

**ВОПРОСЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЙЯНИЯ  
ДВУМЕРНОГО ИДЕАЛЬНО ПРОВОДЯЩЕГО ЦИЛИНДРА***Воронежский институт высоких технологий*

*Рассматриваются вопросы, связанные с прогнозированием характеристик рассеяния двумерного цилиндра. Используется линейная модель распространения электромагнитных волн. Приведен пример расчета.*

**Ключевые слова:** дифракция, рассеяние, электромагнитная волна.

В настоящее время идет развитие систем связи, а также методик расчета сложных дифракционных структур. При моделировании существует возможность построить методики и алгоритмы прогнозирования характеристик рассеяния электромагнитных волн.

Объектом нашего исследования будет рассеяние на двумерном идеально проводящем цилиндре (рис. 1)

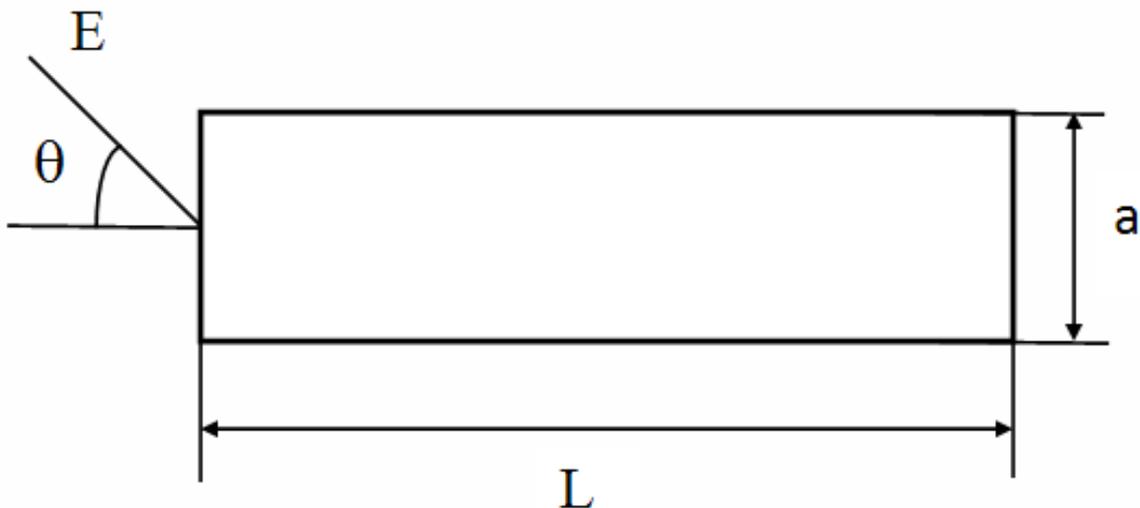


Рис.1 Пример рассеяния электромагнитных волн на двумерном цилиндре

Мы будем рассматривать случай линейного процесса рассеяния электромагнитных волн. Кроме того, мы будем полагать, что функция рассеяния объекта описывает линейную зависимость между падающим и рассеянным полем [1].

Зависимость, определяющая, то как связаны линейно комплексные амплитуды напряженностей рассеянного  $E_s(r)$  и облучающего  $E_i(r)$  на контуре рассматриваемого цилиндра  $P$  записывается следующим образом [2-4] :

$$E^{\text{ras}}(\lambda, r) = \int_P G(\lambda_0, r, r_1) E^{\text{pad}}(\lambda, r_1) dr_1, \quad (1)$$

где  $\lambda, \lambda_0 \in [\lambda_1, \lambda_2]$ ,  $G(\lambda_0, r, r_1)$  – пространственная импульсная переходная функция объекта (РЛХ) на длине волны  $\lambda_0$ , которая в соответствии с принятыми допущениями предполагается неизменной в диапазоне длин волн  $[\lambda_1, \lambda_2]$ .

Функция  $G$ , исходя из ее определения, находится следующим образом [5]:  $G = G_L = E^{\text{ras}}/E^{\text{pad}}$ , где  $E^{\text{ras}}$  – рассеянное поле,  $E^{\text{pad}}$  – падающее поле.

Прогнозирование характеристик рассеяния осуществлялось для углов наблюдения  $\theta \in [0^\circ, \theta_{\text{max}}]$ , где угол  $\theta_{\text{max}}$  был выбран нами при анализе конкретного вида объекта. Мы рассчитываем функцию  $G$  с учетом того, что известно ее значение для нескольких значений размера  $L$  объекта следующим образом:

$$G = G_L \cdot \frac{1}{K_p} \cdot \frac{E_{\lambda}^{\text{pad}}}{E_{\lambda_0}^{\text{pad}}}, \quad (2)$$

где  $E_{\lambda}^{\text{pad}}$  – падающая волна на длине волны  $\lambda$ ,  $E_{\lambda_0}^{\text{pad}}$  – падающая волна на длине волны  $\lambda_0$ ,  $G_L$  вычисляется на длине волны  $\lambda_0$ ,  $K_p$  – коэффициент. Коэффициент  $K_p$  выбирается с целью получения лучших результатов прогнозирования. Для размера объекта  $L$  коэффициент  $K_p$  выбирается равным 1.

Используя теорему о свертке, а также рассматривая предположение о постоянстве  $\psi$  на интервале  $[\lambda_1, \lambda_2]$ , имеем следующее выражение:

$$S_S(\omega, \lambda) = S(\omega) \cdot S_0(\omega, \lambda), \quad (3)$$

где введены такие обозначения, как  $S_S, S, S_0$ , показывающие преобразования Фурье для функций  $E^{\text{ras}}, \psi, E^{\text{pad}}$  по пространственным частотам  $\omega$ .

Указанная модель рассматривалась для диапазона длин волн  $[\lambda_1, \lambda_2]$  относительно определенной длины волны  $\lambda_0$ , на которой рассчитывается функция  $S(\omega)$ . Для выбранных нами значений  $\lambda_k \in [\lambda_1, \lambda_2]$  были определены диаграммы рассеяния.

Разница между рассчитанной и прогнозируемой характеристикой не должна была быть более 3 дБ. Угол  $\theta_{\text{max}}$  был выбран  $90^\circ$ , то есть прогнозирование проводилось для углов наблюдения  $\theta \in [0^\circ, 90^\circ]$ .

Зная двумерную ЭПР двумерного цилиндра, существует возможность найти трехмерную ЭПР цилиндра прямоугольного поперечного сечения [6]. Расчет точных значений характеристик рассеяния для

двумерной модели цилиндра был осуществлен на основе решения интегрального уравнения первого рода [7] для случая E-поляризации падающей электромагнитной волны.

Для демонстрации работоспособности методики расчеты проводились для случая равенства размеров высоты и длины цилиндра  $a = H$ .

На рис. 2 приведены результаты расчетов  $K_m$  в зависимости от размера высоты  $a$  идеально проводящего цилиндра.

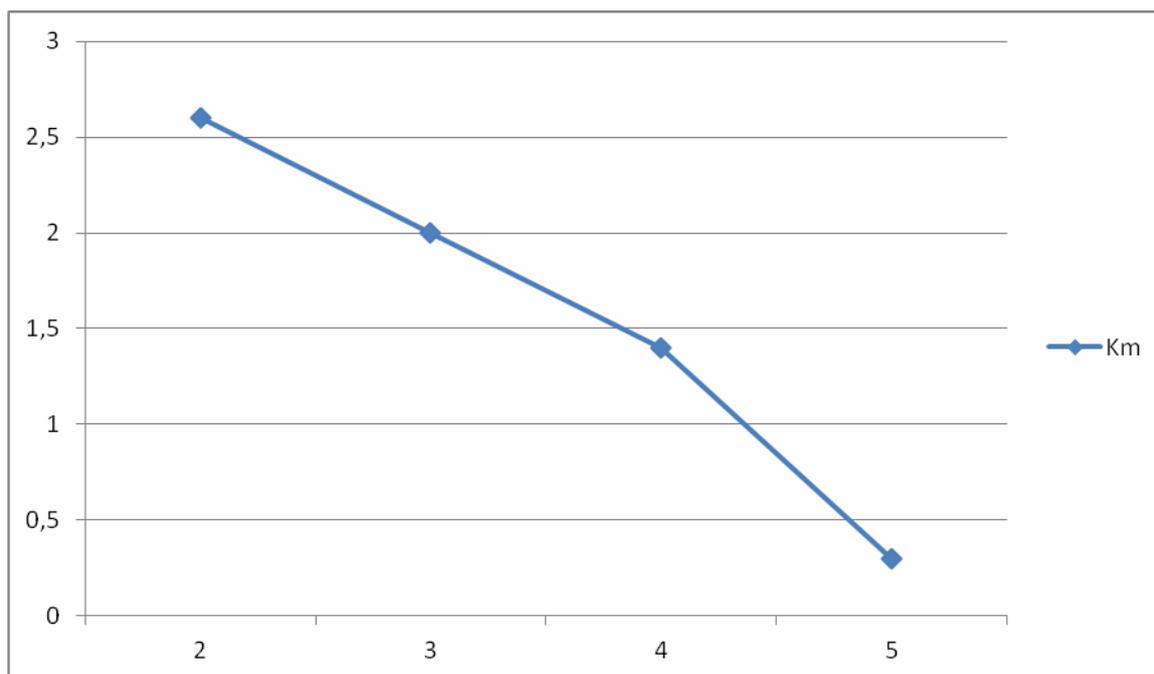


Рис. 2. Результаты прогнозирования коэффициента  $K_m$  в зависимости от размера высоты цилиндра  $a$  для бистатического случая

Представляет интерес развивать рассмотренные подходы для других объектов. Использование указанных подходов в совокупности с другими методиками [8-11] дает возможность комплексного исследования объектов.

Выводы. Проведенный анализ методик прогнозирования показывает возможность в ряде случаев уменьшить время анализа характеристик рассеяния на различных частотах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Астанин Л. Ю. Основы сверхширокополосных радиолокационных измерений. / Л. Ю. Астанин, А. А. Костылев – М.: Радио и связь, 1989. – 305 с.
2. Бахрах Л. Д. Справочник по антенной технике. В 5-ти т. / Л. Д. Бахрах, Л. С. Бененсон, Е. Г. Зелкин и др; Под ред. Я. Н. Фельда и Е. Г. Зелкина – М.:ИПРЖР, 1997. – Т.1. – 256 с.
3. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов с радиопоглощающими покрытиями в диапазоне длин волн / Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 21.
4. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов в диапазоне длин волн с использованием результатов измерения характеристик рассеяния на дискретных частотах / Телекоммуникации. 2004. № 5. С. 32.
5. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик идеально проводящей полости в диапазоне длин волн / Телекоммуникации. 2005. № 12. С. 29.
6. Ling H. RCS of waveguide cavities: a hybrid boundary-integral/modal approach. / H.Ling // IEEE Trans. Antennas Propagat., 1990, vol. AP-38, no. 9. – Pp. 1413–1420.
7. Вычислительные методы в электродинамике / Под ред. Р. Митры. – М.: Мир, 1977. – 485 с.
8. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Алгоритм расчета радиолокационных характеристик полостей с использованием приближенной модели / Системы управления и информационные технологии. 2005. № 4 (21). С. 17-19.
9. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Алгоритмы прогнозирования радиолокационных характеристик объектов при восстановлении радиолокационных изображений / Системы управления и информационные технологии. 2004. № 5 (17). С. 85-87.
10. Преображенский А.П., Ашихмин А.В. Итерационный алгоритм решения задач дифракции электромагнитных волн в частотной области / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. № 8. С. 38.
11. Преображенский А.П. Исследование возможности определения формы объекта в окрестности восстановления локальных отражателей на поверхности объектов по их диаграммам обратного рассеяния / Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 29.

A.V.Baranov

**THE QUESTIONS OF PREDICTION THE CHARACTERISTICS OF  
THE SCATTERING OF TWO-DIMENSIONAL PERFECTLY  
CONDUCTING CYLINDER**

*Voronezh Institute of High Technologies*

*The questions related to the prediction of the scattering characteristics of two-dimensional cylinder are considered. A linear model of the propagation of electromagnetic waves is used. The example of calculation is given.*

**Keywords:** diffraction, scattering, electromagnetic wave