

УДК 621.396

**ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ
НА БАЗЕ РАДИОГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ПОДХОДА****Тупицина Т.В.***Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: tupitzina6tatjana@yandex.ru*

Одним из возможных путей решения проблемы распознавания объектов, которые удалены на большие расстояния, является использование совокупности параметров сигналов, отраженных от облучаемых объектов. В данной работе проводится решение задачи, связанной с построением изображений объектов на основе радиоголографического подхода. С использованием интеграла Кирхгофа записывается выражение для поля, распространяющегося от объекта. Объект представляется в виде совокупности нескольких локальных источников. В качестве опорной волны идет выбор выбирается сферической волны. Для расчета восстановленного изображения используется интеграл Кирхгофа. В рамках соответствующего алгоритма были проведены расчеты по восстановлению амплитудного и фазового распределения нескольких локальных источников, в том числе, когда плоскость расположения источников и плоскость голограммы составляют некоторый угол.

Ключевые слова: радиоголографический подход, восстановление изображений, распространение электромагнитных волн

**THE FORMATION OF RADAR IMAGES OBJECTS ON THE BASIS
OF RADIOHOLOGRAPHIC APPROACH****Tupitsina T.V.***Voronezh institute of high technologies, Voronezh, e-mail: tupitzina6tatjana@yandex.ru*

One of the possible solutions to the problem of recognition of objects that are removed at great distances, is the use of a set of parameters of the signals reflected from irradiated objects. This research provides the solution of the problem related to the imaging of objects based on radioholographic approach. Using the Kirchhoff integral is written the expression for the field propagating from the object. The object is considered as a set of multiple local sources. As the reference wave is chosen in a spherical wave. To calculate the restored image uses the Kirchhoff integral. In the framework of the corresponding algorithm were calculated to restore the amplitude and phase distribution of several local sources, including when the plane of the arrangement of sources and plane holograms are a certain angle.

Keywords: radiologicheskii approach, image restoration, and propagation of electromagnetic waves

Проектирование и оценка эффективности современных радиолокационных систем невозможны без априорного знания характеристик рассеяния наблюдаемых объектов. При этом одним из путей решения проблемы распознавания объектов, удаленных на большие расстояния, является использование совокупности параметров сигналов, отраженных от облучаемых объектов [2-5]. Зная структуру принятых сигналов, можно определить размеры объекта, свойства отражения поверхности объекта и т.д.

В настоящее время при построении различных радиолокационных измерительных систем используются радиоголографические методы. При этом появляется возможность восстановления объекта путем сканирования по определенной области пространства. Голограмма получается в результате интерференции монохроматического излучения, рассеянного объектом и опорного пучка, падающего на голограмму, минуя объект [1, 6, 8].

Целью данной работы является построение алгоритма восстановления нескольких независимых источников с использованием опорного источника.

Для формирования голограммы необходимы:

- источник монохроматических колебаний для облучения объекта;
- источник опорных колебаний, когерентных с колебаниями, которыми облучается объект;
- индикатор для фиксации интерференционного рельефа, возникающего при взаимодействии опорных колебаний и колебаний, дифрагированных на объекте.

Для объектов, характеризующихся сложной формой проведение вычислений полей дифракции с привлечением строгих электродинамических методов может привести к математически сложным задачам. В этой связи была проведена разработка алгоритмов синтеза голограмм объектов со сложной формой, которые базируются на приближенных способах с привлечением интеграла Кирхгофа [6, 7, 9].

Пусть особенности отражающих свойств объекта могут быть описаны на основе функции $t(x, y, z)$. В этом случае, на базе интеграла Кирхгофа, есть возможность записи поля от объекта таким образом

$$E_0(P) = \int_L t \frac{\exp(-jkr)}{r} \cos(\hat{n}r) d\ell, \quad (1)$$

где k – является волновым числом, P – точкой наблюдения, L – поверхностью, которая ограничивает объект, r – расстоянием от точки наблюдения до исследуемого объекта [6, 7], n – нормалью к поверхности.

При математическом моделировании мы будем представлять объект в виде совокупности M локальных источников, которые характеризуются комплексным коэффициентом рассеяния t_j и они располагаются на расстоянии r_j от точки P , которая лежит на голограмме. Представление интеграла имеет наглядный физи-

ческий смысл, то есть интеграл заменяется суммой (2)

$$E_0(P) = \sum_{j=1}^M t_j \frac{\exp(-jkr_j)}{r_j} \cos(\hat{n}_j r_j) \Delta \ell_j. \quad (2)$$

В качестве опорной волны выбираем сферическую волну, которая задается точечным источником, находящимся в точке $S(x_s, y_s, z_s)$. При этом поле опорной волны для точки P на голограмме записываем

$$E_s(P) = \frac{e_s z_s}{r_s^2} \exp(-jkr_s), \quad (3)$$

где e_s – является амплитудой в опорной волне, r_s – расстоянием от точки S до точки P .

Для функции интенсивности в плоской голограмме имеем

$$I(P) = |E_s + E_0|^2. \quad (4)$$

Для расчета восстановленного изображения используется интеграл Кирхгофа [6, 7]

$$E_\Sigma(\xi, \eta, L_1) = e_{s_1} z_{s_1} \int_0^{a_x} \int_0^{a_y} I(x_1, y_1) \frac{\exp(-jk(r_{s_1} + r_1))}{r_{s_1}^2 r_1} \cos(\hat{n}_1 r_1) dx_1 dy_1, \quad (5)$$

где a_x, a_y – является соответствующей апертурой голограммы по x и y , e_{s_1} – является амплитудой точечного источника в восстанавливающей волне, который находится в точке $S_1(x_{s_1}, y_{s_1}, z_{s_1})$:

$$r_{s_1} = \sqrt{(x_1 - x_{s_1})^2 + (y_1 - y_{s_1})^2 + z_{s_1}^2}, \quad r_1 = \sqrt{(x_1 - x_0 - \xi)^2 + (y_1 - y_0 - \eta)^2 + (z_0 - L_1)^2}. \quad (6)$$

Для эквидистантной плоской голограммы, которая находится в плоскости $z = 0$ расчет координат точек отсчета происходит так:

$$x_{1q_x} = q_x \delta_x, \quad y_{1q_y} = q_y \delta_y, \quad q_x = 1, 2, \dots, Q_x, \quad q_y = 1, 2, \dots, Q_y, \quad Q_x = \frac{a_x}{\delta_x}, \quad Q_y = \frac{a_y}{\delta_y}, \quad (7)$$

где δ_x, δ_y – является шагом решетки для осей x и y . Может быть при этом любой другой закон по выбору точек отсчета в голограмме.

Когда интеграла заменяют суммой, получаем

$$E_\Sigma = e_{s_1} r_{s_1} \sum_{q_x=1}^{Q_x} \sum_{q_y=1}^{Q_y} I(q_x \delta_x, q_y \delta_y) \cdot \frac{\exp(-jk(r_{s_1} + r_1))}{r_{s_1}^2 r_1} \cos(\hat{n}_1 r_1) \delta_x \delta_y. \quad (8)$$

Для координат восстанавливающего источника имеем (9):

$$x_V = 2 \cdot Lg - x_s, \quad y_V = y_s, \quad z_V = z_s, \quad (9)$$

где Lg – является расстоянием от плоскости, в которой лежат источник до плоскости, в которой анализируется голограмма.

Основываясь на вышеизложенном было проведено формирование алгоритма численного расчета и создана машинная программа, позволяющая проводить модели-

рование восстановления объектов на базе опорного источника.

В рамках рассмотренного алгоритма были проведены расчеты по восстановлению нескольких локальных источников (рис. 1).

Случай, приведенный на рис. 2, а (восстановление амплитудного распределения) и рис. 2, б (восстановление фазы), соответствует сканированию по всем возможным значениям координат области ($1 \text{ м} \times 1 \text{ м}$).

Случай, приведенный на рис. 3 (восстановление амплитудного распределения), соответствует сканированию лишь по точкам пространства, где в действительности находились локальные источники.

Восстановление амплитудного распределения (рис. 4, а) и восстановление фазы (рис. 4, б), соответствует случаю, когда плоскость расположения источников и плоскость голограммы составляют угол 41° .

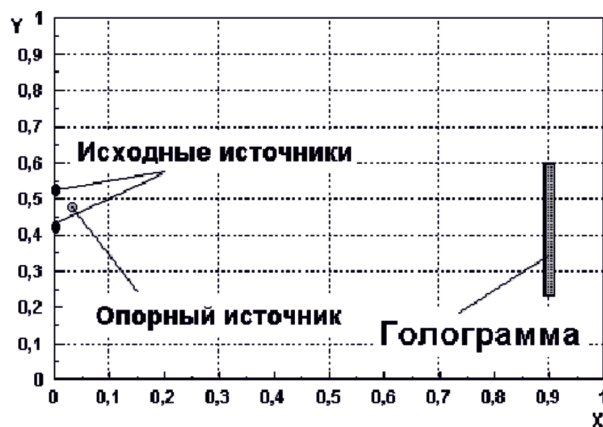


Рис. 1. Схема расположения двух локальных источников и опорного источника

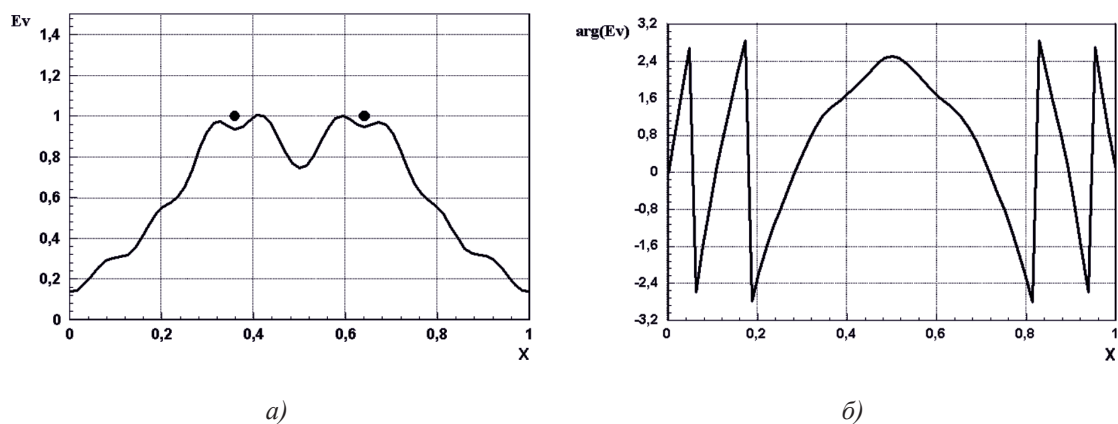


Рис. 2. Восстановление амплитудного (а) и фазового (б) распределения двух локальных источников

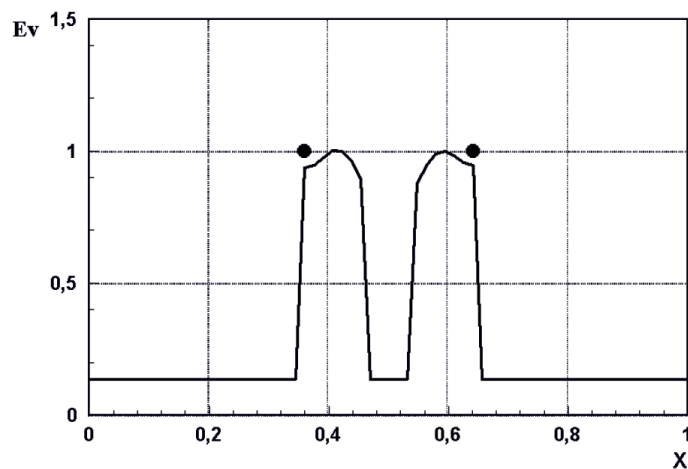


Рис. 3. Восстановление амплитудного распределения двух локальных источников при сканировании по области пространства, где расположены эти локальные источники

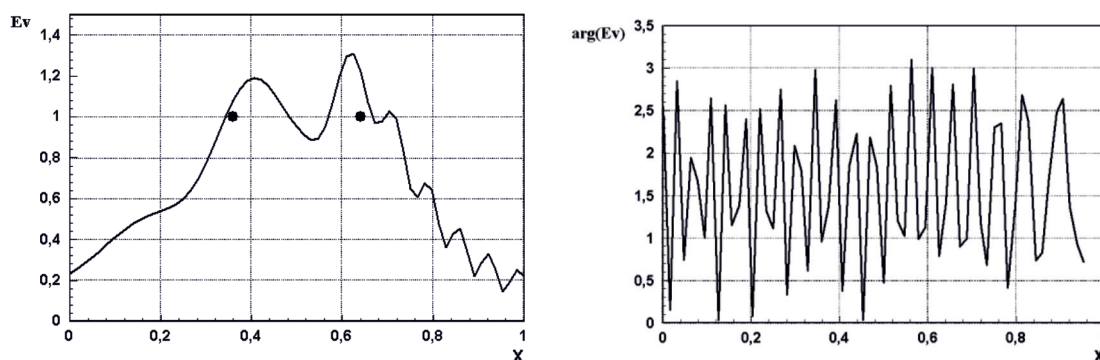


Рис. 4. Восстановление амплитудного распределения (а) и фазы (б), когда плоскость расположения источников и плоскость голограммы составляют угол 41°

Выводы

В работе на основании известной литературы построен алгоритм, на основании которого проведено восстановление нескольких независимых источников. Проведено исследование зависимости восстановления независимых источников от области сканирования. Расчет проводился с использованием метода опорного источника (голографический подход).

Список литературы

1. Кульнева Е.Ю. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Е.Ю. Кульнева, И.А. Гашенко // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 50.
2. Преображенский А.П. Построение радиолокационных изображений объектов / А.П. Преображенский, Ю.П. Хухрянский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 20-23.
3. Преображенский А.П. Оценка возможности выделения изотропных отражателей на поверхности объектов /

А.П. Преображенский // Информационные технологии моделирования и управления. 2005. № 3 (21). С. 463-468.

4. Преображенский А.П. Алгоритмы прогнозирования радиолокационных характеристик объектов при восстановлении радиолокационных изображений / А.П. Преображенский, О.Н. Чопоров // Системы управления и информационные технологии. 2004. Т. 17. № 5. С. 85-87.

5. Сафронов Г.С. Введение в радиоголографию / Г.С.Сафронов, А.П.Сафронова // М.: Сов. радио, 1973.

6. Вековищева К.В. Распознавание изображений сигналов, имеющих сложную форму / К.В. Вековищева, В.В. Костюченко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 1(16). С. 17.

7. Щербатых С.С. Применение методов обработки сигналов с помехами / С.С. Щербатых // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 241-242.

8. Stefanovic J. The technique of calculation the parameters of the electromagnetic the fields scattered by the body with complex form in the near zone / J. Stefanovic, E. Ruzitsky // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 2(17). С. 7.

9. Секушина С.А. О возможностях применения гибридизации в электродинамике / С.А. Секушина // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 234-235.