



УДК 378.1

**ABOUT FORECASTING THE PERFORMANCE OF WIRELESS  
NETWORKS COMPONENTS**  
**О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОНЕНТ БЕСПРОВОДНЫХ  
СЕТЕЙ**

**Altvarg M.S. / Альтварг М.С.**

*k.t.s., asoc prof. / к.т.н., доц.*

*SPIN: 8536-9532*

**Blinov R.A. / БЛИНОВ Р.А.**

*graduate student / аспирант*

*Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Lenina, 73a, 394043*

*Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, ул.Ленина, 73а, 394043*

**Аннотация.** В работе обсуждаются особенности методики прогнозирования характеристик рассеяния компонент беспроводных сетей. Используется подход, базирующийся на методе интегральных уравнений. Рассмотрена задача прогнозирования эффективной поверхности рассеяния круглого идеально проводящего двумерного цилиндра определенного радиуса.

**Ключевые слова:** связь, прогнозирование, беспроводная сеть, электромагнитная волна.

**Введение.** Актуальна задача прогнозирования радиолокационных характеристик (РЛХ) объектов в диапазоне длин волн  $[\lambda_1, \lambda_2]$  по результатам экспериментальных исследований рассеивающих свойств этих объектов на одной длине волны  $\lambda_0$ , принадлежащей интервалу  $[\lambda_1, \lambda_2]$ .

Целью работы является разработка методики прогнозирования РЛХ объектов в системах связи для диапазона длин волн на основе экспериментально полученных исходных данных о рассеивающих свойствах этих объектов, имеющих различные размеры, в поле монохроматической волны [1, 2].

**Методика.** Ограничимся случаем линейного процесса рассеяния электромагнитных волн. Также будем считать, что исследуемая РЛХ отражения объекта линейно связывает параметры облучающего и рассеянного полей [3, 4]. Запишем соотношение, связывающее линейно комплексные амплитуды напряженностей рассеянного  $E_s(r)$  и облучающего  $E_i(r)$  на поверхности объекта  $S$  вида:

$$E_s(\lambda, r) = \int_C G(\lambda_0, r, r_1) E_i(\lambda, r_1) dr_1, \quad (1)$$

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  $[\lambda_1, \lambda_2]$ .

В качестве одной из моделей РЛХ  $G(\lambda_0, r, r_1)$  можно рассматривать следующую [5, 6]:

$$G(\lambda_0, r, r_1) = G(\lambda_0, r) \delta(r-r_1). \quad (2)$$

При проверке модели для прогноза РЛХ был выбран диапазон длин волн  $[\lambda_1, \lambda_2]$  относительно некоторой “опорной” длины волны  $\lambda_0$ , на которой



рассчитывается функция  $G$  в виде (2), где считалось, что  $\lambda_1 = \lambda_0$ ,  $\lambda_2 = K_m \cdot \lambda_0$ , где значение  $K_m$  определялось в задаче таким образом, чтобы была возможность прогнозирования РЛХ на всем интервале длин волн  $[\lambda_1, \lambda_2]$ . Для выбранных значений  $\lambda_i \in [\lambda_1, \lambda_2]$  были рассчитаны диаграммы рассеяния для условий наблюдения в дальней зоне. Аналогичные характеристики были спрогнозированы с использованием вышеизложенной модели и выбранного представления переходной функции. Разница между рассчитанной и прогнозируемой характеристикой [7, 8] не должна была превышать 3 дБ. Прогнозирование проводилось для углов наблюдения  $\theta \in [0^\circ, \theta_{\max}]$ , где угол  $\theta_{\max}$  задавался нами.

Выше мы имели представление  $G$  в виде  $\delta$ -функции для объекта с характерным размером  $L$ . Представляет интерес рассмотреть представление функции  $G$ , которая известна на определенном интервале  $G \in [G - \Delta G, G + \Delta G]$ . Будем считать, что известно значение функции  $G$  для трех значений размеров объекта:  $L$ ,  $L - \Delta L$ ,  $L + \Delta L$ , где  $\Delta L = \alpha L$ , где  $\alpha \in [0; 1]$ . Функция  $G$ , согласно определению, вычисляется следующим образом:  $G = G_L = E_{\text{рас}} / E_{\text{пад}}$ , где  $E_{\text{рас}}$  – рассеянное поле,  $E_{\text{пад}}$  – падающее поле. Будем вычислять функцию  $G$  с учетом того, что известно ее значение для нескольких значений размера  $L$  объекта таким образом:

$$G = G_L \cdot \frac{1}{K_p} \cdot \frac{E_{\text{пад}}^\lambda}{E_{\text{пад}}^{\lambda_0}}, \quad (3)$$

где  $E_{\text{пад}}^\lambda$  – падающая волна на длине волны  $\lambda$ ,  $E_{\text{пад}}^{\lambda_0}$  – падающая волна на длине волны  $\lambda_0$ ,  $G_L$  вычисляется на длине волны  $\lambda_0$ ,  $K_p$  – коэффициент. Коэффициент  $K_p$  подбирается нами для достижения лучших результатов прогнозирования. Для размера объекта  $L$  коэффициент  $K_p$  выбирается равным 1. Рассеянное поле вычисляется как среднее арифметическое рассеянных полей, вычисленных для

объекта с размерами  $L - \Delta L$ ,  $L$ ,  $L + \Delta L$ :  $E_{\text{рас}} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 E_{\text{рас}}^i$ , где  $E_{\text{рас}}^1 = G \cdot E_{\text{пад}}$  – для объекта с размером  $L - \Delta L$ ,  $E_{\text{рас}}^2 = G \cdot E_{\text{пад}}$  – для объекта с размером  $L$ ,  $E_{\text{рас}}^3 = G \cdot E_{\text{пад}}$  – для объекта с размером  $L + \Delta L$ . Это поле используется для прогнозирования характеристик рассеяния объекта с размером  $L$ .

**Результаты.** С целью определения работоспособности методики рассмотрим задачу прогнозирования эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) круглого идеально проводящего двумерного цилиндра радиуса  $R$  (Рис. 1). Расчет точных значений характеристик рассеяния для двумерного цилиндра был проведен путем решения интегрального уравнения второго рода, записанного относительно плотности поверхностного тока [9] для случая  $E$ -поляризации падающей электромагнитной волны [10, 11].

На рис.2 представлены результаты расчета коэффициента  $K_m$  в зависимости от размера радиуса  $R$  идеально проводящего двумерного цилиндра при значении расстояния  $P = 3\lambda$  (расчет на основе подхода (1)-(2)) при



прогнозировании бистатической ЭПР. Кривые 1, 2, 3 соответствуют случаю  $\theta_{\max}=10^\circ$ ,  $\theta_{\max}=45^\circ$  и  $\theta_{\max}=90^\circ$ . Видно, что  $K_m$  растет пропорционально с ростом радиуса  $R$ , то есть, чем больше радиус цилиндра, тем шире диапазон длин волн, в котором возможно прогнозирование его радиолокационных характеристик.

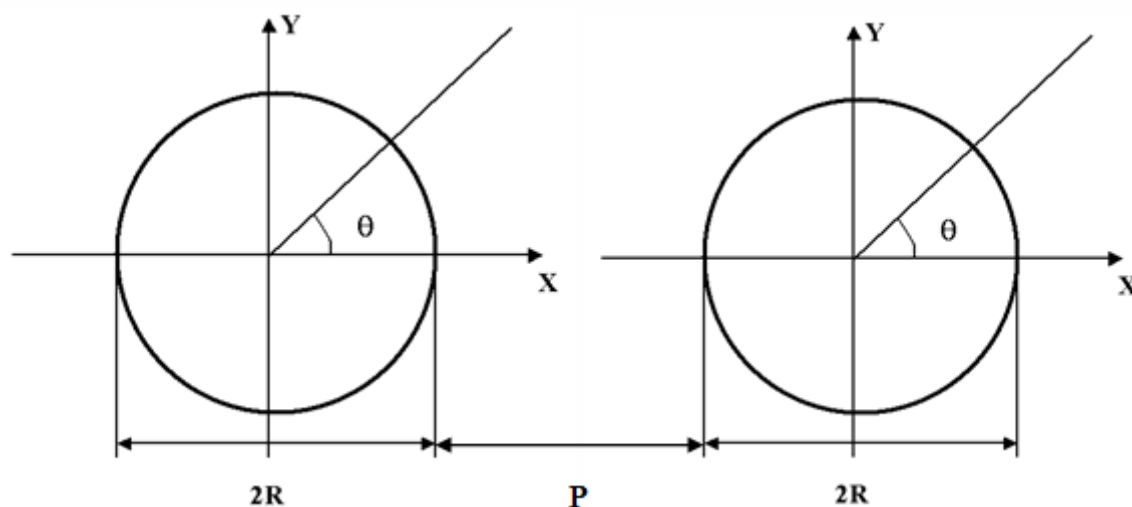


Рис.1 Схема рассеяния электромагнитных волн на цилиндрах с радиусом  $R$ , находящихся на расстоянии  $P$ .

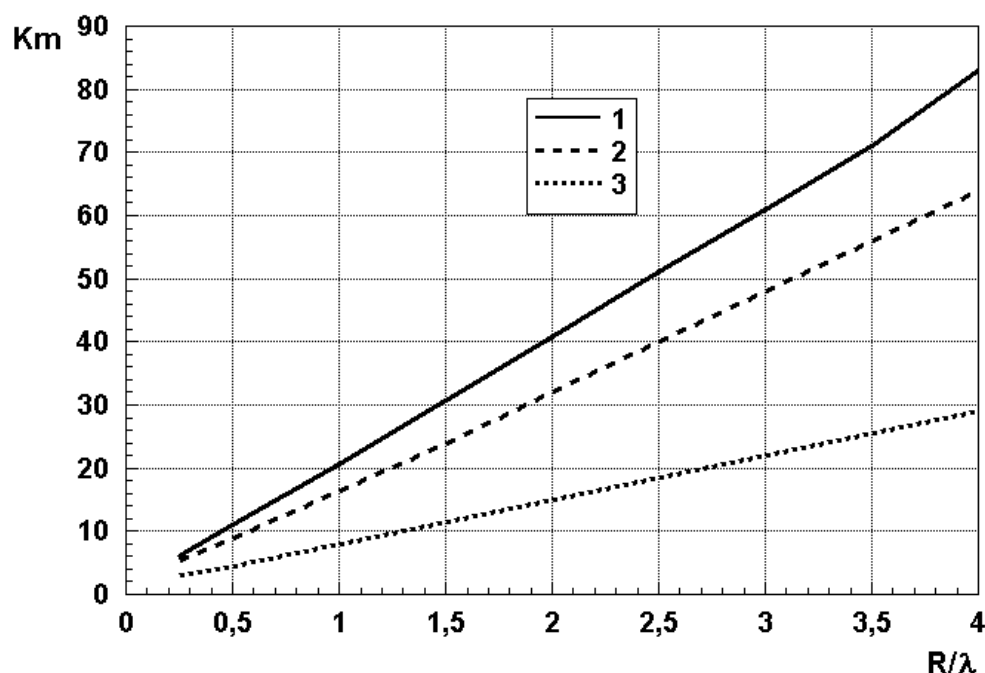


Рис.2 Результаты прогнозирования коэффициента  $K_m$  в зависимости от радиуса цилиндра  $R$ .

### Выводы.

Таким образом, в результате математического моделирования на основе разработанной методики показана и исследована возможность прогнозирования характеристик рассеяния идеально проводящих изотропных объектов в системах связи, имеющих разные размеры, в диапазоне длин волн. Дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование данной методики с целью расширения диапазона прогнозирования.



## Литература:

1. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Методика прогнозирования радиолокационных характеристик объектов в диапазоне длин волн с использованием результатов измерения характеристик рассеяния на дискретных частотах // Системы управления и информационные технологии. 2004. № 2 (14). С. 98-101.
2. Львович И.Я., Преображенский А.П., Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н. Проблемы использования технологий интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 73-75.
3. Суворов А.П., Лесников А.С. Особенности развития современных телекоммуникационных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 46-48.
4. Преображенский Ю.П., Мясников О.А. Анализ перспектив информационных технологий в сфере интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 43-45.
5. Львович И.Я., Преображенский А.П., Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н. О качестве работы системы интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 52-55.
6. Кострова В.Н., Цепковская Т.А. Проблемы моделирования беспроводных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 61-63.
7. Лесников А.С., Суворов А.П. Особенности технологии интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 2 (33). С. 24-27.
8. Мельникова Т.В., Преображенский А.П. О перспективах передачи информации в информационно-телекоммуникационных системах к 2100 году // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 2 (33). С. 28-30.
9. Кравцова Н.Е., Преображенский А.П. Особенности технологии интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 3 (26). С. 34-36.
10. Клименко Ю.А., Преображенский А.П. О применении беспроводных технологий в инженерных системах автоматизации // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 3 (34). С. 19-21.
11. Преображенский Ю.П., Чупринская Ю.Л., Кравцова Н.Е. Анализ характеристик, используемых при проектировании беспроводных систем связи // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 3 (34). С. 47-49.

***Abstract.** The paper discusses the features of the methodology for predicting the scattering characteristics of wireless network components. An approach based on the method of integral equations is used. The problem of predicting the effective scattering surface of a circular ideally conducting two-dimensional cylinder of a certain radius is considered.*

***Key words:** communication, forecasting, wireless network, electromagnetic wave.*

Статья отправлена: 10.06.2021 г.

© Альтварг М.С., Блинов Р.А.