

УДК 621.371

ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛОВЫХ СПЕКТРОВ ВЕКТОРНОГО ПОЛЯ,
ОТРАЖЕННОГО ОТ СЛОЯ F2 ИОНОСФЕРЫ

Ю. В. Березин, А. Н. Талицкий

(кафедра общей физики и волновых процессов)

Исследования временных свойств частично рассеянных полей (ЧРП) позволили предложить несколько их математических моделей [1—4]. Пространственные свойства ЧРП исследованы слабее. Целью настоящей работы являлось экспериментальное исследование пространственных и угловых характеристик векторного ЧРП, возникающего при дифракции на неоднородностях ионосферы.

В эксперименте использовались три поляризационные антенны, размещенные в вершинах прямоугольного треугольника с катетами ~ 50 м, и комплекс когерентной приемно-передающей аппаратуры, позволявшие одновременно измерять квадратурные компоненты ортогональных проекций вектора поля, отраженного при вертикальном зондировании от слоя F2 ионосферы.

Исследование функций автокорреляции квадратурных компонент и амплитуды поля показало, что при отражении волны от ионосферы не существует какой-либо зависимости этих характеристик ЧРП от координат в плоскости волнового фронта. Этот факт свидетельствует об однородности отраженного от ионосферы векторного поля и его параметров (амплитуда, фаза). В основе исследования углового спектра $G(s_1, s_2)$ (где s_1, s_2 — углы соответственно в широтной и меридианальной плоскостях) лежит его связь с пространственной корреляционной функцией поля $\hat{R}_E(\mathbf{r})$ [5] (где $\mathbf{r}$ — радиус-вектор точки наблюдения). Результаты эксперимента показали, что функция $\hat{R}_E(\mathbf{r})$ — комплексная, и это может быть объяснено смещением центра углового энергетического спектра ЧРП относительно невозмущенного направления распространения волны, а также применено для определения ее угла прихода. Результаты анализа пространственной корреляционной функции огибающей $R_A(\mathbf{r})$ и функции $\hat{R}_E(\mathbf{r})$ показали, что модель ЧРП с полностью смещенным спектром [4] может быть использована при исследованиях не только временных, но и пространственных свойств поля. Пространственные коэффициенты корреляции ортогональных проекций поля, измеренных на трех поляризационных антеннах, позволили вычислить двумерные угловые энергетические спектры этих проекций. При вычислениях использовалась аппроксимация спектра двумерной гауссоидой. Сечения угловых спектров в пространстве переменных s_1 и s_2 аппроксимировались эллипсами с полуосями s_{**1} (большая), s_{**2} (малая). Эксперимент показал, что ориентация больших осей угловых энергетических спектров группируется около направления широты. Для E_x -, E_y -проекций поля средние значения отношения $h = s_{**1}/s_{**2}$ соответственно равны $\langle h_x \rangle = 1,63$, $\langle h_y \rangle = 1,8$ (ось y совпадает с направлением магнитного меридиана). Отличие $\langle h \rangle$ от 1 свидетельствует о том, что степень рассеяния волны в ионосфере в плоскости меридиана меньше, чем в плоскости широты, причем эта анизомерия рассеяния сильнее выражена для E_y -проекции поля. Для характеристики ширины двумерного углового энергетического спектра использовалась величина $s_* = \pi s_{**1} \cdot s_{**2}$, приблизительно равная телес-

ному углу, опирающемуся на сечение углового спектра, проходящего на половинном уровне функции $G(s_1, s_2)$. На рис. 1 представлена гистограмма отношения $s_{*y}/s_{*x}=q$. Наиболее вероятное значение $q \simeq 1,2$, и это свидетельствует о том, что ширина двумерного углового спектра для проекции вектора поля, совпадающей с плоскостью магнитного меридиана, больше, чем для проекции вектора, перпендикулярной ей. Ширина углового спектра — это пространственная мера рассеяния поля, и ее можно сопоставить с энергетической мерой рассеяния $\beta^2 = |E_0|^2 / \langle E_p^2 \rangle$, где E_0, E_p — соответственно детерминированная и рассеянная составляющие поля. Используя особенности поляризации

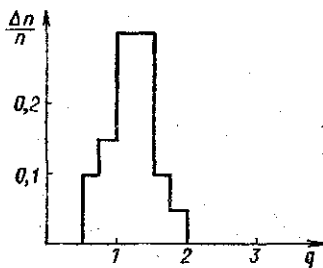


Рис. 1

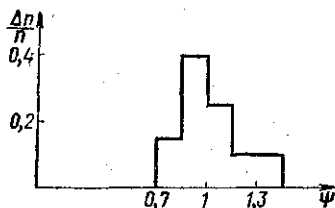


Рис. 2

ЧРП, отраженного от ионосферы [6], можно показать, что должно иметь место соотношение $(s_{*y}/s_{*x}) \simeq (\beta_x^2/\beta_y^2)$. На рис. 2 представлена гистограмма величины $\psi = (\beta_x^2/\beta_y^2)/(s_{*y}/s_{*x})$. Для средних значений β^2 и s_* величина $\psi = 1,01$, и это свидетельствует о том, что пространственный и энергетический параметр рассеяния не противоречат друг другу. Совпадение этих параметров — логическое следствие установленной однородности ЧРП.

Таким образом, экспериментальные исследования пространственных характеристик квадратурных компонент отраженной от ионосферы волны показали, что:

- 1) максимум двумерного углового энергетического спектра каждой проекции вектора ЧРП смещен относительно невозмущенного направления распространения;
- 2) сечения двумерных угловых энергетических спектров имеют два различных характерных размера по ортогональным осям;
- 3) различие двух характерных размеров спектра свидетельствует о том, что при отражении радиоволны от ионосферы имеет место анизотропия рассеяния каждой ортогональной проекции вектора поля;
- 4) из двух проекций вектора поля сильнее рассеивается составляющая, ориентированная в плоскости магнитного меридиана.

Полученные результаты не противоречат принципиальным выводам теории дифракции векторного поля на телах вытянутой и выпуклой формы [7], представлениям о форме ионосферных неоднородностей [8, 9] и особенностям рассеяния на них [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Rice S. O. Statistical properties of a sine wave plus random noise. Bell System Techn. J., 1948, 27, N 1, p. 109. [2] Вологдин А. Г., Миркотан С. Ф., Савельев С. М. Прямые исследования распределения поля ионосферного отражения. — Геомагнетизм и аэронавигация, 1972, 12, № 2, с. 226. [3] Поздняк С. И., Мелитицкий В. А. Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн. М., 1974, с. 53—110. [4] Березин Ю. В., Крашенинников И. В. Модель частично рас-

сеянного поля с полностью смещенным спектром. — Геомагнетизм и аэрномия, 1979, 19, № 4, с. 641. [5] Ratchliffe J. A. Some aspects of diffraction theory and their application to the ionosphere. — Rep. Progr. Phys., 1956, 19, p. 188. [6] Березин Ю. В., Гусев В. Д., Морозов Ю. В. Использование параметров Стокса при анализе поляризации радиоволн, отраженных от ионосферы. — Геомагнетизм и аэрномия, 1971, 11, № 3, с. 441. [7] Хёйл Х., Мауэ А., Вестпфаль К. Теория дифракции. М., 1964, с. 337—377. [8] Миркотан С. Ф., Кушнеревский Ю. В. Неоднородная структура и движения в ионосфере. М., 1964, с. 27—53. [9] Гайлит Т. А., Иванов М. И. Экспериментальное определение параметров крупномасштабных неоднородностей ионосферы дифференциально-фазовым методом. — В кн.: Международный научно-методический семинар по вертикальному зондированию ионосферы. Тезисы докладов, ч. II, Алма-Ата, 1978, с. 13. [10] Гусев В. Д., Власова О. К. Статистика лучей в однородной гиротропной среде с эллипсоидальными неоднородностями. — Геомагнетизм и аэрномия, 1971, 11, № 4, с. 709.

Поступила в редакцию
26.11.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1981, т. 22, № 2

УДК 534.23

КАЛИБРОВКА ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ЗВУКА В ОГРАНИЧЕННОМ ОБЪЕМЕ

Н. Н. Нефедов

(кафедра акустики)

Одной из основных характеристик источников звука является диаграмма направленности. В последнее время большое внимание уделяется развитию методов расчета диаграмм направленности по измерениям в ближнем поле, что связано с экспериментальными трудностями калибровки в дальнем поле и ее малой точностью. В основе развиваемых методов лежит интегральная теорема Гельмгольца (см. [1—3]). Отметим, что эти методы разработаны для условий свободного поля. Однако с понижением частот, на которых проводятся измерения, создание условий свободного поля наталкивается на серьезные трудности. Это относится как к гидроакустическим измерениям, где работы удобно проводить на близкорасположенных водохранилищах или в гидробассейнах, т. е. в ограниченных акваториях, так и к измерениям в воздушной среде, в заглушенных камерах, метрологические характеристики которых существенно ухудшаются в области низких частот.

При калибровке излучателей в ограниченных объемах необходим учет влияния границ как на работу самого излучателя, так и на создаваемое им звуковое поле. Учет влияния отраженного от границ поля на работу излучателя является достаточно сложной самостоятельной задачей. Однако для широкого класса излучателей (излучатели с большим внутренним сопротивлением, например, магнитострикционные) можно пренебречь влиянием границ на работу излучателей. Будем рассматривать именно такие излучатели. Они изучались ранее в работах [5, 6]; при этом учет влияния отражений от границ на поле монополя проводился для случая глубокого моря и слоя с идеальными границами. В работе [4] определялась производительность монополя в слое с неидеальной нижней границей, акустические характеристики которой измерялись.

В настоящей работе предлагается способ калибровки излучателей в ограниченном объеме, основанный на анализе векторно-фазовой структуры ближнего поля источника с использованием интегральной теоремы Гельмгольца, что позволяет исключить влияние границ и по-