

УДК 621.396

**О РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С РАСЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК
РАССЕЯНИЯ ОБЪЕКТОВ****Чупракова И.С.***Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: irachuprakow@yandex.ru*

В данной работе обсуждаются возможности решения проблем, связанных с рассеянием электромагнитных волн на объектах сложной формы. Отмечается, что задачи исследований, которые требуется решать с целью того, чтобы разрабатывать эффективные, универсальные и современные способы расчетов электромагнитных полей, рассеиваемых объектами, должны быть ориентированы на то, чтобы проводить анализ и широкомасштабное использование современных численных методик и способов, должны обеспечивать ускорение вычислений. Оценка характеристик рассеяния электромагнитных волн в случае Е-поляризации проводилась на основе метода интегральных уравнений. Решалась задача определения угла раскрытия апертуры полой структуры, при котором достигается максимальное значение средней эффективной площади рассеяния в заданном секторе углов наблюдения. Метод оптимизации базировался на муравьином алгоритме.

Ключевые слова: рассеяние электромагнитных волн, муравьиных алгоритм, интегральное уравнение

**ABOUT THE SOLUTION OF PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE CALCULATION
OF SCATTERING CHARACTERISTICS OF OBJECTS****Chuprakova I.S.***Voronezh institute of high technologies, Voronezh, e-mail: irachuprakow@yandex.ru*

In this paper we discuss the possibilities of solving problems related to scattering of electromagnetic waves on complex-form objects. It is noted that the research tasks that need to be addressed with the aim to develop efficient, versatile and modern methods of calculations of the electromagnetic fields scattered by objects, should be designed to analyze and widespread use of modern numerical techniques and methods that should accelerate computations. Evaluation of scattering characteristics of electromagnetic waves in the case of E-polarization was carried out based on the method of integral equations. Solved the problem of determining the angle of aperture of the hollow structure, which gives the maximum value of the average effective area of scattering in a given sector of observation angles. Optimization method based on ant colony optimization algorithm.

Keywords: scattering of electromagnetic waves, ant algorithm, integral equation

В радиофизических исследованиях и радиолокационных их направлениях, которые имеют практические приложения, при наблюдающемся бурном и повсеместном распространении и применении информационных технологий мы можем определить научные, методические и технологические компоненты, с использованием которых происходит модернизация действующих и формирование принципиально новейших систем, лежащих в сферах радиосвязи, навигации, дистанционных зондирования и локационных направлениях [4, 6].

В них проводят изучение вопросов, связанных с тем, как происходит распространение радиоволн в пространстве и каким образом идут процессы их рассеяния на объектах, имеющих сложную электрофизическую структуру и пространственную конфигурацию, которые относятся к естественным, и они создаются людьми [5].

Поскольку указанные проблемы являются комплексными и многогранными, то при их рассмотрении, исторически образом сложилось так, что ученые ограничивались изучением фундаментальных закономерностей, которые касались рассмотрения канонических задач, связанных с дифракцией для объектов, имеющих простую форму, или они разрабатывали эвристические методы, имеющие некоторые упрощения, которые не давали возможностей для того, чтобы получать необходимую точность для результатов [7].

Мы имеем возможности убедиться, что происходит накопление заметного научно-практического потенциала в сфере, связанной с вычислительными методами и средствами, который позволяет эффективным способом осуществлять разнообразное практическое применение фундаментальных электродинамических и радиофизических разработок [5].

Однако при применении формальных попыток, касающихся непосредственного использования фундаментальных электродинамических методик, когда рассматриваются вопросы, связанные с рассеянием радиоволн для реальных объектов, со сложной электрофизической структуры и пространственными конфигурациями с включением свойств подстилающих поверхностей, не только будут иметь ограничения, но и практически неразрешимы, в условиях использования суперкомпьютеров.

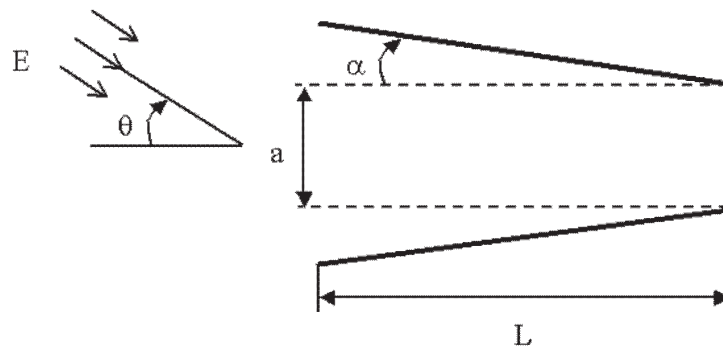


Схема рассеяния электромагнитных волн на полой структуре с размером апертуры a и длиной L , θ – угол наблюдения

Исходя из вышесказанного, задачи исследований, которые требуется решать с целью того, чтобы разрабатывать эффективные, универсальные и современные способы расчетов электромагнитных полей, рассеиваемых объектами, должны быть ориентированы на то, чтобы проводить анализ и широкомасштабное использование современных численных методик и способов, должны обеспечивать ускорение вычислений.

На рисунке приведена схема рассеяния электромагнитных волн на исследуемом объекте.

Оценка характеристик рассеяния электромагнитных волн в случае Е-поляризации проводилась на основе метода интегральных уравнений [6].

Решалась задача определения угла раскрыва апертуры полой структуры [2] α , при котором достигается максимальное значение средней эффективной площади рассеяния в секторе углов [9] наблюдения $25^\circ \leq \theta \leq 33^\circ$. Размеры структуры были следующие: $a = 3.6\lambda$, $L = 7.1\lambda$, где λ – дли-

на падающей электромагнитной волны [1, 3]. Для этого использовался метод оптимизации, базирующийся на муравьином алгоритме.

В муравьином алгоритме использовалось следующее правило перехода [10]:

Муравей, находящийся в точке r , будет выбирать следующую точку s исходя из следующих уравнений:

$$s = \begin{cases} \arg \max_{u \in J_k(r)} \{[\tau(r, u)][\eta(r, u)]^\beta\}, & q < q_0 \\ \text{выбор согласно следующему} & , \\ \text{уравнению,} & \text{иначе} \end{cases} \quad (1)$$

где $J_k(r)$ – множество ячеек сетки которые необходимо посетить муравью k , расположенному в точке сетки r , $\tau(r, s)$ – мера феромона, $\eta(r, u) = 1/\delta(r, u)$, где вес $\delta(r, u)$ выбирался как расстояние между точками, q – случайная величина, q_0 – параметр ($0 \leq q \leq 1$, $0 \leq q_0 \leq 1$).

Если $q \geq q_0$, муравей будет выбирать следующую точку согласно следующему уравнению:

$$p_k(r, s) = \begin{cases} \frac{[\tau(r, s)] \cdot [\eta(r, s)]^\beta}{\sum_{u \in J_k(r)} [\tau(r, u)] \cdot [\eta(r, u)]^\beta}, & \text{если } s \in J_k(r), \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (2)$$

где $p_k(r, s)$ – вероятность точки s быть выбранной муравьем k , расположенным в точке r .

Правило локального обновления:

$$\tau(r, s) \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau(r, s) + \rho \cdot \Delta\tau(r, s), \quad (3)$$

где ρ – локальный параметр, $0 < \rho < 1$, $\Delta\tau(r, s)$ – величина суммы феромона, оставленного муравьями. Глобальное правило обновления соответствует следующему уравнению:

$$\tau(r, s) \leftarrow (1 - \alpha) \cdot \tau(r, s) + \alpha \cdot \Delta\tau(r, s), \quad (4)$$

где α – глобальный параметр, $0 < \alpha < 1$, $\Delta\tau(r, s) = 1/\text{лучшая глобальная длина}$, если отрезок (r, s) принадлежит этой длине.

В результате математического моделирования было установлено, что максимальное значение средней эффективной площади рассеяния в указанном секторе углов наблюдения достигается для угла наблюдения $\alpha = 23^\circ$.

Список литературы

1. Алимбеков А.Р. Интеграция ГИС и САПР в беспроводных системах связи / А.Р. Алимбеков, Е.А. Авдеенко, В.В. Шевелев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 1(16). С. 12.
2. Гащенко И.А. О моделировании в сотовых системах связи / И.А. Гащенко // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 222-223.
3. Захаров Е.В. Численный анализ дифракции радиоволн. / Е.В. Захаров, Ю.В. Пименов // М.: Наука, 1986. – 184 с.
4. Львович И.Я. Разработка информационного и программного обеспечения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И.Я. Львович, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 63-68.
5. Львович И.Я. Разработка принципов построения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И.Я. Львович, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 125-127.
6. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / О.В. Милошенко // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60-62.
7. Преображенский А.П. Методы прогнозирования характеристик рассеяния электромагнитных волн / А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 1 (4). С. 3.
8. Преображенский А.П. Моделирование характеристик рассеяния объектов, в состав которых входят кромки / А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 2(13). С. 7.
9. Толстых С.М. Проблемы маршрутизации в компьютерных сетях / С.М. Толстых, Е.А. Авдеенко, А.А. Адоньев // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 70-72.
10. Hozefa M. Botee, Bonabeau E. Evolving ant colony optimization Adv. Complex Systems no.1, 1998, pp.149-159.