

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛОВ ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА ПРОТЯЖЕННЫХ ТРАССАХ

В. И. Куркин, И. И. Орлов, В. Н. Попов

В работе [1] в рамках метода нормальных волн предложена методика прогнозирования условий распространения радиоволн декаметрового диапазона на протяженных трассах. Она основана на расчете усредненной по времени плотности энергии излучения W , который проводится в предположении, что, во-первых, номер нормальной волны сохраняется при распространении вдоль трассы (адиабатическое приближение) и, во-вторых, фазы отдельных нормальных волн на больших удалениях от излучателя некогерентны. В изотропной модели волновода Земля — ионосфера абсолютные значения W для волн магнитного и электрического типов отличаются из-за различного поглощения в Земле. Однако качественно зависимость плотности энергии излучения от длины трассы, ее ориентации, времени суток и т. д. для этих волн одинаковы. При распространении в реальном анизотропном волноводе между волнами электрического и магнитного типов происходит непрерывная перекачка энергии. Поэтому минимая часть собственного значения радиальной задачи ν_{2n} , характеризующая затухание нормальных волн, должна находиться между значениями $\nu_{2n}^{\text{э}}$ и $\nu_{2n}^{\text{м}}$.

В настоящей работе результаты расчетов плотности энергии W сравниваются с экспериментальными данными по измерению амплитудных характеристик прямых и обратных сигналов на частоте 10 МГц, которые были получены во время плавания НИС «Боровичи» с 24 февраля по 23 марта 1975 года [2]. При расчетах использовалось модельное представление профиля электронной концентрации и эффективной частоты соударений электронов в ионосфере, приведенное в работе [3]. Параметры слоя на трассах были выбраны на основе полумпирической модели ионосферы [4].

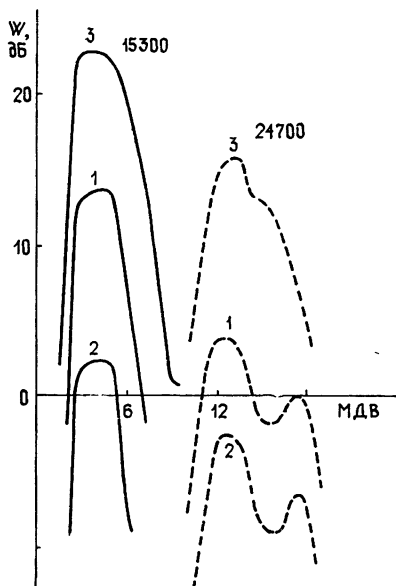


Рис. 1.

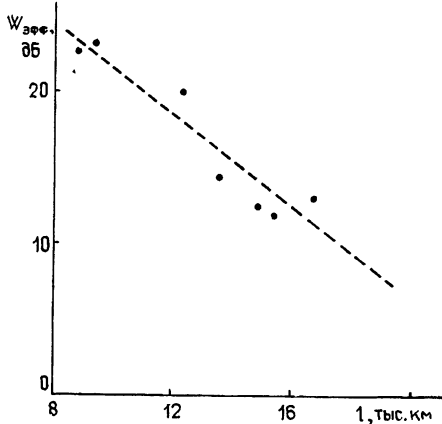


Рис. 2.

Для прямых сигналов плотность энергии рассчитывалась для семи точек маршрута корабля [5], а для обратного сигнала — для одной точки, когда длина трассы равнялась 24700 км. Для этой точки суточный ход W для прямого (сплошные линии) и обратного (пунктирные линии) сигналов на частоте 10 МГц приведен на рис. 1. По горизонтальной оси отложено московское декретное время, по вертикальной — величина W в децибелах над 1 мкВ²/м². Кривые 2 и 3 соответствуют волнам электрического и магнитного типов, а кривые 1 получены при расчете для излучателя типа «магнитный диполь», приемной антенны типа «электрический диполь» и при $\nu_{2n} = (\nu_{2n}^{\text{э}} + \nu_{2n}^{\text{м}})/2$. Видно, что наилучшие условия для распространения обратного сигнала реализуются с 10 до 18 часов. Максимальные значения W_{max} приходятся на 12—13 часов, когда,

во-первых, ионосферная обстановка в начале и в конце трассы приблизительно одинакова и, во-вторых, на большей части трассы группа нормальных волн, формирующих сигнал, распространяется в надземном волноводе. Этот результат хорошо согласуется с экспериментальными данными по прохождению СОЭ и подтверждает качественное объяснение их, приведенное в работе [1]. Максимальные значения уровня прямых сигналов достигаются в интервале с 3 до 5 часов и обусловлены такими же причинами, как и в случае с сигналами обратного эхо. Положение максимума в суточном ходе W достаточно хорошо согласуется с экспериментом [2], однако расчет не объясняет наличие прямых сигналов в вечернее время. Связано это с тем, что рассчитанные значения МПЧ по среднемесячным значениям параметров ионосферы на 0,5—1 МГц ниже рабочей частоты 10 МГц. Приведенный на рис. 1 суточный ход W для прямых сигналов является типичным для всех рассмотренных трасс. Как и в эксперименте [2], рассчитанные максимальные значения уровня сигнала в суточном ходе уменьшаются с увеличением длины трассы. На рис. 2 представлены результаты расчета величины $W_{эфф} = W_{max} \sin \theta$. Абсолютные значения $W_{эфф}$ отличаются от экспериментальных данных, что может быть объяснено недостаточно полным учетом характеристик приемно-передающих трактов. Однако если аппроксимировать зависимость W_{max} от дальности l по формуле

$$W_{max} = \frac{W_0}{\sin \theta} \exp(-2\Gamma l),$$

где W_0 — постоянный коэффициент, Γ — эффективное погонное ослабление сигнала, то рассчитанные значения Γ и полученные на основании экспериментальных данных близки друг к другу и приближенно равны 1,5 дБ/1000 км. График, соответствующий этому значению эффективного погонного ослабления сигнала, представлен на рис. 2 пунктирной линией. Используя значение W_0 , полученное из расчетов для прямых сигналов, так же, как это делается в работе [2], можно оценить величину Γ для сигналов обратного эхо. Приближенно она равна 1,3 дБ/1000 км, что также хорошо согласуется с экспериментом.

Таким образом, используемый нами метод расчета уровня сигнала достаточно хорошо объясняет наличие оптимальных условий распространения волн декаметрового диапазона на трассах различной протяженности и ориентации, а также дает значение эффективного погонного ослабления сигнала, близкое к экспериментально наблюдаемому. В целом это показывает, что способ расчета характеристик КВ сигналов, основанный на волноводных представлениях [3], хорошо описывает реальную ситуацию.

В заключение авторы благодарят коллектив отдела ионосферных исследований, руководимый профессором В. М. Поляковым, за предоставление ионосферных данных. без чего настоящая работа не могла быть выполнена.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Куркин, И. И. Орлов, В. Н. Попов, сб. Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца, вып. 47, изд. Наука, М., 1979, с. 89.
2. В. Ф. Брянцев, Г. В. Букин, Изв. вузов — Радиофизика, 20, № 12, 1861 (1977).
3. И. И. Орлов, Ю. В. Парфенов, В. Н. Попов, сб. Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца, вып. 35, изд. Наука, М., 1975, с. 66.
4. В. М. Поляков, В. Е. Суходольская, М. К. Ивельская, Г. В. Шапранова, Полуэмпирическая модель ионосферы, изд. Междуведомственного геофизического комитета при Президиуме АН СССР, М., 1978.
5. Е. А. Бенедиктов, В. Ф. Брянцев, Г. В. Букин, Геомагнетизм и аэронаука, 17, № 3, 461 (1977).

Сибирский институт земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн
СО АН СССР

Поступила в редакцию
10 июля 1979 г.