

© Е.Б. Атутов, Б.В. Басанов
Россия, Улан-Удэ, Бурятский научный центр СО РАН

Преломление плоских волн на границе лесных сред

Работа посвящена экспериментальному исследованию ослабления среднего поля на границе лесных сред.

© E.B. Atutov, B.V. Basanov

Planar wave refraction at the boundary of forest environments

The article is devoted to the experimental research of intermediate field damping at the boundary of forest environments.

Распространение электромагнитных волн УКВ диапазона в лесных средах отличается рядом особенностей [1,2], обусловленными сложным многокомпонентным характером такой среды. Кроме того, лесные массивы являются часто пространственно ограниченными, что вносит дополнительные особенности в процесс распространения электромагнитных волн. Целью работы является экспериментальное исследование преломляющих свойств границы «лес-воздух».

При построении математической модели предполагается, что деревья расположены по закону Пуассона, при этом случайными являются расстояния между стволами деревьев, плотность вероятности распределения которых подчиняется закону Рэлея. Деревья моделируются двумя областями: внутренним цилиндром радиусом a_1 с относительной диэлектрической и магнитной проницаемостью соответственно $\varepsilon_1 = \varepsilon'_1 - i\varepsilon''_1$ и оболочки с $\varepsilon_2 = \varepsilon'_2 - i\varepsilon''_2$ радиусом a_2 (рис.1). Вводится результирующая диэлектрическая проницаемость рассеивающих элементов $\varepsilon_{эф} = \frac{\varepsilon_1 V_1 + \varepsilon_2 V_2}{V_1 + V_2}$, V_1 ,

V_2 - объемы внутреннего цилиндра и оболочки.

Решение волнового уравнения в среде (I) записывается как сумма падающего и отраженного поля. Решение волнового уравнения в среде (II) ищется в виде ряда многократного рассеяния. В предположении, что рассеивающие элементы имеют одина-

ковые геометрические и физические свойства и независимы, ряд многократного рас-

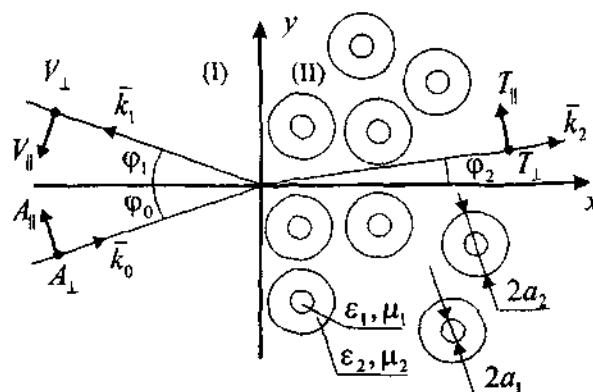


Рис. 1. Постановка задачи

сеяния легко суммируется. А именно, после усреднения по ансамблю реализаций вводится неизвестный коэффициент, который определяется из равенства выражения для среднего поля, записанного для случая предельно плотного расположения элементов, выражению для поля диполя в сплошной среде с результирующей диэлектрической проницаемостью. В результате получаем замкнутое аналитическое выражение, позволяющее определять среднее электромагнитное поле в лесной среде. Используются граничные условия для определения коэффициентов прохождения и отражения.

На рис. 2 приведены результаты измерения и расчета ослабления среднего поля в хвойном лесу в зависимости от расстояния до границы (здесь $k_0 = \frac{2\pi f}{c}$), когда вектор \vec{E} падающей ТЕМ волны параллелен осям

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 05-02-97205).

цилиндров. Расчет был проведен при следующих параметрах: эффективная диэлектрическая проницаемость леса [3] $\epsilon_{эф} = 40 - i10.1$; плотность расположения деревьев $\sigma = 0.05 \text{ м}^{-2}$; радиус ствола $a_1 = 0.09 \text{ м}$; радиус кроны $a_2 = 1.42 \text{ м}$. Частота излучения $f = 153 \text{ МГц}$ и угол падения $\varphi_0 = 0$. Экспериментальные результаты усреднены по 20 реализациям. Видно, хорошее согласие измеренных и расчетных результатов.

Из рисунка следует, что по мере углубления в лесную среду наблюдаются три характерные области. Область $0 < k_0 r < 25$, где преобладает прямая волна с почти экспоненциальной зависимостью; область $k_0 r > 50$, присутствуют практически только рассеянные волны, ослабление которых слабо зависит от расстояния; область

$25 < k_0 r < 50$ – переходная зона, где прямая и рассеянная компоненты среднего поля сравнимы по амплитуде и имеют противоположенные фазы, в результате наблюдается глубокий минимум.

Литература

1. Ломухин Ю.Л., Атутов Е.Б. Фокусировка волн в случайных дискретных средах. Распространение радиоволн: Сб. докладов XXI Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – Т. 2. – С. 365-370.
2. Атутов Е.Б., Ломухин Ю.Л. Погонное ослабление электромагнитных волн УКВ-диапазона в лесной среде. Научная сессия ТУСУР-2006: Сб. докладов Всерос. науч. техн. конф. студентов, аспирантов, и молодых ученых (Томск, 4-7 мая 2006 г.). – Томск: Изд-во «В-Спектр», 2006. – Ч. 1. – С. 15-17.
3. Торговников Г.И. Диэлектрические свойства древесины. – М.: Лесная промышленность. – 1986. – С. 127.

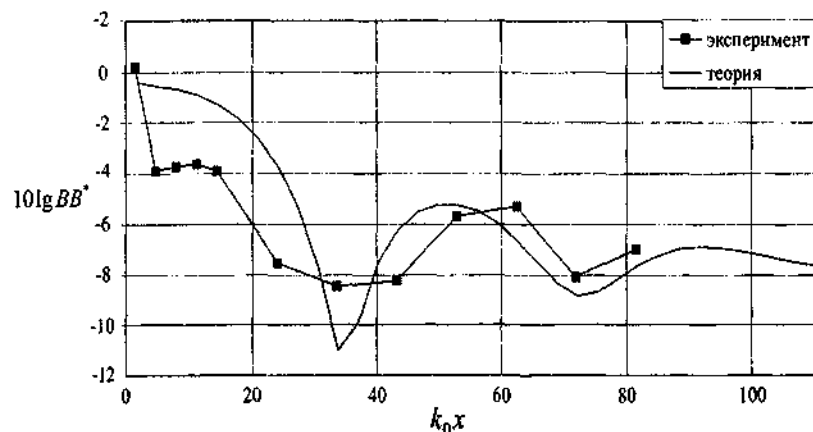


Рис. 2. Ослабление среднего поля во второй среде