в тропосфере.
9. В чем суть явления замирания при тропосферном распространении радиоволн?

3.1.8. Лабораторная работа №8. Исследование условий отражения радиоволн от ионосферы.

Задание на самоподготовку

Дать определение понятиям: ионосферная волна, ионосфера, максимальная частота.

Записать формулы: показатель преломления ионизированного газа, критическая частота, максимальная частота

Построить

1. Распределение электронной концентрации в ионосфере, указав высоты и названия слоев.
2. Траекторию радиоволны в плоско-слоистой ионосфере при ее повороте.

Лабораторное задание

1. Исследовать зависимость максимальной частоты от угла возвышения. Найденные значения N по полученным данным построить зависимости $f(\beta)$ при трех различных N . Сделать выводы.

2. Определить промежутки частот, в которых будет отражаться наибольшее количество радиоволн, основываясь на результатах в таблицах 2, 3, 4. По данным таблиц построить графические изображения. Сделать выводы.

3. Исследование зависимости дальности распространения пространственной радиоволны от выбранного диапазона частот и угла возвышения. По данным таблиц 2-4 построить высотно-частотные зависимости. Для этого по оси ОУ указать диапазон изменения высоты каждого слоя, а по оси ОХ – соответствующий ему диапазон частот, определенный для углов возвышения от 100 до 900. Рассчитать потенциальную дальность распространения радиоволны по формуле $l = 2h \operatorname{ctg} \beta$.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Ионосфера – это...
2. Ионосфера состоит из...
3. От чего зависит ионизация
4. Ионосфера делится на...
5. Укажите высоты расположения слоев ионосферы
6. Что называется спорадическим слоем Es
7. С помощью чего проводят исследования ионосферы
8. Критическая частота это
9. В чем проявляется влияние неоднородности ионосферы
10. Соотношение между частотой f наклонного (падающего на границу ионосферы под углом φ_0) и частотой $f_{\text{верт}}$ вертикально направленного лучей, которые отражаются от одной и той же области ионосферы, часто называемым законом секанса, имеет вид...
11. Максимально возможный угол падения луча на ионосферу $\varphi_{0\text{max}}$, обусловленный кривизной земной поверхности, определяется формулой ...
12. Частота радиоволны f , при которой происходит поворот луча при на высоте h при значении электронной концентрации N_p , угле возвышения β определяется формулой ...
13. Критическая частота $f_{\text{кр}}$ определяется формулой ...
14. Условие поворота радиоволны выполняется если...
15. Как влияет увеличение частоты радиоволны волны на угол возвышения, при котором будет выполняться условие поворота?

3.1.9 Задания для контрольной работы студентов заочной формы обучения

Контрольная работа № 1 для студентов заочной формы обучения состоит из трех заданий и одного теоретического вопроса (типовые задания № 1, 2, 3, 4). Контрольная работа № 2 для студентов заочной формы обучения состоит из 4 заданий (типовые задания № 5, 6, 7, 8). Номер варианта задания определяется ведущим преподавателем. Перечень типовых заданий представлен ниже.

Задание № 1.

В вакууме существует электромагнитное поле, гармонически изменяющееся во времени. В некоторой точке пространства вектор $\vec{E} = 130 \cos(2\pi * 10^{10} t) \vec{i}_x$. Определить плотность тока смещения в данной точке.

Задание № 2.

Вывести выражения, определяющие граничные условия для нормальной составляющей векторов электрического поля при наличии на поверхности раздела двух сред сторонних зарядов.

Задание № 3.

На расстоянии 10 км максимальная амплитуда напряженности электрического поля диполя Герца равна 10^{-3} В/м. Определить мощность, излучаемую диполем, если его длина составляет $0,1\lambda_0$.

Задание № 4.

Плоская электромагнитная волна падает нормально из вакуума на границу раздела со средой, имеющей параметры $\varepsilon = 8, \mu = 1, \sigma = 0,1$ См/м. Определить комплексные коэффициенты отражения и преломления на частоте 100 МГц. Полагая, что амплитуда напряженности электрического поля падающей волны в плоскости $z = 0$, совпадающей с границей раздела, равна 1 В/м, записать выражение для мгновенного значения напряженности электрического поля отраженной волны.

Задание № 5.

Определить величину основных потерь при распространении радиоволн с длиной волны λ в свободном пространстве на расстояние r . КНД передающей антенны D_1 , КНД приемной антенны D_2 . Определить мощность передатчика, необходимую для осуществления радиосвязи при следующих условиях: требуемая мощность на входе приемного устройства P_2 , множитель ослабления равен F .

λ [м]	P_1 [Вт]	r [км]	D_1 [дБ]	D_2 [дБ]	F [дБ]
100	10	1000	30	20	-70

Задание № 6.

Для земной радиоволны, распространяющейся над некоторой однородной почвой, построить зависимость действующего значения напряженности электрического поля E_d на поверхности Земли от расстояния r в пределах от r_1 до r_2 , используя интерференционную формулу. Длина волны λ , мощность передатчика P_1 , КНД передающей антенны D_1 , высота поднятия передающей и приемной антенн h_1 и h_2 соответственно. Определить действующее значение напряженности электрического поля в указанных точках, и расстояние от передатчика до этих точек:

- первый, второй и третий максимумы действующего значения напряженности электрического поля;
- первый, второй и третий минимумы действующего значения напряженности электрического поля;
- граница применимости квадратичной формулы Введенского.

Для условий задачи из п.1, построить зависимость действующего значения напряженности электрического поля E_d от расстояния r в пре-

делах от r_1 до r_2 , используя квадратичную формулу Введенского. Определить диапазон изменений углов скольжения в пределах от r_1 до r_2 и рассчитать изменение минимальной действующей высоты антенны h_0 на протяжении радиотрассы.

Для условий задачи из п.1 построить, используя метод Шулейкина-ван-дер-Поля, зависимость действующего значения напряженности электрического поля E_d от расстояния r в пределах от r_1 до r_2 , если:

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

Для условий задачи из п.1. и высот поднятия приемной и передающей антенн h_1 и h_2 соответственно, определить дальность прямой видимости r_0 и приведенные высоты антенн h_1' , h_2' , если они расположены на расстоянии $0,8r_0$. Определить радиус R_1 первой зоны Френеля в точке отражения и размеры эллипса Френеля a_Φ и b_Φ на поверхности Земли. Рассчитать диапазон изменений допустимых высот неровностей $h_{доп}$ в пределах эллипса Френеля. Определить тип пролета, если на трассе располагается значительное препятствие высотой L .

P_1 , Вт	D_1	λ , м	h_1 , м	h_2 , м	R	θ , рад	Тип почвы 1	Тип почвы 2	r_1 , м	r_2 , м	L , м
15	1	1,5	30	30	1	π	Морская вода	Снег	170	11000	25

Задание № 7.

Построить вертикальный профиль индекса преломления, если на поверхности Земли установились следующие параметры: температура T_0 , давление p_0 , относительная влажность φ_0 ; а на верхней границе тропосферы на высоте h они принимают значения T_1 , p_1 , φ_1 . По графику определить градиент индекса преломления dN/dh .

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

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 .

Рассчитать степень поглощения радиоволны F_1 в гидрометеорах, если на пути распространения радиоволны длиной λ установились соответствующие метеоусловия (см. таблицу). Рассчитать степень молекулярного поглощения F_2 радиоволны длиной λ .

Построить график зависимости действующего значения напряженности электрического поля от расстояния, если мощность передатчика P_1 , коэффициент направленного действия антенны D_1 для трех случаев:

- 1) без учета поглощения в тропосфере;
- 2) с учетом поглощения в гидрометеорах;
- 3) с учетом молекулярного поглощения.

h , км	T_0 , °С	p_0 , мм.рт.ст.	φ_0 , %	T_1 , °С	p_1 , мм.рт.ст.	φ_1 , %	h_1 , м	h_2 , м	r , км	λ , см	P_1 , кВт	D_1
8	-45	820	90	-50	100	1	10	10	20	0,4	0,5	1
Метеоусловия			туман при плотности конденсированной воды 2.3 г/м^3 и видимости ок. 30 м									

Задание № 8.

Найти максимальную частоту f_{\max} для слоя D, со значением электронной концентрации $N_{\max} = 100 \text{ см}^{-3}$ в точке поворота на высоте $h = 70 \text{ км}$ при заданном значении угла возвышения $\beta = 30^\circ$.

3.1.10 Задания для СР по теме «Прямая и обратная задачи электродинамики. Вывод уравнений Максвелла» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Вектора электрического и магнитного полей.
- Классификация сред распространения электромагнитных волн.
- Вывод уравнений Максвелла.
- Прямая и обратная задачи электродинамики.

3.1.11 Задания для СР по теме «Уравнения Максвелла для монохроматического поля» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие монохроматического поля.
- Вывод уравнений Максвелла для монохроматического поля.

3.1.12 Задания для СР по теме «Энергия электромагнитного поля. Теорема Пойнтинга» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие сторонних токов и зарядов.
- Вывод уравнения баланса мгновенных значений мощности.

- Вектор Пойнтинга.

3.1.13 Задания для СР по теме «Граничные условия для векторов электрического и магнитного поля» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Граничные условия на границе раздела: металл-диэлектрик.
- Приближенные граничные условия Леонтовича-Щукина.

3.1.14 Задания для СР по теме «Волновые уравнения» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Вывод волновых уравнений.
- Понятие электродинамических потенциалов.
- Решение волновых уравнений через векторный и скалярный потенциал.

3.1.15 Задания для СР по теме «Излучение элементарного электрического вибратора» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие элементарного электрического вибратора.
- Формулировка и решение задачи излучения элементарного электрического вибратора.
- Дальняя, ближняя, промежуточная зоны.

3.1.16 Задания для СР по теме «Излучение элементарного магнитного вибратора. Элемент Гюйгенса» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Перестановочная двойственность уравнений Максвелла.
- Формулировка и решение задачи излучения элементарного магнитного вибратора.
- Структура поля элементарного магнитного вибратора.
- Элемент Гюйгенса. Структура поля элемента Гюйгенса.

3.1.17 Задания для СР по теме «Дифракция электромагнитных волн» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Явление дифракции. Задача дифракции в электродинамике.
- Приближенные подходы к решению электродинамических задач дифракции: метод Гюйгенса-Кирхгофа.
- Дифракция Френеля.

3.1.18 Задания для СР по теме «Поляризация электромагнитных волн» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Явление поляризации электромагнитных волн.
- Плоская, круговая эллиптическая поляризация.

3.1.19 Задания для СР по теме «Нормально и параллельно поляризованные электромагнитные волны на границе раздела двух сред» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Нормально поляризованные волны на границе раздела двух сред.
- Параллельно поляризованные волны на границе раздела двух сред.
- Полное внутреннее отражение на границе раздела двух сред.

3.1.20 Задания для СР по теме «Распространение радиоволн в направляющих системах» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Виды направляющих систем.
- Направляемые электромагнитные волны.
- Характеристики направляемых электромагнитных волн.
- Передача и потери энергии в направляющих структурах.

3.1.21 Задания для СР по теме «Распространение радиоволн в свободном пространстве» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Классификация радиоволн по диапазонам и способам распространения
- Ослабление радиоволн
- Множитель ослабления

3.1.22 Задания для СР по теме «Распространение радиоволн над бесконечной плоской однородной идеально гладкой поверхностью. Двухлучевая модель распространения» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие земной волны, основные факторы, влияющие на распространение земной волны.

3.1.22 Задания для СР по теме «Учет диэлектрических параметров подстилающей поверхности» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Распространение радиоволн над участками земной поверхности типа «море-суша-море» и «суша-море-суша».
- Зависимость множителя ослабления от коэффициента заполнения трассы сушей.
- Береговая рефракция.

3.1.23 Задания для СР по теме «Учет сферичности Земли» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие дальность радиогоризонта, расстояние прямой видимости, зон прямой видимости, полутени, тени.
- Методы расчета множителя ослабления и напряженности электрического поля с учетом сферичности земли в зависимости от расстояния прямой видимости.

3.1.24 Задания для СР по теме «Учет шероховатостей земной поверхности и экранирующих препятствий» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Отражение радиоволн от идеально гладкой и шероховатой поверхности. Учет шероховатости поверхности. Критерий Релея.
- Экранирующие препятствия. Характеристики пролетов: открытый, полуоткрытый, закрытый.

3.1.25 Задания для СР по теме «Распространение радиоволн над местностью со сложным рельефом» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Методы расчета напряженности поля при распространении радиоволн в условиях городской местности.
- Явление усиления препятствием.

3.1.26 Задания для СР по теме «Состав и строение тропосферы» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Основные параметры тропосферы: температура, давление, влажность, газовый состав, высота.
- Индекс преломления, градиент индекса преломления.

3.1.27 Задания для СР по теме «Рассеяние радиоволн в тропосфере. Дальнее тропосферное распространение» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Образование вихрей в тропосфере
- Понятие общего объема рассеяния
- Отражение от псевдозеркальных неоднородностей

3.1.28 Задания для СР по теме «Поглощение радиоволн в тропосфере» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Виды поглощений в тропосфере.

3.1.29 Задания для СР по теме «Расчет условий прохождения радиоволн через тропосферу» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие замирания сигналов
- Параметры, характеризующие сигналы с замираниями
- Методы борьбы с замираниями сигналов
- Методы расчета множителя ослабления и напряженности электрического поля при прохождении УКВ через тропосферу.

3.1.30 Задания для СР по теме «Состав и строение ионосферы» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Понятие ионосферы, газовый состав, источники ионизации, виды рекомбинации
- Модель простого слоя (слоя Чепмена)
- Строение реальной ионосферы, в зависимости от времени суток, года, географической широты, солнечной активности.

3.1.31 Задания для СР по теме «Анизотропные свойства ионосферы. Фазовая и групповая скорость распространения радиоволн» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Распространение радиоволн в направлении постоянного МП Земли
- Распространение радиоволн в направлении перпендикулярном постоянному МП Земли
- Потери в ионосфере: тепловые и за счет эффекта Фарадея.

3.1.32 Задания для СР по теме «Отражение радиоволн от ионосферы» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Механизм отражения радиоволн от ионосферы
- Критические и максимальные частоты.

3.1.33 Задания для СР по теме «Исследование состояния верхних слоев атмосферы» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Прямые методы

- Косвенные методы

3.1.34 Задания для СР по теме «Распространение радиоволн в диапазонах 3Гц-30 кГц» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Распространение радиоволн ОНЧ
- Распространение радиоволн НЧ

3.1.35 Задания для СР по теме «Распространение радиоволн оптического диапазона» (для очной и заочной форм обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Влияние атмосферы на распространение волн оптического диапазона

3.2 Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Изучение дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн» сопровождается рейтинговой системой контроля знаний обучающихся.

Рейтинговая система контроля и оценки знаний обучающихся – это комплекс учебных, организационных и методических мероприятий, направленных на обеспечение систематической творческой работы курсантов (студентов), повышение самостоятельности и самостоятельности учебы. Она обеспечивает реализацию принципов обратной связи в процессе учебы и включает в себя:

1. схему контрольных мероприятий;
2. критерии оценки знаний, умений и навыков.

Максимальное количество баллов (рейтинг), которое может получить курсант (студент), определяется количеством часов, отводимых на изучение данной дисциплины – 72 в одном семестре и 108 – в другом семестре.

Схема контрольных мероприятий для курсантов очной формы обучения приведена в таблицах 3.8 – 3.11.

Таблица 3.8 – Схема контрольных мероприятий для курсантов очной формы обучения в 4 семестре

Этапы контрольных мероприятий	Вид контрольного мероприятия					
	ЛР	СР	Посещение занятий	Компонент своевременности	Зачет	Итого
ТК1*	7		1	1	-	9
ТК2	7		1	1	-	9
ТК3	7		1	1	-	9
ТК4	-	5	-	1	-	6
ТК5	-	5	-	1	-	6
ТК6	-	5	-	1	-	6
ТК7	-	5		1	-	6
ПА	-	-	-	-	21	21
Итого	21	20	3	7	21	72

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1 – ТК3); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК4 – ТК7); ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу зачета по дисциплине в 4 семестре.

Таблица 3.9 – Соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале в 4 семестре

Этапы контроля	Оценка			
	неудовлетв.	удовлетв.	хорошо	отлично
ТК1	0-2	3-4	5-6	7
ТК2	0-2	3-4	5-6	7
ТК3	0-2	3-4	5-6	7
ТК4	0-1	2-3	4	5
ТК5	0-1	2-3	4	5
ТК6	0-1	2-3	4	5
ТК7	0-1	2-3	4	5
Посещение занятий	0	1	2	3
Своевременность сдачи	0-1	2-3	4-5	6-7
ИТОГО до ПА	0-11	12-28	29-41	42-51
ПА	0-8	8-13	14-18	19-21
ИТОГО	0-19	20-41	42-59	60-72

Таблица 3.10 – Схема контрольных мероприятий для курсантов очной формы обучения в 5 семестре

Этапы контрольных мероприятий	Вид контрольного мероприятия					
	ЛР	СР	Посещение занятий	Компонент своевременности	Экзамен	Итого
ТК1*	7	-	1	1	-	9
ТК2	7	-	1	1	-	9
ТК3	7	-	1	1	-	9
ТК4	7	-	1	1	-	9
ТК5	7	-	1	1	-	9
ТК6	-	7	-	1	-	8
ТК7	-	7	-	1	-	8
ТК8	-	7	-	1	-	8
ТК9	-	7	-	1	-	8
ПА	-	-	-	-	30	30
Итого	35	28	5	10	30	108

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1 – ТК5); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК6 – ТК9); ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу экзамена по дисциплине в 5 семестре.

Таблица 3.11 – Соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале в 5 семестре

Этапы контроля	Оценка			
	неудовлетв.	удовлетв.	хорошо	отлично
ТК1	0-2	3-4	5-6	7
ТК2	0-2	3-4	5-6	7
ТК3	0-2	3-4	5-6	7
ТК4	0-2	3-4	5-6	7
ТК5	0-2	3-4	5-6	7
ТК6	0-2	3-4	5-6	7
ТК7	0-2	3-4	5-6	7
ТК8	0-2	3-4	5-6	7
ТК9	0-2	3-4	5-6	7
Посещение занятий	0	1-2	3-4	5
Своевременность сдачи	0-3	4-6	7-8	9-10
ИТОГО до ПА	0-21	22-44	45-66	67-78
ПА	0-9	10-19	19-25	26-30
ИТОГО	0-31	31-63	64-91	92-108

Схема контрольных мероприятий для студентов заочной формы обучения приведена в таблицах 3.12 – 3.15.

Таблица 3.12 – Схема контрольных мероприятий для студентов заочной формы обучения (2 сессия 2 курса)

Этапы контрольных мероприятий	Вид контрольного мероприятия						
	ЛР	СР	К/р	Посещение занятий	Компонент своевременности	Зачет	Итого
ТК1*	10	-	-	1	1	-	12
ТК2	-	-	25	-	1	-	26
ТК3	-	5	-	-	1	-	6
ТК4	-	5	-	-	1	-	6
ТК5	-	5	-	-	1	-	6
ТК6	-	5	-	-	1	-	6
ПА	-	-	-	-	-	10	10
Итого	10	20	25	1	6	10	72

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторной работы (ТК1); выполнение и защиту контрольной работы (ТК2); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК3 – ТК6); ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу зачета по дисциплине во 2 сессию 2 курса.

Таблица 3.13 – Соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале для студентов заочной формы обучения (2 сессия 2 курса)

Этапы контроля	Оценка			
	неудовлетв.	удовлетв.	хорошо	отлично
ТК-1	0-2	3-6	7-8	9-10
ТК-2	0-7	8-13	14-19	20-25
ТК-3	0-1	2-3	4	5
ТК-4	0-1	2-3	4	5
ТК-5	0-1	2-3	4	5
ТК-6	0-1	2-3	4	5
Посещение занятий	0	0	0	1
Своевременность сдачи	0-1	2-3	4-5	6
ИТОГО до ПА	0-14	15-34	35-48	49-62
ПА	0-3	4-6	7-8	9-10
ИТОГО	0-17	18-40	41-56	57-72

Таблица 3.14 – Схема контрольных мероприятий для студентов заочной формы обучения (3 сессия 2 курса)

Этапы контрольных мероприятий	Вид контрольного мероприятия						
	ЛР	СР	К/р	Посещение занятий	Компонент своевременности	Экзамен	Итого
ТК1*	10	-	-	1	1	-	12
ТК2	-	-	15	-	1	-	16
ТК3	-	10	-	-	1	-	11
ТК4	-	10	-	-	1	-	11
ТК5	-	10	-	-	1	-	11
ТК6	-	10	-	-	1	-	11
ТК7	-	10	-	-	1	-	11
ПА	-	-	-	-	-	25	25
Итого	10	50	15	1	7	25	108

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторной работы (ТК1); выполнение и защиту контрольной работы (ТК2); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК3 – ТК7); ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу экзамена по дисциплине для студентов заочной формы обучения (3 сессия 2 курса).

Таблица 3.15 – Соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале для студентов заочной формы обучения (3 сессия 2 курса)

Этапы контроля	Оценка			
	неудовлетв.	удовлетв.	хорошо	отлично
ТК1	0-2	3-5	6-8	9-10
ТК2	0-5	6-9	10-12	13-15
ТК3	0-2	3-5	6-8	9-10
ТК4	0-2	3-5	6-8	9-10
ТК5	0-2	3-5	6-8	9-10
ТК6	0-2	3-5	6-8	9-10
ТК7	0-2	3-5	6-8	9-10
Посещение занятий	0	0	0	1
Своевременность сдачи	0-2	3-4	5-6	7
ИТОГО до ПА	0-19	20-43	44-66	67-83
ПА	0-8	9-14	15-20	21-25
ИТОГО	0-27	28-57	58-86	87-108

Критерии выставления оценок за лабораторные работы

Оценка «**отлично**» выставляется, если курсант (студент) показал глубокие знания и понимание программного материала по теме лабораторной работы, умело увязывает лекционный материал с практикой, грамотно и логично строит ответ на контрольные вопросы.

Оценка «**хорошо**» выставляется, если курсант (студент) твердо знает программный материал по теме лабораторной работы, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на контрольные вопросы. Правильно применяет полученные знания при решении практических вопро-

сов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) имеет знания только основного материала по поставленным контрольным вопросам, но не усвоил его деталей, для принятия правильного решения требует наводящих вопросов, допускает отдельные неточности или недостаточно четко излагает учебный материал по теме лабораторной работы.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

Критерии выставления оценок за самостоятельную работу

Оценка **«отлично»** выставляется, если курсант (студент) показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения и показал высокий уровень освоения изложенного материала.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если курсант (студент) показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения, показал достаточно высокий уровень освоения изложенного материала, однако при оформлении конспекта допускает немногочисленные ошибки.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) показал глубину проработки темы самостоятельной работы, показал удовлетворительный уровень освоения изложенного материала, однако не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) провел поверхностное изучение темы самостоятельной работы, показал неудовлетворительный уровень освоения изложенного материала, не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки.

Критерии выставления оценок за контрольную работу

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, без ошибок, своевременно. При защите правильно отвечает на все поставленные вопросы.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, с небольшими корректировками, своевременно. При защите правильно отвечает на большинство поставленных вопросов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он выпол-

нил контрольную работу согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, с ошибками, проявил недостаточную пунктуальность в сроках сдачи. При защите дает правильные ответы только на вопросы, связанные с понятийным аппаратом дисциплины.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если не выполнены требования критериев удовлетворительной оценки.

Критерии выставления оценок за зачет

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом (студентом) за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«отлично»**, то курсант (студент) может быть освобожден от сдачи зачета с выставлением ему оценки **«отлично»**.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом (студентом) за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«хорошо»**, то курсант (студент) может быть освобожден от сдачи зачета с выставлением ему оценки **«хорошо»**, либо проходит ПА с целью повышения оценки до **«отлично»**.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом (студентом) за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«удовлетворительно»**, то курсант (студент) проходит ПА на общих основаниях.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом (студентом) за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«неудовлетворительно»**, то курсант (студент) проходит ПА на следующих основаниях:

1) при условии положительного результата прохождения ПА курсанту (студенту) выставляется оценка **«удовлетворительно»**, если курсант дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет неудовлетворительную оценку (кроме контрольной работы);

2) при условии положительного результата прохождения ПА курсанту (студенту) выставляется оценка **«хорошо»** или **«отлично»**, если курсант (студент) дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет оценку **«удовлетворительно»** или **«неудовлетворительно»** (кроме контрольной работы).

Зачет проводится в форме теста, содержащего 25 вопросов с четырьмя вариантами ответов, один из которых является верным. Перечень тестовых вопросов максимально охватывает разделы дисциплины и приведен в параграфе 4.2 данного документа.

Оценка **«отлично»** за тест выставляется, если число верных ответов составляет 21-25.

Оценка **«хорошо»** за тест выставляется, если число верных ответов со-

ставляет 16-20.

Оценка **«удовлетворительно»** за тест выставляется, если число верных ответов составляет 11-15.

Оценка **«неудовлетворительно»** за тест выставляется, если число верных ответов составляет 0-10.

При отрицательном результате выполнения тестовых заданий (оценка **«неудовлетворительно»**), по желанию обучающегося, может быть проведена беседа по темам дисциплины в соответствии с утвержденным перечнем вопросов, выданным курсантам (студентам) не позднее 1 месяца перед сессией. В параграфе 4.1 данного документа приведен примерный перечень вопросов.

Итоговая оценка за зачет по результатам беседы выводится по четырем частным оценкам (по одной за каждый из вопросов по разделам 1, 2, 3 и 4 дисциплины) как среднее арифметическое с округлением в меньшую или большую сторону в зависимости от дробной части.

При ответе на вопросы:

Оценка **«отлично»** выставляется, если курсант (студент) показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если курсант (студент) твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике.

Критерии выставления оценок за экзамен

Экзаменационные билеты содержат теоретический вопрос и вопрос для контроля практических умений (практическая задача). Билеты для проведения экзамена обсуждаются и утверждаются на заседании кафедры.

При ответе на теоретический вопрос:

Оценка **«отлично»** выставляется, если курсант (студент) показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если курсант (студент) твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике.

При ответе на практический вопрос (решение задачи):

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент свободно увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями, легко ориентируется в написанном им тексте, решение задачи оформлено технически грамотно.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если студент может обосновать применённые способы решения задач, но может допускать мелкие ошибки, свободно понимает, как их можно исправить, решение задачи оформлено в основном технически грамотно.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями посредством наводящих вопросов, иногда с затруднениями понимает, как можно исправить мелкие ошибки, имеются погрешности в оформлении решения задачи.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если выясняется, что курсант (студент) не понимает принципы решения поставленных задач, не знает основных формул, не понимает, как исправить допущенные ошибки.

Итоговая оценка за экзамен выводится по двум частным оценкам как среднее арифметическое с округлением в меньшую или большую сторону в зависимости от дробной части.

4 ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

4.1 Вопросы к зачету

1. Электромагнитное поле. Основные понятия, термины и определения.
2. Вывод уравнений Максвелла. Интегральный вид, дифференциальный вид.
3. Вывод уравнения непрерывности, закона Ома и закона сохранения заряда из уравнений Максвелла.
4. Уравнения Максвелла для монохроматического поля.
5. Мощность излучения электромагнитного поля.
6. Вектор Пойнтинга. Теорема Умова-Пойнтинга.
7. Вывод граничных условий для векторов электрического поля.
8. Вид граничных условий при наличии и в отсутствие поверхностных зарядов.
9. Физический смысл граничных условий для векторов электрического поля.
10. Вывод граничных условий для векторов магнитного поля.
11. Вид граничных условий при наличии и в отсутствие поверхностных токов.
12. Физический смысл граничных условий для векторов магнитного поля.
13. Волновое уравнение.
14. Векторный и скалярный потенциал.
15. Решение волнового уравнения.
16. Излучение элементарного электрического вибратора.
17. Диаграмма направленности и мощность излучения элементарного электрического вибратора.
18. Зоны излучения элементарного электрического вибратора: ближняя, средняя, дальняя.
19. Перестановочная двойственность уравнений Максвелла.
20. Излучение элементарного магнитного вибратора.
21. Излучение элемента Гюйгенса.
22. Теорема взаимности.
23. Уравнения Максвелла с учетом магнитных токов и зарядов.
24. Плоская ЭМВ в однородной изотропной среде.
25. Плоская ЭМВ в проводниках, диэлектриках.
26. Поляризация волн.
27. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков. Нормальная поляризация.
28. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков. Параллельная поляризация.
29. Поверхностный эффект, скин-эффект, поверхностное сопротивление проводника.
30. Передача электромагнитной энергии по направляющим системам.

31. Направляемые электромагнитные волны, поперечные электрические и магнитные волны, критическая частота, скорость распространения, групповая скорость.
32. Направляющие системы, прямоугольный, круглый волноводы, двухпроводная линия, коаксиальный кабель, полосковая линия, линии поверхностных волн.
33. Теория линий передачи конечной длины. Коэффициент отражения, КСВ, КБВ.

4.2 Перечень типовых тестовых заданий

1	<p>Принцип Гюйгенса:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. угол падения электромагнитной волны равен углу отражения 2. электромагнитная волна в однородной среде распространяется прямолинейно 3. каждая точка, до которой дошли колебания, становится источником вторичных сферических волн 4. амплитуда колебаний убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника
2	<p>Напряженность электрического поля</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\vec{E} = \frac{\vec{F}_k}{q}$ 2. $\vec{E} = \frac{\vec{F}_k}{q}$ 3. $\vec{E} = \frac{\vec{F}_k}{q}$ 4. $\vec{E} = \frac{\vec{F}_k}{q}$
3	<p>Диэлектрическая проницаемость вакуума</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\epsilon_0 = 4\pi * 10^{-1} \frac{\Phi}{\text{м}}$ 2. $\epsilon_0 = 8,85\pi * 10^{-10} \frac{\Phi}{\text{м}}$ 3. $\epsilon_0 = 8,85 * 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$ 4. $\epsilon_0 = 4 * 10^{-10} \frac{\Phi}{\text{м}}$
4	<p>Индукция магнитного поля</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\vec{B} = \sqrt{\mu_a} \vec{H}$ 2. $\vec{B} = \mu_a \vec{H}$ 3. $\vec{B} = \sqrt{\epsilon_a \mu_a} \vec{H}$ 4. $\vec{B} = \epsilon_a \mu_a \vec{H}$

5	<p>Второе уравнение Максвелла в дифференциальном виде</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\mathbf{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ 2. $\mathbf{rot}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$ 3. $\mathbf{div}\vec{B} = 0$ 4. $\mathbf{div}\vec{D} = \rho$
6	<p>Третье уравнение Максвелла в дифференциальном виде</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\mathbf{div}\vec{B} = 0$ 2. $\mathbf{rot}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$ 3. $\mathbf{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ 4. $\mathbf{div}\vec{D} = \rho$
7	<p>Первое уравнение Максвелла в интегральном виде</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\oint_S (\vec{B}d\vec{S}) = 0$ 2. $\oint_S (\vec{D}d\vec{S}) = Q$ 3. $\oint_L (\vec{E}d\vec{l}) = -\frac{d}{dt} \int_S (\vec{B}dS)$ 4. $\oint_L (\vec{H}d\vec{l}) = \int_S (\vec{j}d\vec{S}) + \int (\frac{\partial\vec{D}}{\partial t} d\vec{S})$.
8	<p>Четвертое уравнение Максвелла в интегральном виде</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\oint_S (\vec{B}d\vec{S}) = 0$ 2. $\oint_L (\vec{H}d\vec{l}) = \int_S (\vec{j}d\vec{S}) + \int (\frac{\partial\vec{D}}{\partial t} d\vec{S})$ 3. $\oint_S (\vec{D}d\vec{S}) = Q$ 4. $\oint_L (\vec{E}d\vec{l}) = -\frac{d}{dt} \int_S (\vec{B}dS)$
9	<p>Уравнение непрерывности</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\mathbf{div}\vec{H} + \frac{\partial\rho}{\partial t} = 0$ 2. $\mathbf{div}\vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} = 0$ 3. $\mathbf{div}\vec{j} + \frac{\partial\rho}{\partial t} = 0$ 4. $\mathbf{div}\vec{H} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} = 0$

10	<p>Закон Ома в дифференциальном виде</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\vec{D} = \sigma \vec{E}$ 2. $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ 3. $\vec{H} = \sigma \vec{E}$ 4. $\vec{B} = \sigma \vec{E}$
11	<p>Почему на границе раздела неприменимы дифференциальные уравнения Максвелла?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. На границе раздела двух сред параметры ϵ, μ, σ среды меняются скачком 2. Вектора электромагнитного поля распадаются на нормальную и касательную составляющие 3. Существуют поверхностные токи и заряды 4. Уравнения Максвелла справедливы только для однородных изотропных сред
12	<p>Векторный потенциал</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\vec{H} = \text{rot } \vec{A}$ 2. $\vec{D} = \text{rot } \vec{A}$ 3. $\vec{B} = \text{rot } \vec{A}$ 4. $\vec{E} = \text{rot } \vec{A}$
13	<p>Теорема Пойнтинга</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $-\int_V (\vec{H} \vec{j}_{\text{стор}}) dV = \int_V (\vec{H} \vec{j}_{\text{пров}}) dV + \oint_S ([\vec{E} \vec{H}] d\vec{S})$ 2. $-\int_V (\vec{E} \vec{j}_{\text{стор}}) dV = \int_V (\vec{E} \vec{j}_{\text{пров}}) dV + \oint_S ([\vec{E} \vec{H}] d\vec{S})$ 3. $-\int_V (\vec{E} \vec{H}) dV = \int_V (\vec{E} \vec{H}) dV + \oint_S ([\vec{E} \vec{H}] d\vec{S})$ 4. $-\int_V (\vec{E} \vec{j}_{\text{пров}}) dV = \int_V (\vec{E} \vec{j}_{\text{стор}}) dV + \oint_S ([\vec{E} \vec{H}] d\vec{S})$
14	<p>Закон сохранения энергии для электромагнитного поля</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $-\int_V (\vec{E} \vec{j}_{\text{стор}}) dV = \int_V (\vec{E} \vec{j}_{\text{пров}}) dV + \oint_S ([\vec{E} \vec{H}] d\vec{S}) + \frac{\partial}{\partial t} \int_V W dV$ 2. $-\int_V (\vec{H} \vec{j}_{\text{стор}}) dV = \int_V (\vec{H} \vec{j}_{\text{пров}}) dV + \oint_S ([\vec{E} \vec{H}] d\vec{S}) + \frac{\partial}{\partial t} \int_V W dV$ 3. $-\int_V (\vec{E} \vec{j}_{\text{стор}}) dV = \oint_S ([\vec{E} \vec{H}] d\vec{S}) + \frac{\partial}{\partial t} \int_V W dV$ 4. $-\int_V (\vec{E} \vec{j}_{\text{стор}}) dV = \int_V (\vec{E} \vec{j}_{\text{пров}}) dV + \frac{\partial}{\partial t} \int_V W dV$

15	<p>Волновые уравнения</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\begin{cases} \Delta \vec{A} + \varepsilon \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = -\mu \mu_0 \vec{j} \\ \Delta U + \mu \mu_0 \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon \varepsilon_0} \end{cases}$ 2. $\begin{cases} \Delta \vec{A} + \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = 0 \\ \Delta U + \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = 0 \end{cases}$ 3. $\begin{cases} \Delta U + \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = -\mu \mu_0 \vec{j} \\ \Delta \vec{A} + \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon \varepsilon_0} \end{cases}$ 4. $\begin{cases} \Delta \vec{A} + \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = -\mu \mu_0 \vec{j} \\ \Delta U + \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon \varepsilon_0} \end{cases}$
16	<p>Как классифицируются зоны излучения элементарного электрического вибратора в зависимости от Kr?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дальняя зона - $Kr \ll 1$ Ближняя зона - $Kr \gg 1$;; Промежуточная - $Kr \sim 1$. 2. Дальняя зона - $Kr \gg L$; Ближняя зона - $Kr \ll L$; Промежуточная - $Kr \sim L$. 3. Дальняя зона - $Kr \gg 1$; Ближняя зона - $Kr \ll 1$; Промежуточная - $Kr \sim 1$. 4. Дальняя зона - $Kr \ll L$ Ближняя зона - $Kr \gg L$;; Промежуточная - $Kr \sim L$.
17	<p>Какой вид имеет пространственная диаграмма направленности элементарного электрического вибратора?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сфера 2. Тор 3. Конус 4. Цилиндр

18	<p>Мощность излучения элементарного электрического вибратора</p> <ol style="list-style-type: none"> $P_{\text{изл.}} = \frac{\pi}{2} \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 \sqrt{\frac{\mu\mu_0}{\varepsilon\varepsilon_0}} I_m^2 \text{ ст.}$ $P_{\text{изл.}} = \frac{\pi}{3} \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 \sqrt{\frac{\varepsilon\varepsilon_0}{\mu\mu_0}} I_m^2 \text{ ст.}$ $P_{\text{изл.}} = \frac{\pi}{3} \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 \sqrt{\frac{\mu\mu_0}{\varepsilon\varepsilon_0}} I_m^2 \text{ ст.}$ $P_{\text{изл.}} = \frac{\pi}{2} \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 \sqrt{\frac{\varepsilon\varepsilon_0}{\mu\mu_0}} I_m^2 \text{ ст.}$
19	<p>Что такое перестановочная двойственность уравнений Максвелла?</p> <ol style="list-style-type: none"> если в уравнениях Максвелла выполнить циклическую перестановку, то их решение не изменится если $\hat{H} \leftrightarrow \hat{E}$, $\hat{\varepsilon}\varepsilon_0 \leftrightarrow \hat{\mu}\mu_0$, то второе уравнение Максвелла переходит в первое, первое во второе, а в целом система остается неизменной. уравнения Максвелла имеют два решения, которые можно менять местами уравнения Максвелла описывают электрические и магнитные явления одинаковым образом
20	<p>Принцип эквивалентности</p> <ol style="list-style-type: none"> если сделать замену $\vec{E} \leftrightarrow \vec{H}$, то уравнения Максвелла не изменятся если известно распределение \vec{E}, \vec{H} на плоскости, то их можно заменить эквивалентными токами \vec{j}_S, \vec{j}_S^M и зарядами ρ_S, ρ_S^M электрические токи и заряды \vec{j}_S, ρ_S эквивалентны магнитными токами и зарядам \vec{j}_S^M, ρ_S^M если сделать замену $\vec{j}_S \leftrightarrow \vec{j}_S^M, \rho_S \leftrightarrow \rho_S^M$, то уравнения Максвелла не изменятся
21	<p>Лемма Лоренца</p> <ol style="list-style-type: none"> $\text{div} [\hat{E}_1 \hat{H}_2] + \text{div} [\hat{E}_2 \hat{H}_1] = (\hat{E}_2 \hat{j}_1^{\text{ст}}) + (\hat{E}_1 \hat{j}_2^{\text{ст}})$ $\text{div} [\hat{E}_1 \hat{H}_2] - \text{div} [\hat{E}_2 \hat{H}_1] = (\hat{E}_2 \hat{j}_1^{\text{ст}}) - (\hat{E}_1 \hat{j}_2^{\text{ст}})$ $\text{div} [\hat{H}_1 \hat{H}_2] - \text{div} [\hat{E}_2 \hat{E}_1] = (\hat{E}_2 \hat{j}_1^{\text{ст}}) - (\hat{E}_1 \hat{j}_2^{\text{ст}})$ $\text{div} [\hat{H}_1 \hat{H}_2] + \text{div} [\hat{E}_2 \hat{E}_1] = (\hat{E}_2 \hat{j}_1^{\text{ст}}) + (\hat{E}_1 \hat{j}_2^{\text{ст}})$

22	<p>Диаграмма направленности элемента Гюйгенса имеет вид:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.кардиоида 2.тор 3.сфера 4.не имеет направленных свойств
23	<p>Нормально поляризованная волна - это</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. волна, в которой вектор \vec{E} перпендикулярен к границе раздела двух сред 2. волна, в которой вектор \vec{E} перпендикулярен плоскости падения 3. волна, в которой вектор \vec{E} параллелен плоскости падения 4. волна, в которой вектор \vec{E} нормален к направлению распространения волны
24	<p>Граничное условие Леонтовича-Щукина</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\hat{E}_{1\tau} = z_{c1} [n_0 \hat{E}_1]$ 2. $\hat{E}_{1\tau} = z_{c2} [\tau_0 \hat{H}_1]$ 3. $\hat{E}_{1\tau} = z_{c1} [\tau_0 \hat{E}_1]$ 4. $\hat{E}_{1\tau} = z_{c2} [n_0 \hat{H}_1]$
25	<p>Поверхностный эффект</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.плотность тока внутри металла экспоненциально убывает по мере удаления от поверхности раздела, и на высоких частотах весь ток сосредоточен возле поверхности проводника 2.на поверхности проводника циркулируют сторонние магнитные токи 3.существует такой угол падения электромагнитной волны на границу раздела двух сред, при котором отраженный луч «скользит» вдоль поверхности раздела 4.распределение электромагнитного поля максимально на поверхности и убывает обратно пропорционально расстоянию от нее

4.3 Экзаменационные вопросы (5 семестр)

1. Основные понятия, термины и определения теории распространения радиоволн.
2. Классификация электромагнитных волн в зависимости от длины волны (частоты).
3. Классификация способов распространения электромагнитных волн.
4. Распространение радиоволн в свободном пространстве.
5. Общие сведения о распространении поверхностных радиоволн.
6. Учет отражения поверхностных радиоволн от земли.
7. Учет диэлектрических параметров подстилающей поверхности.
8. Распространение радиоволн над гладкой сферической поверхностью Земли.
9. Распространение радиоволн над шероховатой сферической поверхностью Земли.
10. Влияние значительных неровностей на распространение поверхностных радиоволн.
11. Распространение поверхностных радиоволн в условиях городской местности.
12. Особенности распространения тропосферных волн. Строение тропосферы.
13. Тропосферная рефракция радиоволн. Различные виды тропосферной рефракции.
14. Рассеяние УКВ тропосферой.
15. Поглощение радиоволн в тропосфере.
16. Замирания сигналов при тропосферном распространении радиоволн.
17. Состав и строение верхних слоев атмосферы.
18. Ионизация верхней области атмосферы.
19. Образование слоя Чепмена в однородной атмосфере.
20. Вертикальный профиль электронной концентрации в ионосфере.
21. Понятие критической и максимальной частот.
22. Распространение радиоволн в однородном ионизированном газе. Фазовая и групповая скорости.
23. Гиromaгнитный резонанс.
24. Общая теория распространения радиоволн в ионизированном газе при наличии постоянного магнитного поля.
25. Исследование верхних слоев атмосферы.
26. Распространение радиоволн звуковых частот.
27. Распространение сверхдлинных и длинных волн.
28. Распространение средних волн.
29. Физические процессы при распространении коротких радиоволн.
30. Основы расчета условий прохождения на коротковолновых линиях связи.
31. Особенности распространения метровых волн.
32. Особенности распространения СВЧ и оптического диапазона.

33. Распространение радиоволн в системах космической связи.

4.4 Примеры экзаменационных задач (5 семестр)

Задача 1

Определить величину основных потерь при распространении в свободном пространстве на расстояние 10 км и длине волны 20 км.

Определим множитель ослабления по формулам для изотропного излучателя в свободном пространстве (расстояние и длина волны должны быть выражены в метрах)

$$L_{0cv} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2, L_{0cv[\text{дБ}]} = 10 \lg L_{0cv} = 20 \lg (4\pi r) - 20 \lg \lambda$$

Ответ: $L=39,3=15,9$ дБ

Задача 2

Определить величину основных потерь при распространении в свободном пространстве на расстояние 10^7 км и длине волны 3 см.

Определим множитель ослабления по формулам для изотропного излучателя в свободном пространстве (расстояние и длина волны должны быть выражены в метрах)

$$L_{0cv} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2, L_{0cv[\text{дБ}]} = 10 \lg L_{0cv} = 20 \lg (4\pi r) - 20 \lg \lambda$$

Ответ: $L=1,75 * 10^{33}=252$ дБ

Задача 3

Определить мощность передатчика, необходимую для осуществления радиосвязи при следующих условиях: требуемая мощность на входе приемного устройства 10^{-14} Вт, расстояние 400 км, длина волны 20 см, множитель ослабления -80 дБ, КНД приемной и передающей антенн 30 дБ.

Для определения мощности приемника используется формула

$P_1 D_1 D_2 = \left(\frac{4\pi r}{\lambda F} \right)^2 P_2$, однако для нахождения решения ее удобно преобразовать к виду

$$P_{1[\text{дБ}, \text{Вт}]} + D_{1[\text{дБ}]} + D_{2[\text{дБ}]} = P_{2[\text{дБ}, \text{Вт}]} + 20 \lg (4\pi r) - 20 \lg \lambda - F_{[\text{дБ}]},$$

где $P_{1[\text{дБ}, \text{Вт}]} = 10 \lg P_{1[\text{Вт}]}$, $P_{2[\text{дБ}, \text{Вт}]} = 10 \lg P_{2[\text{Вт}]}$ - дБ по отношению к мощности в 1 Вт. Откуда находим $P_1 = -140 - 30 - 30 + 134 + 14 + 80 = 28 [\text{дБ}, \text{Вт}]$ и далее $28 = 10 \lg P_1$.

Ответ: $P_1=630$ Вт

Задача 4

Определить значение множителя ослабления, напряженности поля в точке приема и потерь при распространении при следующих данных: излучаемая мощность 15 Вт, длина волны 35 см, КНД передающей и приемной антенн 100 (20 дБ), высота передающей антенны 80 м, приемной антенны 20 м, расстояние между антеннами 8 км, сухая почва ($R=0,91$, $\theta=180^0$), горизонтальная поляризация.

Рассчитаем множитель ослабления по формуле

$$F = \sqrt{1 + 2R \cos\left(\theta + \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda r}\right) + R^2}, \text{ действующее значение напряженности на}$$

ходим как $E_\delta = \frac{173\sqrt{P_1 D}}{r} F$, потери при распространении находим как

$$L_{0[\text{дБ}]} = L_{0\text{св}[\text{дБ}]} - 20\lg F, L_{0\text{св}[\text{дБ}]} = 10\lg L_{0\text{св}} = 20\lg(4\pi r) - 20\lg \lambda - D_{1[\text{дБ}]} - D_{2[\text{дБ}]}$$

Ответ: $F=0,74=20 \lg 0,74=-2,6$ дБ; $E_\delta = 19,6$ мВ/м; $L_{0[\text{дБ}]} = 71,7$ дБ.

Задача 5

Определить значение множителя ослабления, напряженности поля в точке приема и потерь при распространении при следующих данных: излучаемая мощность 15 Вт, длина волны 35 см, КНД передающей и приемной антенн 100 (20 дБ), высота передающей антенны 80 м, приемной антенны 20 м, расстояние между антеннами 8 км, сухая почва ($R=0,68$, $\theta=180^0$), вертикальная поляризация.

Рассчитаем множитель ослабления по формуле

$$F = \sqrt{1 + 2R \cos\left(\theta + \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda r}\right) + R^2}, \text{ действующее значение напряженности на}$$

ходим как $E_\delta = \frac{173\sqrt{P_1 D}}{r} F$, потери при распространении находим как

$$L_{0[\text{дБ}]} = L_{0\text{св}[\text{дБ}]} - 20\lg F, L_{0\text{св}[\text{дБ}]} = 10\lg L_{0\text{св}} = 20\lg(4\pi r) - 20\lg \lambda - D_{1[\text{дБ}]} - D_{2[\text{дБ}]}$$

Ответ: $F=0,712=20 \lg 0,712=-2,9$ дБ; $E_\delta = 18,9$ мВ/м; $L_{0[\text{дБ}]} = 72,0$ дБ.

Задача 6

Определить множитель ослабления и напряженность поля в месте расположения приемной антенны при следующих данных: излучаемая мощность 50 Вт, длина волны 10 см, КНД передающей антенны 60, высота передающей антенны 25 м, приемной антенны 10 м, расстояние 10 км.

Поскольку расстояние между антеннами не соответствует условию $h_1 h_2 \leq \frac{r\lambda}{18}$, определим множитель ослабления по упрощенной формуле $F = 2 \left| \sin \frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda r} \right|$ и напряженность поля по формуле $E_\delta = \frac{173\sqrt{P_1 D}}{r} F$.

Ответ: $F=2$, $E_\delta=60$ мВ/м.

Задача 7

Определить множитель ослабления и напряженность поля в месте расположения приемной антенны при следующих данных: излучаемая мощность 50 Вт, длина волны 1 м, КНД передающей антенны 60, высота передающей антенны 25 м, приемной антенны 10 м, расстояние 10 км.

Определим расчетную формулу из неравенства $h_1 h_2 \leq \frac{r\lambda}{18}$ - оно выполняется,

значит, расчет можно вести по формуле Введенского $F = \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda r}$ и

$$E_\delta = \frac{2,18\sqrt{P_1 D_1} h_1 h_2}{r^2 \lambda}.$$

Ответ: $F=0,314$, $E_\delta=9,4$ мВ/м.

Задача 8

Определить множитель ослабления при следующих данных: длина волны 1 м, расстояние 5 км, высота передающей антенны 6 м, высота приемной антенны 4 м.

Определим расчетную формулу из неравенства $r > \frac{18h_1 h_2}{\lambda}$ - оно выполняется,

значит, расчет можно вести по формуле Введенского $F = \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda r}$.

Ответ: $F=0,06$.

Задача 9

Определить вид тропосферной рефракции, радиус кривизны траектории луча, эквивалентный радиус Земли, коэффициент К, для значения вертикального градиента индекса преломления $dN/dh=0$. Показать траекторию луча относительно реальной и эквивалентной поверхности Земли.

Определяем радиус кривизны по формуле $R = \frac{10^6}{(-dN/dh)}$, эквивалентный радиус Земли $R_3 = \frac{R_3}{1 - R_3/R}$, коэффициент по формуле $K = \frac{R_3}{R_3}$.

Ответ: $R = \infty$ (м), $R_3 = 6,37 \cdot 10^6$ (м), $K = 1,0$, отсутствие рефракции.

Задача 10

Определить вид тропосферной рефракции, радиус кривизны траектории луча, эквивалентный радиус Земли, коэффициент K , для значения вертикального градиента индекса преломления $dN/dh = -0,02$. Показать траекторию луча относительно реальной и эквивалентной поверхности Земли.

Определяем радиус кривизны по формуле $R = \frac{10^6}{(-dN/dh)}$, эквивалентный радиус Земли $R_3 = \frac{R_3}{1 - R_3/R}$, коэффициент по формуле $K = \frac{R_3}{R_3}$.

Ответ: $R = 5 \cdot 10^7$ (м), $R_3 = 7,5 \cdot 10^6$ (м), $K = 1,18$, пониженная рефракция.

Задача 11

Определить вид тропосферной рефракции, радиус кривизны траектории луча, эквивалентный радиус Земли, коэффициент K , для значения вертикального градиента индекса преломления $dN/dh = -0,04$. Показать траекторию луча относительно реальной и эквивалентной поверхности Земли.

Определяем радиус кривизны по формуле $R = \frac{10^6}{(-dN/dh)}$, эквивалентный радиус Земли $R_3 = \frac{R_3}{1 - R_3/R}$, коэффициент по формуле $K = \frac{R_3}{R_3}$.

Ответ: $R = 2,5 \cdot 10^7$ (м), $R_3 = 8,54 \cdot 10^6$ (м), $K = 1,34$, нормальная рефракция.

Задача 12

Определить вид тропосферной рефракции, радиус кривизны траектории луча, эквивалентный радиус Земли, коэффициент K , для значения вертикального градиента индекса преломления $dN/dh = -0,08$. Показать траекторию луча относительно реальной и эквивалентной поверхности Земли.

Определяем радиус кривизны по формуле $R = \frac{10^6}{\left(-dN/dh\right)}$, эквивалентный ра-

диус Земли $R_3 = \frac{R_3}{1 - R_3/R}$, коэффициент по формуле $K = \frac{R_3}{R_3}$.

Ответ: $R=1,25 \cdot 10^7$ (м), $R_3=1,3 \cdot 10^6$ (м), $K=2,04$, повышенная рефракция.

Задача 13

Определить вид тропосферной рефракции, радиус кривизны траектории луча, эквивалентный радиус Земли, коэффициент K , для значения вертикального градиента индекса преломления $dN/dh=-0,12$. Показать траекторию луча относительно реальной и эквивалентной поверхности Земли.

Определяем радиус кривизны по формуле $R = \frac{10^6}{\left(-dN/dh\right)}$, эквивалентный ра-

диус Земли $R_3 = \frac{R_3}{1 - R_3/R}$, коэффициент по формуле $K = \frac{R_3}{R_3}$.

Ответ: $R=8,33 \cdot 10^6$ (м), $R_3=2,71 \cdot 10^7$ (м), $K=4,26$, повышенная рефракция.

Задача 14

Определить размер области, ограниченной на поверхности Земли первой зоной Френеля, в пределах которой формируется отраженная волна, при следующих данных: длина трассы $r=50$ км, высота антенн $h_1=h_2=50$ м, длина волны $\lambda=10$ см.

Задача 15

Определить максимально допустимую высоту неровностей в точке на расстоянии 10 км от передатчика, поднятого на 10 метров над поверхностью земли при распространении радиоволн длиной $\lambda=15$ см.

Задача 16

Определить, в какой области (прямая видимость, полутень, тень) располагается приемник ($h_2=20$ м), если передатчик ($h_1=10$ м) расположен от него на расстоянии 20 км?

Задача 17

Определить, в какой области (прямая видимость, полутень, тень) располагается приемник ($h_2=10$ м), если передатчик ($h_1=15$ м) расположен от него на расстоянии 30 км?

Задача 18

Определить, в какой области (прямая видимость, полутень, тень) располагается приемник ($h_2=50$ м), если передатчик ($h_1=50$ м) расположен от него на расстоянии 70 км?

Задача 19

Рассчитать значение множителя ослабления на расстоянии 50 км от передатчика при распространении радиоволн с длиной волны 1 м, если на протяжении трассы располагаются два типа поверхностей: сухая почва ($\epsilon=4$, $\gamma=0,0004$ Сим/м) и морская вода ($\epsilon=75$, $\gamma=4$ Сим/м).

Задача 20

Рассчитать значение множителя ослабления на расстоянии 100 км от передатчика при распространении радиоволн с длиной волны 0,03 м, если на протяжении трассы располагаются два типа поверхностей: влажная почва ($\epsilon=15$, $\gamma=2$ Сим/м) и пресная вода ($\epsilon=65$, $\gamma=15$ Сим/м).

Задача 21

Рассчитать значение множителя ослабления на расстоянии 30 км от передатчика при распространении радиоволн с длиной волны 0,2 м, если на протяжении трассы располагаются два типа поверхностей: пресная вода ($\epsilon=75$, $\gamma=2$ Сим/м) и лед ($\epsilon=4$, $\gamma=0,0005$ Сим/м).

Задача 22

Рассчитать значение множителя ослабления на расстоянии 75 км от передатчика при распространении радиоволн с длиной волны 10 м, если на протяжении трассы располагаются два типа поверхностей: лес ($\epsilon=1,004$, $\gamma=0,00005$ Сим/м) и снег ($\epsilon=1,2$, $\gamma=0,000001$ Сим/м).

Задача 23

Найти максимальную частоту f_{\max} для слоя D, со значением электронной концентрации $N_{\max} = 100 \text{ см}^{-3}$ в точке поворота на высоте $h=70$ км при заданном значении угла возвышения $\beta=30^\circ$.

Задача 24

Определить критическую частоту радиоволны $f_{\text{кр}}$ для слоя E, со значением электронной концентрации $N_{\max} = 3 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$.

Задача 25

Найти угол возвышения β , при котором высота точки поворота будет равна $h=70$ км при условии, что электронная концентрация $N_{\max}=10 \text{ см}^{-3}$, максимальная частота $f_{\max}=1.26 \cdot 10^5$ Гц. Указать, в каком слое происходит отражение.

Задача 26

Известно, что максимальная частота составляет $f_{\max}=1.7 \cdot 10^6$ Гц, при высоте точки поворота $h=180$ км, и угле возвышения $\beta=130^\circ$. Найти электронную концентрацию N_{\max} .

Задача 27

Рассчитать значение множителя ослабления на расстоянии 75 км от передатчика при распространении радиоволн с длиной волны 10 м над лесом ($\epsilon=1,004$, $\gamma=0,00005$ Сим/м).

Задача 28

Рассчитать значение множителя ослабления на расстоянии 30 км от передатчика при распространении радиоволн с длиной волны 0,2 м над пресной водой ($\epsilon=75$, $\gamma=2$ Сим/м).

Задача 29

Рассчитать значение множителя ослабления на расстоянии 100 км от передатчика при распространении радиоволн с длиной волны 0,03 м над влажной почвой ($\epsilon=15$, $\gamma=2$ Сим/м).

Задача 30

Рассчитать значение множителя ослабления на расстоянии 50 км от передатчика при распространении радиоволн с длиной волны 1 м над сухой почвой ($\epsilon=4$, $\gamma=0,0004$ Сим/м).

Задача 31

Рассчитать значение напряженности поля на расстоянии 5 км от передатчика мощностью 0,1 кВт при распространении радиоволн длиной 0,1 м над морской водой ($\epsilon=65$, $\gamma=15$ Сим/м).

Задача 32

Найти максимальную частоту f_{\max} для слоя F2 (лето), со значением электронной концентрации $N_{\max}=2 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$, в точке поворота на высоте $h=300$ км при заданном значении угла возвышения $\beta=60^\circ$.

Задача 33

Найти угол возвышения β , при котором высота точки поворота будет равна $h=110$ км, при условии, что электронная концентрация $N_{\max}=3000 \text{ см}^{-3}$, максимальная частота $f_{\max}=5.65 \cdot 10^5$ Гц. Указать, в каком слое происходит отражение.

Формат сведений о ФОС и его согласовании

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине представляет собой приложение к рабочей программе дисциплины

«Электродинамика и распространение радиоволн»

(наименование дисциплины)

образовательной программы специалитета по направлению подготовки (по специальности) специалитета по специальности 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования и специализациям 25.05.03 «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота», 25.05.03 «Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита» и соответствует учебному плану, утвержденному 31 января 2018 г. и действующему для курсантов (студентов), принятых на первый курс, начиная с 2013 г.

Автор (ы) фонда – доцент кафедры ТОР Власова Власова К.В.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры теоретических основ радиотехники

(протокол № 10 от 20 июня 2018 г.)

И. о. заведующего кафедрой Коротей /Е.В. Коротей/

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании методической комиссии радиотехнического факультета

(протокол № 6 от 27 июня 2018 г.)

Председатель методической комиссии Жестовский /А. Г. Жестовский/

Согласовано
начальник отдела
мониторинга и контроля

Борисевич /Ю. В. Борисевич/