МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Радиотехнические
информационные системы
_____ Боев С.Ф.
«__» _____ 20 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

промежуточной аттестации: экзамен
«Распространение радиоволн»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Типы задач профессиональной деятельности: проектный, научно-исследовательский.

Разработаны в соответствие с рабочей программой дисциплины, утвержденной проректором по УР Майковой Э.Ю. «21» мая 2020г.,

Разработчик: к.т.н., доцент, профессор каф. РИС ___ В.К. Кемайкин

Тверь, 20

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_1

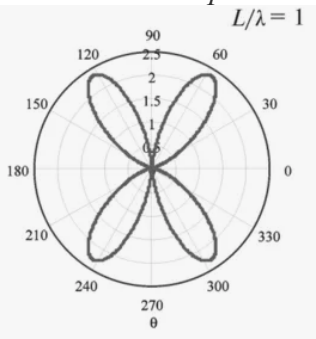
1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Характеристики поля в волноводе.

Правильный ответ:
Основные характеристики поля в волноводе:
- Структура. Картина силовых линий электрического и магнитного полей в поперечном и продольном сечениях волновода.
- Критическая длина волны. Это максимальная длина волны в свободном пространстве, которая может распространяться в волноводе.
- Длина волны в волноводе. 2 Кратчайшее расстояние между двумя фронтами электромагнитной волны с разностью фаз в 2π рад.
- Фазовая скорость. 23 Скорость, с которой картина поля смещается вдоль оси с течением времени.
- Групповая скорость.
- Скорость переноса энергии.
- Характеристическое сопротивление. Определяется отношением поперечных составляющих напряжённостей электрического и магнитного полей.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Для *H* плоскости в полярной системе координат покажите и поясните результирующую диаграмму направленности системы из двух вибраторов, имеющих общую магнитную плоскость, при синфазном питании, если расстояние между ними $d=\lambda$. Поясните метод её измерения

Правильный ответ:
В плоскости, перпендикулярной осям вибраторов, каждый из них не обладает направленностью. Поэтому на расстоянии R в любом направлении амплитуды поля вибраторов 1 и 2 будут одинаковы.
В силу параллельности вибраторов векторы напряжённости электрического поля в любой удаленной точке будут параллельны, то есть будут лежать вдоль одной прямой. Определяя суммарное поле, можно суммировать комплексные амплитуды полей так, как это делается при суммировании напряжений и токов в электрических цепях.

Таким образом, ***вследствие интерференции суммарное излучение двух одинаковых вибраторов оказывается направленным****, несмотря на то, что каждый из излучателей в отдельности в рассматриваемой плоскости не обладает направленностью.*



3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Определить значение концентрации электронов в ионосфере, при котором показатель преломления радиоволны с частотой 5 МГц при вертикальном зондировании ионосферы, обращается в нуль. Соударениями электронов с другими частицами пренебречь.

Правильный ответ:

Приближённая формула для расчёта фазового показателя преломления в ионизированном газе: пф = Ne / f, где Ne — концентрация электронов (число свободных электронов в единице объёма), f — частота проходящего через ионосферу радиосигнала. Ne=0

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_2

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Типы тропосферных волноводов, условия их возникновения.

Правильный ответ:
Выделяют три типа тропосферных волноводов:
1. Волновод испарения. Находится непосредственно над поверхностью воды, его высота может составлять десятки метров.
2. Приповерхностный волновод. Располагается на высотах порядка нескольких километров.
3. Приподнятый волновод. Располагается на высотах до одного километра, одновременно может существовать несколько таких слоёв.
Условия возникновения тропосферных волноводов:
1. Над обширными водными поверхностями основным процессом, способствующим образованию волноводов, является испарение.
2. В прибрежных зонах волноводы могут образовываться за счёт адвекции — горизонтального переноса тёплых и сухих воздушных масс с суши на более холодную поверхность моря.
3. Над сушей основным механизмом, способствующим образованию волноводов, является механизм, связанный с радиационным излучением земной поверхности (инверсия выхолаживания).
4. Появлению тропосферных волноводов способствуют антициклональные периоды, характеризующиеся ясной и сухой погодой.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Определите длину короткозамкнутого отрезка линии передачи, если λ=50см., $Z_в$=100 Ом, а $Z_{вх}=j300$ Ом. Поясните методику решения задачи
Правильный ответ:
$Zвх(l)=j300=j100tg\beta l$, *что дает* $tg\beta l=3$ *или* $\beta l=71{,}57°=0{,}4\pi$.
$l=0{,}4\pi\lambda/2\pi=0{,}2\lambda=1$*см*

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Считая ионосферу хорошо проводящей изотропной средой, свойства нижней границы которой характеризуются поверхностным импедансом ζ_S, найти фазовые скорости и коэффициенты затухания ТМ волн. Дисперсионное уравнение для нормальных волн имеет вид $R^{TM} \cdot exp(2ik_0C\hbar) = exp(2i\pi n)$, где $R^{TM} = (C\delta - 1)/(C\delta + 1)$. Здесь $\delta = \zeta_S/\zeta_0$– приведённый поверхностный импеданс. *Подсказка:* учесть, что коэффициент отражения от ионосферы близок к единице, и воспользоваться приближённым равенством $1 + x \approx exp(x)$.

Правильный ответ:

***ТМ-волна** — это **поперечно-магнитная волна**, в которой магнитное поле имеет только поперечные составляющие, а электрическое поле — ещё и продольную.*

Такие волны образуются при сложении плоских волн, отражённых от стенок, имеющих вертикальную линейную поляризацию.

фазовая скорость ТМ волны определяется как скорость, с которой поверхность постоянной фазы перемещается в направлении распространения волны, и зависит от частоты и параметров среды.Vф=c/με, где c — скорость электромагнитной волны в вакууме, а ε и μ — материальные параметры среды. Vф=

Коэффициент затухания — это величина, которая учитывает, что в среде с потерями распространяющаяся волна часть своей энергии отдаёт веществу среды, при этом амплитуда поля уменьшается. Это может быть учтено введением зависимости R0(z) = R0 · e−αz, где α — коэффициент затухания, Нп/м или дБ/м

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_3

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Радиус кривизны луча, тропосферная рефракция, эквивалентный радиус Земли

Правильный ответ:
Радиус кривизны луча в контексте тропосферной рефракции — это искривление траектории движения волны за счёт изменения коэффициента преломления в зависимости от высоты над поверхностью Земли.
Тропосферная рефракция может быть отрицательной, нулевой и положительной. При отрицательной рефракции радиус кривизны уменьшается, радиоволна удаляется от Земли, и дальность распространения уменьшается. При положительной рефракции, когда коэффициент преломления с высотой падает, радиус кривизны траектории волны увеличивается, выпуклость траектории направлена от Земли, волна как бы огибает поверхность Земли.
Эквивалентный радиус Земли вводится для того, чтобы свести распространение волны по криволинейной траектории к распространению по прямой. Он определяется из условия, что разность между кривизной земной поверхности и кривизной траектории волны в реальном и «эквивалентном» случае остаётся постоянной

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Изобразите и поясните график $E(r)$ зависимости амплитуды электромагнитного поля, создаваемого точечным источником от расстояния до точки наблюдения

Правильный ответ:

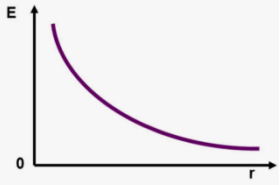
$$\vec{F} = \vec{E} \cdot q$$

$$F = k\frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

$$E = k\frac{|q|}{r^2}$$

- напряженность электрического поля точечного заряда на расстоянии *r* от него

График зависимости напряженности от расстояния *E(r)* показывает, что напряженность электрического поля точечного заряда обратно пропорционально зависит от расстояния – чем дальше от заряда, тем напряженность поля меньше и наоборот



3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Вычислить максимальное значение частоты радиоволны, которая может отразиться от ионосферы при падении на нижнюю границу под углом 30° к вертикали, если максимальное значение концентрации электронов в области F2 равно $5 \cdot 10^5$ см$^{-3}$.

Правильный ответ:

$$f \le \frac{\sqrt{80,8 N_e(h_{отр})}}{\cos\phi_0}.$$

F=7,477 кГц

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_4

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Характеристики показателя преломления тропосферы, стандартная тропосфера

Правильный ответ:

Показатель преломления тропосферы определяется путём измерения температуры, давления и влажности воздуха с последующим расчётом. Значение индекса преломления связано с метеорологическими характеристиками тропосферы полуэмпирической формулой Дебая:

$\boldsymbol{N = 77{,}6\ Тв / (p_в + 4810e_в)}$*, где Тв — температура воздуха, К;* $p_в$ *— атмосферное давление, мб;* $e_в$ *— давление водяного пара, мб.*

Пространственно-временное распределение индекса преломления *можно представить в виде совокупности трёх компонент:*

1. ***Регулярной составляющей****, которая определяется профилями средних значений температуры, влажности и давления воздуха.*
2. ***Мелкомасштабной компоненты****, свойства которой могут быть описаны в рамках локально-однородной и локально-изотропной модели турбулентности.*
3. ***Крупномасштабных неоднородностей****, в том числе в виде протяжённых в горизонтальном направлении слоёв.*

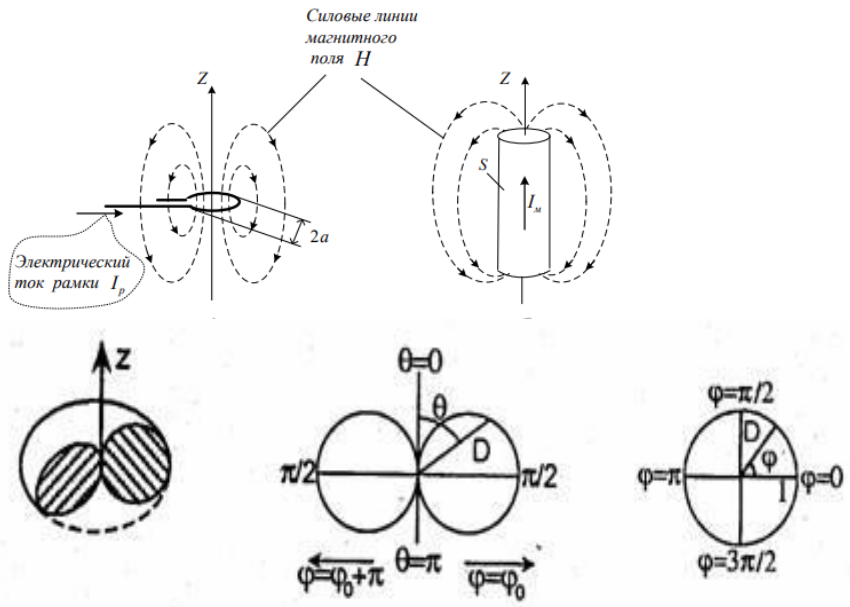
2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Изобразите элементарный магнитный вибратор (в виде плоской рамки) и укажите на рисунке плоскости *E* и *H*. В полярной системе координат изобразите диаграмму направленности вибратора для плоскостей *E* и *H* и поясните метод ее измерения

Правильный ответ:

Элементарный магнитный вибратор в виде плоской рамки — это плоская проводящая рамка (одиночный виток провода) с электрическим линейным гармоническим током, периметр которой весьма мал по сравнению с длиной волны создаваемого поля.

Такой излучатель называют элементарной электрической рамкой. Эквивалентный такой рамке фиктивный элементарный магнитный излучатель ориентирован перпендикулярно плоскости рамки.



3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

В однородной изотропной плазме распространяется плоская линейно поляризованная волна с частотой 10 МГц. Концентрация электронов в плазме $5\cdot10^5$ см$^{-3}$, эффективная частота соударений электронов с другими частицами $2\cdot10^2$ с$^{-1}$. Определить затухание волны и набег фазы при прохождении волной в плазме расстояния в 1 км.

Правильный ответ: Δ *= 1,32 дБ,* $\delta\varphi$ *= — 24 угл.град.*

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_5

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Одночленная дифракционная формула.

Одночленная дифракционная формула определяет множитель ослабления поля свободного пространства и может быть представлена в виде произведения трёх множителей. Первый из них зависит от расстояния, а второй и третий — от высот соответственно первой и второй антенн. Эти множители называются высотными.
Применение одночленной дифракционной формулы зависит от длины волны, вида поляризации и радиофизических параметров земли.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Изобразите графики и поясните характер интерференции электромагнитных волн между излучателем и плоскими отражателями, являющимися диэлектриком и проводником, поверхности которых ортогональны направлению распространения волн

Интерференция электромагнитных волн сопровождается перераспределением интенсивности в результате наложения (суперпозиции) нескольких волн. Как правило, это явление сопровождается чередующимися в пространстве максимумами и минимумами интенсивности.
Наиболее простой случай сложения электромагнитных волн наблюдается тогда, когда их частоты одинаковы, а направления колебаний совпадают. В этом случае амплитуду результирующих колебаний вектора напряжённости находят по теореме косинусов, где $\Delta\varphi$ — разница фаз между двумя волнами.
Также известно, что если перпендикулярно биссектрисе угла между направлениями волн поместить плоский экран, то на нём будут наблюдаться чередующиеся светлые и тёмные интерференционные полосы.

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Поле плоской монохроматической волны, распространяющейся в холодной изотропной плазме с концентрацией электронов N, спадает в е раз на

расстоянии L. Найти эффективную частоту соударений электронов плазмы с ионами и нейтральными частицами ν при условии $\omega >> \nu$, $\omega >> \omega p$. Здесь ω – частота волны, ωp – плазменная частота электронов.

Решение В заданных условиях
Коэффициент поглощения радиоволн равен

$$Z(h) = 1{,}15 \cdot 10^3 \frac{N(h) \cdot \nu(h)}{f^2}$$

При условии, что на расстоянии L он спабает в e- раз, справедливо следующее выражение для эффективной частоты соударения:

$$\nu = \frac{e \cdot f^2}{1{,}15 \cdot 10^3 N}$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

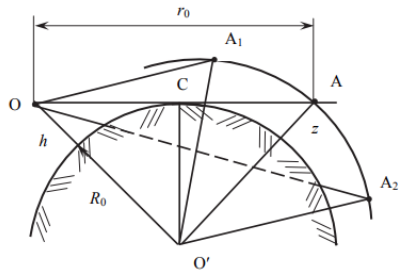
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_6

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Дифракция радиоволн над сферической земной поверхностью

Дифракция радиоволн над сферической земной поверхностью — это явление, при котором радиоволны распространяются вокруг земной поверхности за горизонт и за различные препятствия.
Когда протяжённость радиолинии и высота расположения антенн таковы, что область, существенная при распространении радиоволн (1-я зона Френеля), частично или полностью перекрывается выпуклостью земной поверхности, то незакрытая часть 1-й зоны Френеля или зон следующих номеров, представляющих совокупность источников сферических волн, создают излучение не только в направлении первоначального движения волны, но и за выпуклостью земной поверхности.
Из-за сферичности Земли пространство над её поверхностью можно разделить на три области:

- *Область прямой видимости («освещённая» область), для которой первая зона Френеля не перекрывается выпуклостью земной поверхности.*
- *Область «полутени», лежащая между линиями OA1 и OA2, для которой 0,8r0 < r < 1,2r0.*
- *Область «тени», лежащая ниже.*

Поле в этом случае оказывается сильно ослабленным, поскольку в распространении участвуют только часть первой зоны Френеля и зоны высших порядков, которые тоже искажены влиянием поверхности Земли.



2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Изобразите элементарный электрический вибратор и укажите на рисунке плоскости *E* и *H*. В полярной системе координат изобразите диаграмму направленности вибратора для плоскостей *E* и *H* и поясните метод ее измерения.

Правильней ответ

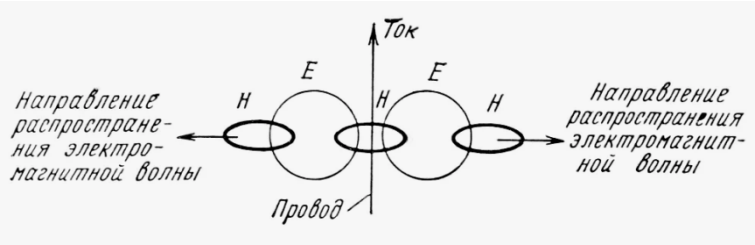


Диаграмма направленности (ДН) электрического вибратора в плоскости E показывает зависимость амплитуды электрического вектора от угла θ, отсчитываемого в плоскости вибратора от нормали к его оси. ДН в плоскости H — это зависимость амплитуды магнитного вектора от угла φ. В плоскости H симметричный вибратор не проявляет направленных свойств, поэтому F(φ) = 1.

Метод измерения ДН заключается в следующем:

Закрепить вибратор и исследуемую антенну горизонтально (в E-плоскости) и с помощью поворотного устройства сориентировать их друг на друга.

Включить анализатор спектра и настроить его преобразователь частоты на частоту генератора, при этом на индикаторе появится сигнал.

Поворачивая с помощью поворотного устройства стенда исследуемую антенну в пределах ±90°, оценить ДН в единицах шкалы индикаторного устройства. 1

Повторить измерения на остальных частотах.

Результаты измерений свести в таблицу, нормировать данные и построить ДН в полярной системе координат.

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Линия радиосвязи на частоте 10 ГГц обеспечивает связь на расстоянии до 30 км в условиях дождя с интенсивностью 20 мм/час. Во сколько раз необходимо изменить мощность передатчика, чтобы обеспечить тот же уровень сигнала на входе приёмника на частоте 30 ГГц. В качестве передающей антенны используется идеальный излучатель

Ответ : в 3 раза

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_7

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Формула Шулейкина – Ван дер–Поля

Формула Шулейкина — Ван-дер-Поля (идеальной передачи) позволяет рассчитать напряжённость электрического поля при распространении волны над полупроводящей поверхностью.
Общий вид формулы: Em = 120 P1 D1 × F, r, где:

- *Em — напряжённость электрического поля;*
- *P1 — излучаемая мощность;*
- *D1 — коэффициент направленного действия антенны передатчика;*
- *F — множитель ослабления;*
- *r — параметр, называемый численным расстоянием, который зависит от длины волны, электрических свойств почвы и протяжённости трассы.*

Другой вид формулы удобен, когда заданы действующая высота передающей антенны hд и сила тока Iд: Eд = 120πhд (м) I д (а r (км) λ (м)) ∗ F1, мв/м.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Поясните как экспериментальным путём можно определить режим работы линии передачи. Определите режим работы линии передачи используя лабораторную установку и измерительные приборы
Экспериментальный путь определения режима работы линии передачи включает следующие шаги:

1. *Определение положения условного конца линии (УКЛ). За начало отсчёта принимается УКЛ, положение которого определяется как положение ближайшего к концу линии узла напряжения при коротком замыкании. Для точного определения положения узла напряжения применяется метод «вилки» (метод двух отсчётов).*
2. *Измерение длины волны в линии. Методом «вилки» определяют положение второго узла, ближайшего к УКЛ.*

3. *Снятие кривых распределения напряжения вдоль линии и определение величин сопротивлений нагрузок. К линии поочередно подключают все нагрузки. Для каждой нагрузки методом «вилки» определяют положение ближайшего к УКЛ, со стороны генератора, минимума и максимума напряжения. Записывают минимальное и максимальное показания индикатора.*
4. *Определение расстояния от УКЛ до минимума напряжения. По измеренным величинам определяют сопротивления нагрузок, пользуясь круговой диаграммой. Для всех нагрузок строят картину продольного распределения напряжения.*

   Режим работы линии передачи удобно характеризовать коэффициентом стоячей волны в линии (КСВ). Он численно равен отношению амплитуды высокочастотного напряжения в максимуме стоячей волны к напряжению в минимуме этой волны. Также для характеристики режима работы линии используют коэффициент бегущей волны в линии по напряжению (КБВН). Оба эти коэффициента остаются постоянными на протяжении всей линии без потерь и характеризуют режим работы линии в целом.

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Дальность обнаружения радиолокационной станцией летящей цели в условиях дождя составляет 10 км. Длина волны 3 см. Интенсивность дождя 15 мм/час. На каком максимальном расстоянии может быть обнаружена цель в ясную погоду

Ответ: 12 км

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_8

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Распространение радиоволн при расположении антенн непосредственно у границы раздела

Распространение радиоволн при расположении антенн непосредственно у границы раздела сред с отличающимися параметрами характеризуется следующими эффектами:

- *Кривизна земной поверхности. Приводит к появлению характерных областей пространства — освещённой и тени.*
- *Отражение радиоволн. Поверхность земного шара отражает падающие на неё радиоволны, что вызывает интерференцию волн в освещённой области.*
- *Поглощение энергии радиоволны в почве. Наличие электропроводности земной коры вызывает поглощение энергии радиоволны в почве, что приводит к потерям и уменьшению энергетического потенциала радиолинии.*
- *Неоднородность радиофизических параметров Земли. Приводит к изменениям фазовой скорости радиоволн, распространяющихся над землёй, и, как следствие, к скачкам напряжённости поля по трассе и изменению направления распространения.*

Также участки земной поверхности, находящиеся в непосредственной близости от антенн, могут существенно влиять на их параметры.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Поясните способы перестройки и подстройки частоты резонаторов волноводного типа. Поясните сущность происходящих явлений.

Способы перестройки и подстройки частоты резонаторов волноводного типа:

- *Изменение индуктивности. Для этого используют кольца и коронки: путём изменения расстояния между кольцом и круглым отверстием резонатора изменяется индуктивность, а значит, и частота генерации. Например, сближение повышает частоту.*
- *Изменение ёмкости. В пространство между связками вводят металлические кольца (стержни, полоски), тем самым меняя ёмкость всей системы.*
- *Изменение ширины зазора резонатора. Ширину зазора изменяют с помощью гибкой мембраны. Увеличение ширины зазора приводит к уменьшению эффективной ёмкости резонатора и, соответственно, к увеличению частоты генерации.*
- *Изменение длины коаксиального волновода. Это делают с помощью микрометрической резьбы подвижной части резонатора.*

Сущность происходящих явлений в этих способах заключается в том, что изменение индуктивности или ёмкости влияет на частоту генерации: сближение повышает частоту, а увеличение зазора приводит к её увеличению

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Линия радиосвязи на частоте 10 ГГц обеспечивает связь на расстоянии до 20 км при отсутствии осадков в виде дождя. Во сколько раз необходимо увеличить мощность передатчика, чтобы в условиях дождя с интенсивностью 10 мм/час обеспечить тот же уровень сигнала на входе приёмника. (k=0,012, α=1,209)

Решение: Погонное ослабление $\gamma_Д = kI_Д^{\alpha} = 0{,}012 \cdot 10^{1{,}209} = 0{,}194$ *дБ/км, дополнительные потери при передаче из-за дождя* $L_Д = \gamma_Д l_Д = 0{,}194 \cdot 20 = 3{,}9$ *дБ, напряженность поля с учетом потерь* $E = (\sqrt{60PG}/r) \cdot 10^{-\gamma_Д Д/20}$*,В/м, следовательно мощность передатчика нужно увеличить на* $(3{,}9)^2 = 15{,}21$*дБ.*

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_9

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Приближенные граничные условия Леонтовича.

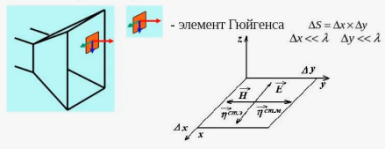
Приближённые граничные условия Леонтовича — это граничное условие в классической электродинамике, которое относится к тангенциальным составляющим электрического и магнитного полей на поверхности хорошо проводящих тел.
Граничное условие задаётся в виде: $E_t = \zeta_s H_t \times n$, где:

- *E_t и H_t — тангенциальные составляющие электрического и магнитного полей;*
- *ζ_s — эффективный поверхностный импеданс;*
- *n — единица измерения, направленная в проводящий материал.*

Это условие является точным, когда проводимость проводника велика, что имеет место для большинства металлов.
Граничное условие Щукина-Леонтовича полезно во многих задачах рассеяния, где одним материалом является металл с большой (но конечной) проводимостью. Поскольку условие обеспечивает взаимосвязь между электрическим и магнитным полями на поверхности проводника, без знания полей внутри, задача нахождения суммарных полей значительно упрощается.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Изобразите элементарную излучающую площадку (модель элемента Гюйгенса) и укажите на рисунке плоскости *E* и *H*. В полярной системе координат изобразите диаграмму направленности площадки для плоскостей *E* и *H* и поясните ее
Элементарная излучающая площадка (модель элемента Гюйгенса) представляет собой небольшую в сравнении с длиной волны

площадку, на которой равномерно распределены электрическое и магнитное поля, а их векторы перпендикулярны друг другу.
Плоскость Е (плоскость YOZ) — это одна из плоскостей, в которых можно вычислить поле элемента Гюйгенса в дальней зоне.
Плоскость Н (плоскость ZOX) — это другая плоскость, в которой можно рассмотреть диаграмму направленности элемента Гюйгенса в Н-плоскости.



3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Вычислить высоту тропосферного волновода, если максимальное значение длины радиоволны, захваченной волноводом, составляет 1 см, а значение вертикального градиента показателя преломления 0,1 1/м.

Решение

$\lambda_{кр(см)}=0{,}085h\ (км)^{3/2}$, *следовательно h= 5,15 км*

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

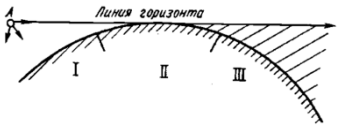
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_10

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Распространение радиоволн при низкорасположенных антеннах.
Распространение радиоволн при низкорасположенных антеннах характеризуется нахождением передающей и приёмной антенн непосредственно у границы раздела (воздух — земля).
В пределах этой зоны поверхность Земли можно приближённо считать плоской. В зависимости от степени освещённости точки приёма излучением передающей антенны выделяют три области (зоны):

1. *Освещённая зона I.*
2. *Зона полутени II.*
3. *Зона тени III.*



Расчёт напряжённости поля при низко расположенных антеннах на сравнительно небольших удалениях от излучателя упрощается, так как поверхность Земли считается плоской. В зонах полутени и тени расчёт ведётся по общим дифракционным формулам

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Определите сопротивление нагрузки $Z_к$, если расстояние от первого минимума напряжения до сечения нагрузки l=7,2см, λ=40см., $K_с$=0,5, $Z_в$=600 Ом. Поясните методику решения задачи.
Ответ $Z_{к=(}$780-j462)Ом

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Рассчитать максимальное значение длины радиоволны, которая может быть захвачена в тропосферный волновод высотой 20 м при наличии вертикального градиента показателя преломления 0,1 1/м.

Решение: $\lambda_{кр(см)}=0{,}085h\ (км)^{3/2}$, *следовательно* $\lambda_{кр} = 7{,}6$ *см*

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_11

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Учет кривизны Земли

Учёт кривизны Земли осуществляется, например, в следующих случаях:

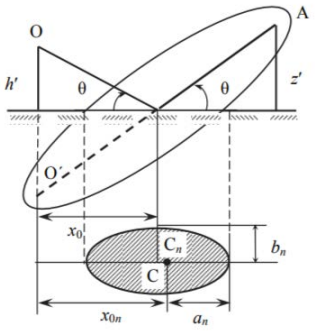
- *Определение пространственных координат движущегося источника радиоизлучения. Задача решается для малых углов места с учётом кривизны Земли. При этом используется полиномиальная модель движения источника излучения, атмосфера считается однородной непоглощающей средой, а поверхность Земли — гладкой и однородной.*
- *Расчёт характеристик распространения радиоволн в неоднородной тропосфере. Кривизна земного шара учитывается в параболическом приближении линейно растущей с высотой добавкой к обычному индексу преломления.*
- *Учёт кривизны траектории радиосигнала в тропосфере в радиодальномерных траекторных измерениях спутников. Это позволяет повысить точность определения параметров состояния нелинейной динамической системы, состоящей из нескольких спутников и наземных пунктов. .*

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Определите входное сопротивление короткозамкнутого отрезка линии передачи, если длина отрезка l=20см., λ=50см., $Z_в$=100 Ом. Поясните методику решения задачи.
Ответ:
$\lambda=2\pi/\beta$, следовательно $\beta\, l=0{,}126$, а $tg\, \beta\, l=0{,}126$.
Ответ Zкз=j100 , следовательно, имеет индуктивный характер

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Определить форму и рассчитать размеры области, существенной для отражения радиоволн от земной поверхности, если передающая и приёмная антенны расположены на высотах 15 м над земной поверхностью на расстоянии 3 км одна от другой. Рабочая частота 300 МГц.

Решение:



Размеры большой a_n и малой b_n полуосей эллипса, существенного для отражения участка местности, зависят от длины волны λ, угла скольжения θ и высот передающей и приёмной антенн h′ и z′. Чем короче волна и чем больше θ, тем меньше размеры существенного участка.

Для случая, когда h′ ≈ z′, x0n ≈ x0, $b_n = a_n \sin(\theta)$,

$\mathrm{tg}\,\theta = h'/(L/2) = 2h'/L$

$$a_n = \frac{1}{\sin(\theta)}\sqrt{\frac{n\lambda z' h'}{(z'+h')\sin(\theta)}}.$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_12

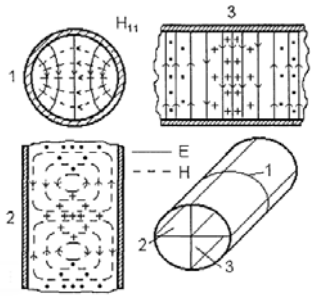
1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Влияние диаграммы направленности антенны

Влияние диаграммы направленности антенны заключается в том, что она определяет зависимость амплитуды, фазы и поляризации электромагнитного поля в дальней зоне антенны от направления наблюдения.
По форме диаграммы направленности антенны подразделяются на узконаправленные и широконаправленные.
Узконаправленные антенны имеют один ярко выраженный максимум, который называют основным лепестком, и побочные максимумы (обычно имеющие отрицательное влияние), амплитуду которых стремятся уменьшить. Такие антенны применяют для концентрации мощности радиоизлучения в одном направлении для увеличения дальности действия радиоаппаратуры, а также для повышения точности угловых измерений в радиолокации.
Широконаправленные антенны имеют хотя бы в одной плоскости диаграмму направленности, которую стремятся приблизить к кругу. Они находят применение, например, в телерадиовещании.
Также диаграмма направленности антенны определяет положение и размер слепой зоны антенны.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Покажите на рисунке и поясните структуру силовых линий поля волны H_{11}^{O} в продольном и поперечном сечении круглого волновода.

Волна H11 обладает наибольшей $\lambda^{H11}_{кр}$*= 3,413 a и является основной волной в круглом волноводе.*

В продольном сечении фазы составляющих векторов поля линейно меняются с изменением координаты z. Амплитуды остаются неизменными вдоль оси z волновода и зависят только от поперечных координат r и φ.
В поперечном сечении картина силовых линий вектора поля E и H основной волны показана на рисунке в трёх сечениях.



При этом линии вектора H образуют замкнутые кривые, а линии E либо оканчиваются на поверхности идеально проводящих стенок (при этом линии E перпендикулярны стенкам), либо также образуют замкнутые петли.

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Рассчитать максимальное значение характерной высоты неоднородностей земной поверхности, при котором для расчёта коэффициента отражения радиоволн от Земли можно пользоваться формулами Френеля. Передающая и приёмная антенны расположены на высотах 10 м над поверхностью Земли, расстояние между ними 500 м, длина волны 1 м.

Формулами Френеля можно пользоваться для расчёта коэффициента отражения радиоволн от Земли в случае, когда угол падения волны на границу раздела приближается к 90° (скользящее падение)
$h_{мах} = \lambda/8\sin\Theta = 3{,}125$ м

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_13

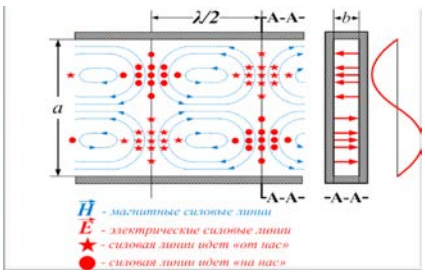
1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Распространение радиоволн над плоской поверхностью Земли

Распространение радиоволн над плоской поверхностью Земли может происходить следующим образом:

- *Земную поверхность можно считать плоской в расчётах. Моделью плоской Земли пользуются в метровом радиодиапазоне при протяжённости трассы до 10–20 км, на декаметровом диапазоне — для трасс протяжённостью до нескольких десятков км, на СВ и ДВ — до нескольких сотен км.*
- *Направление распространения отражённой волны подчиняется закону геометрической оптики. Угол отражения равен углу падения. Отражённая волна формируется некоторым участком земной поверхности, окружающим точку отражения. Этот участок имеет форму эллипса, вытянутого в направлении распространения волны.*

На распространение радиоволн влияют как физические свойства поверхности (например, различия между морем и сушей), так и её геометрическая форма (общая кривизна поверхности Земного шара и отдельные неровности рельефа — горы, ущелья и т. п.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Покажите на рисунке и поясните структуру силовых линий поля волны H_{20} в продольном и поперечном сечении прямоугольного волновода.



3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Рассчитать модуль и фазу коэффициента отражения плоской вертикально поляризованной радиоволны от влажной почвы с относительной диэлектрической проницаемостью 10 и удельной электрической проводимостью 0,01 См/м. Длина волны 6 м, угол скольжения 10°.

Ответ Rв=0,5, Θв=180°

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

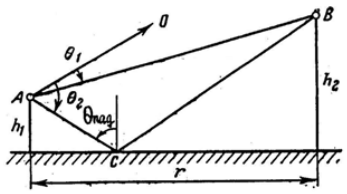
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_14

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Распространение радиоволн над плоской земной поверхностью при поднятых антеннах, интерференционная формула

Распространение радиоволн над плоской земной поверхностью при поднятых антеннах рассматривается, когда волна достигает земной поверхности на значительном (в масштабе длины волны) расстоянии от излучателя и участок фронта волны вблизи земной поверхности можно считать плоским.
На радиолинии малой протяжённости поле в месте приёма является результатом интерференции полей прямой волны и волны, отражённой от плоской земной поверхности. Напряжённость электрического поля отражённой волны определяется при помощи коэффициентов отражения Френеля.



Прямая волна распространяется по пути АВ, отраженная по пути АСВ, а линия АО есть направление максимального излучения передающей антенны. Результирующее поле определяется интерференционной формулой

$$E_m = E_{m\,св} \cdot \sqrt{1 + a^2 + 2a\cos z}\ ,$$

Корень из трехчлена в этой формуле называют интерференционным множителем

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Изобразите график интерференционного множителя Земли Ф(θ) при отражении от плоской гладкой идеально проводящей поверхности горизонтально поляризованной волны, если известно, что h=1,5λ. Как изменится график, если отражающая поверхность будет диэлектриком?

Модуль интерференционного множителя для горизонтально поляризованной волны

$$\theta(\varphi) = 2\left|\sin\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\sin\varphi\right)\right|$$

количество лепестков N=h/(λ/2))=3

$$\sin\varphi_{n\,max} = \frac{2n-1}{4}\cdot\frac{\lambda}{h}$$

$$\sin\varphi_{n\,min} = \frac{n-1}{2}\cdot\frac{\lambda}{h}$$ *где n=1…3*

Экстремальные значения модуля интерференционного множителя соответственно равны

$$\theta(\varphi_{n\,max}) = 2, \quad \theta(\varphi_{n\,min}) = 0$$

Если отражающая поверхность будет диэлектриком, направление лепестков не изменится

$$\theta(\varphi_{n\,max}) = 1 + \left|\dot{R}(\varphi_{n\,max})\right| \le 2$$

$$\theta(\varphi_{n\,min}) = 1 - \left|\dot{R}(\varphi_{n\,min})\right| \ge 0$$

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Чему равна максимальная дальность радиосвязи, при которой поверхность Земли не оказывает влияния на поле прямой волны. Передающая и приёмная антенны расположены на высотах 30 м, рабочая частота 2,4 ГГц.

Ответ: r_{max}*=45 км*

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_15

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Электрические параметры подстилающей земной поверхности

Электрические параметры подстилающей земной поверхности:

Проводимость. Глобальную карту проводимости континентальной части земной поверхности получают путём оцифровки атласа проводимости почвы.

Диэлектрическая проницаемость. Её вычисляют на основе регрессионной функции, которая позволяет сформировать глобальную карту диэлектрической проницаемости почвы.

Проводимость и диэлектрическая проницаемость океанической части земной поверхности. Их получают с помощью методик, описанных в рекомендациях МСЭ, на основе данных о температуре и солёности мирового океана.

Проводимость и диэлектрическая проницаемость подстилающей поверхности входят в состав исходных данных, необходимых для расчёта энергетических параметров радиотрасс.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Изобразите график интерференционного множителя Земли Ф(θ) при отражении от плоской гладкой идеально проводящей поверхности вертикально поляризованной волны, если известно, что $h=\lambda$. Как изменится график, если отражающая поверхность будет диэлектриком?

Модуль интерференционного множителя для вертикально поляризованной волны

$$\Theta(\theta)=2\left|\cos\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\sin\theta\right)\right|$$

количество лепестков N=h/(λ/2))=2

$$\sin\varphi_{n\,max} = \frac{n-1}{2}\cdot\frac{\lambda}{h}$$

$$\sin\varphi_{n\,min} = \frac{2n-1}{4}\cdot\frac{\lambda}{h}$$, *где* n=1…2

Экстремальные значения модуля интерференционного множителя соответственно равны

$$\theta(\varphi_{n\,max}) = 2, \quad \theta(\varphi_{n\,min}) = 0$$

В отличие от горизонтальной поляризации первый максимум множителя направлен вдоль земной поверхности.

Если отражающая поверхность будет диэлектриком, направление лепестков не изменится, при этом

$$0 \le |\dot{R}_{\text{в}}(\varphi)| \le 1,$$

$$\omega_{\text{в}} = \begin{cases} 0, & \varphi \le \varphi_{\text{Б}}; \\ F & \varphi > \varphi_{\text{Б}} \end{cases}$$, *где*

$\varphi_{\text{Б}} = \arcsin\frac{1}{\sqrt{\varepsilon+1}}$ *– угол Брюстера, при котором* $|\dot{R}_{\text{в}}(\varphi)| = 0$,

$$\theta(\varphi) = \sqrt{1 + |\dot{R}_{\text{п}}|^2 \pm 2|\dot{R}_{\text{п}}|\cos(2kh\cdot\sin\varphi)}$$

Знак минус в выражении соответствует интервалу углов $0 \le \varphi \le \varphi_{\text{Б}}$, *а знак плюс* $\varphi_{\text{Б}} < \varphi \le \frac{\pi}{2}$

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Вычислить минимальные высоты подъёма приемной и передающей антенн, считая их одинаковыми, при которых поверхность Земли не оказывает влияния на поле прямой волны. Расстояние между антеннами 10 км. Рабочая частота 3 ГГц.

Ответ 1,4 м

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_16

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Распространение земных волн

Земные, или поверхностные волны — это радиоволны, распространяющиеся вдоль поверхности Земли и частично её огибающие из-за действия явления рефракции.

Условия распространения земных волн зависят от рельефа местности, электрических параметров земной поверхности и длины волны.

На распространение земных волн влияют следующие факторы:

Дифракция. Явление огибания препятствий, особенно сильно сказывается, когда геометрические размеры препятствий соизмеримы с длиной волны.

Влияние земной поверхности. Радиоволны, попавшие в землю, возбуждают в ней переменные электрические токи, которые часть своей энергии расходуют на нагрев почвы. Величина потерь энергии в земле сильно зависит от частоты радиоволн и сопротивления почвы электрическому току.

Скорость распространения. Скорость распространения радиоволн в земле меньше, чем в воздухе, и при движении их вдоль её поверхности нижний край волны отстаёт от верхнего, фронт волны наклоняется, и помимо движения вдоль поверхности земли происходит распространение радиоволны сверху вниз.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Учитывая наличие области, существенной для РРВ и вклад полей вторичных излучателей, расположенных в пределах каждой зоны Френеля, в результирующее поле в точке наблюдения можно ли увеличить

напряженность поля вблизи приемной антенны, не изменяя излучающую систему. Если да, то, каким образом и во сколько раз?

Если существенная для РРВ область не достигнет выпуклости земной поверхности, то возможно прямолинейное распространение радиоволн. Если же существенная область захватывает выпуклость земной поверхности, то поле оказывается сильно ослабленным, поскольку в распространении участвуют только часть первой зоны Френеля и зоны высших порядков, которые тоже искажены влиянием поверхности Земли. 1
Также известно, что вторичные волны от двух соседних зон Френеля приходят в противофазе. В результате излучение от второй зоны Френеля будет гасить излучение от первой

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Насколько изменится расстояние прямой видимости при изменении вертикального градиента показателя преломления от значения $-3\cdot10^{-5}$ км-1 до $-6\cdot10^{-5}$ км-1. Высоты расположения передающей и приёмной антенн над земной поверхностью равны 16 м.

Расстояние прямой видимости возрастает на 15%. (18,4 м)

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

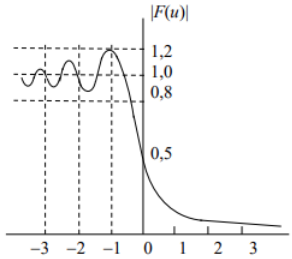
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_17

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Энергетика радиолинии

Энергетический потенциал (ЭП) радиолинии *— это комплексная характеристика, выражаемая отношением мощности сигнала к мощности шума в рабочей полосе частот или отношением энергии информационного бита к спектральной плотности мощности шума.*
ЭП определяется совокупностью таких параметров*, как мощность передающего устройства, коэффициенты усиления антенн передатчика и приёмника, ширина полосы рабочих частот, техническая скорость передачи информации, шумовые характеристики трактов приёмо-передающей аппаратуры, пространственные, интерференционные и поляризационные потери в канале связи и ряда других.*

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Изобразите и поясните график зависимости амплитуды напряженности поля в точке приема от высоты препятствия в области, существенной для РРВ. Чему равна максимальная амплитуда поля в точке приема и почему?

Максимальная амплитуда поля в точке приёма достигается, когда полностью открывается площадь поперечного сечения области, существенной для РРВ. В этот момент напряжённость электрического поля равна напряжённости поля в свободном пространстве



3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

При какой высоте подъёма над земной поверхностью приёмной антенны обеспечивается прямая видимость между передающей и приёмной антеннами на расстоянии 60 км в условиях нормальной тропосферной рефракции. Высота подъёма передающей антенны 64 м.

Ответ: 212 м

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_18

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Диапазоны частот

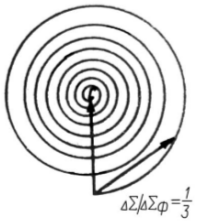
Диапазоны частот:

ОНЧ (очень низкие частоты) — от 3 до 30 кГц (мириаметровые волны);
НЧ (низкие частоты) — от 30 до 300 кГц (километровые волны);
СЧ (средние частоты) — от 300 до 3000 кГц (гектометровые волны);
ВЧ (высокие частоты) — от 3 до 30 МГц (декаметровые волны);
ОВЧ (очень высокие частоты) — от 30 до 300 МГц (метровые волны);
УВЧ (ультравысокие частоты) — от 300 до 3000 МГц (дециметровые волны);
СВЧ (сверхвысокие частоты) — от 3 до 30 ГГц (сантиметровые волны);
КВЧ (крайне высокие частоты) — от 30 до 300 ГГц (миллиметровые волны);
ГВЧ (гипервысокие частоты) — от 300 до 3000 ГГц (децимиллиметровые волны).

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Изобразите и поясните график зависимости амплитуды напряженности поля в точке приема в зависимости от числа открытых зон Френеля в области существенной для отражения радиоволн, если прямая и отраженная волна приходят в точку приема в фазе, а модуль коэффициента отражения R=1. К какому значению будет стремиться данный график и почему?

Для чётного числа зон Френеля амплитуда в точке наблюдения равна нулю. Для нечётного числа амплитуда одинаковая, максимальная и равна длине диаметра окружности на комплексной плоскости сложения амплитуд.
Если открыты все зоны Френеля (нет препятствия на пути световой волны), то картина сложения амплитуд будет выглядеть как спираль. Центр спирали находится в середине окружности из первых двух зон, поэтому амплитуда поля при всех открытых

зонах вдвое меньше, чем амплитуда поля при открытой одной первой зоне. . Отрезок между началом А и концом стрелки показывает величину результирующего колебания при перемещении по спирали. При приближении к фокусу спирали результирующая амплитуда колебания приближается к Е1/2



Векторная диаграмма при увеличении диаметра отверстия до бесконечных размеров

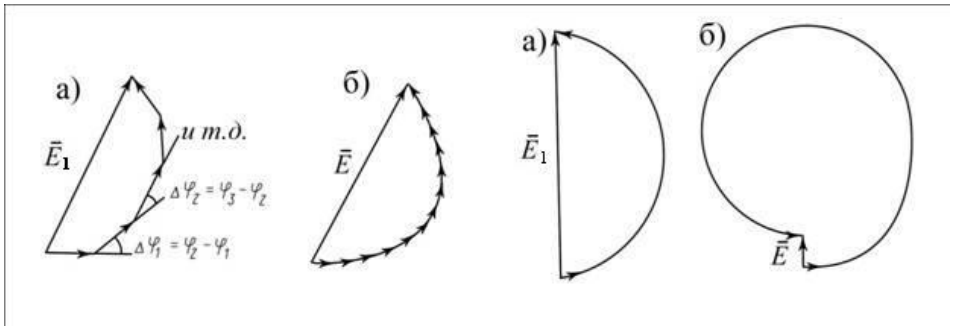


Рисунок 1- Векторное суммирование полей от различных участков отверстия: а) при скачкообразном, б) при плавном изменении его диаметра

Рисунок 2 - Векторное диаграмма при диаметре отверстия , соответствующим: а) первой зоне Френеля, б) второй зоне Френеля

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Для линии радиосвязи Земля-космический аппарат определить необходимую мощность передатчика наземной станции. Исходные условия: длина линии 30000 км, частота 30 ГГц, КУ передающей антенны наземной станции 63 дБ, КУ бортовой приемной антенны 18 дБ, потери в линии передачи наземной станции 10 дБ. Необходимая мощность сигнала на входе бортового приемника 10^{-10} Вт, потерями в приёмном тракте пренебречь.

Ответ 20кВт

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_19

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Классификация электромагнитных волн
ЭМВ классифицируются по длине волны или связанной с ней частоте:

- *Радиоволны. Делятся на сверхдлинные, длинные, средние, короткие и ультракороткие.*
- *Микроволны. Волны с длиной меньше 1 м (частота меньше 300 мгц).*
- *Инфракрасное излучение.*
- *Видимое излучение (свет).*
- *Ультрафиолетовое излучение.*
- *Рентгеновское излучение.*
- *Гамма-излучение.*

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Возможно ли организовать устойчивую радиосвязь с Земли со спутником, находящимся на высоте Z=40000 км в диапазоне коротких волн. Обоснуйте ваш ответ.
Короткие волны, могут отражаться от ионосферы, что позволяет устанавливать связь с удалёнными объектами, но для высот 1000 км (верхняя граница ионосферы).
Поэтому устойчивую радиосвязь с Земли со спутником, находящимся на высоте 40 000 км в диапазоне коротких волн, организовать не возможно

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Мощность передатчика составляет 10 Вт на частоте 3 ГГц. Какой коэффициент усиления должна иметь приемная антенна, расположенная на расстоянии 100 км, если требуемая для нормальной работы приёмника мощность на её выходе должна быть не менее 10^{-9} Вт, а коэффициент усиления передающей антенны равен 13 дБ?

Ответ 57 дБ

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_20

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Способы распространения радиоволн.

Способы распространения радиоволн:

1. ***Прямая волна***. *В однородной или слабо неоднородной среде радиоволны попадают в пункт приёма по прямолинейным или близким к ним траекториям.*
2. ***Земная волна***. *Радиоволны, распространяющиеся вблизи земной поверхности и частично огибающие её за счёт дифракции.*
3. ***Тропосферные волны***. *Распространяются вдоль земной поверхности за счёт рассеяния волн на неоднородностях тропосферы (их частичного отражения от тропосферы).*
4. ***Ионосферные, или пространственные***. *Радиоволны, распространяющиеся на большие расстояния вдоль земной поверхности за счёт однократного или многократного отражения от ионосферы.*
5. ***Направляемые***. *Радиоволны, распространяющиеся в направляющих системах (радиоволноводах).*

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Для *H* плоскости в полярной системе координат покажите и поясните результирующую диаграмму направленности системы из двух вибраторов, имеющих общую магнитную плоскость, при противофазном питании, если расстояние между ними $d=\lambda/2$. Поясните метод её измерения.

Диаграмма направленности системы из двух вибраторов, имеющих общую магнитную плоскость, при противофазном питании, если расстояние между ними $d=\lambda/2$, будет следующей: волна напряжения подойдёт ко второму вибратору на четверть периода позже, чем к первому, и токи в них

будут сдвинуты на 90°. При этом первый вибратор будет выполнять роль рефлектора, и диаграмма направленности системы примет определённый вид.
Метод измерения диаграммы направленности может быть основан на методе вращающейся антенны. При этом исследуемая антенна вращается вокруг своей оси, а вспомогательная антенна, подключённая к генератору, неподвижна. Сигнал с выхода исследуемой антенны через детекторную секцию поступает на измерительный прибор. При вращении исследуемой антенны прибор показывает зависимость наводимой электродвижущей силы от угла поворота антенны.
При ручном измерении диаграммы направленности («по точкам») в пределах главного максимума измерения следует проводить не менее чем в 8–10 точках, причём особенно

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Напряженность поля, создаваемая передающей антенной на расстоянии 2 км, составляет 4 мВ/м. Вычислить, какая мощность поступает на выход приёмной антенны с коэффициентом усиления, равным 10, удаленной от этой передающей антенны на расстояние 4 км. Частота радиоканала 200 МГц.

Ответ 2 мВт

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Распространение радиоволн»
Семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_21

1.Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Классификация радиолиний

Радиолинии классифицируются по характеру используемой физической среды. Они делятся на:

1. *Линии радиосвязи (ЛРС).*
2. *Радиорелейные линии (РРЛ).*
3. *Спутниковые линии (СЛ).*

Также радиолинии могут быть первичными и вторичными в зависимости от того, как полезная информация накладывается на распространяющиеся по линии радиосвязи электромагнитные колебания. 1
Первичные радиолинии — это те, в которых передаваемая информация «закладывается» на передающем конце линии — в передатчике. Примеры таких радиолиний: телевизионные и радиовещательные станции, системы радиоуправления, системы связи с космическими объектами, системы телекоммуникаций. 1
Вторичные радиолинии — это те, в которых информация приобретается в процессе распространения радиоволн в среде и их взаимодействия с искусственными либо естественными объектами, находящимися в пространстве. Пример подобной радиолинии — радиолокационная система.

2.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Изменится ли амплитуда напряженности поля в точке приема, если экран, в котором прорезано отверстие равное размерам 1 зоны Френеля, находящийся посредине между точкой приема и излучения, сместить в сторону точки приема. Если да, то, как и почему?

Амплитуда колебаний в точке наблюдения возрастает, если отверстие в непрозрачном экране оставляет открытой только одну зону Френеля.

В этом случае амплитуда в точке наблюдения в два раза превосходит амплитуду, создаваемую всем волновым фронтом.
Суммарная амплитуда от воздействия всего фронта волны в точке наблюдения эквивалентна половине воздействия только одной центральной зоны

3.Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Определить значение концентрации электронов в ионосфере, при котором показатель преломления радиоволны с частотой 7 Мгц при вертикальном зондировании ионосферы, обращается в нуль. Соударениями электронов с другими частицами пренебречь.

Показатель преломления n при вертикальном зондировании ионосферы можно определить по формуле

$$n = \sqrt{1 - \frac{80,8 N_e}{f^2}}, \qquad (3)$$

где f – частота сигнала, N_e – электронная концентрация, которая меняется с высотой.

$Ne=f^2/80,8=1,06\ 10^{11}$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев