О ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАССЕЯНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Блохина Т.В.
Воронежский институт высоких технологий (394043, Воронеж, ул.Ленина, 73а) e-mail: BlohTat@yandex.ru

Одной из основных характеристик отражения радиоволн от объектов со сложной формой является локальный характер отражения. В данной работе проводится анализ восстановления радиолокационных изображений объектов на основе радиоголографического подхода. Объект представляется в виде совокупности элементарных отражателей, которыми считаются двумерные пластины (рассматривается фацетная модель объекта). Была определена зависимость ошибки восстановления координаты края пластины от ее размера при анализе радиолокационного изображения для определенной проекции наблюдения. Продемонстрирована возможность более точного восстановления краев пластин, представляющих собой изотропные источники, для случая, когда имеется априорная информации о границах той области, где находится объект, по сравнению со случаем, когда такой информации нет.

Ключевые слова: радиоголография, рассеяние радиоволн, восстановление изображений

ABOUT THE POSSIBILITY OF RECOVERY OF LOCAL SCATTERING SOURCES ON THE SURFACE OF OBJECTS WITH THE USE OF A PRIORI INFORMATION

Blokhina T.V. Voronezh Institute of high technologies (394043, Voronezh, Lenin str., 73a) e-mail: BlohTat@yandex.ru

One of the main characteristics of radio waves reflection from the objects with complex shape is the local nature of the reflection. In this work the analysis of the reconstruction of radar images of objects on the basis of radioholographic approach. Object is represented as a set of elementary reflectors, which are considered two-dimensional plate (the facet object model is concerned). The dependence of the error recovery coordinates the edge of the plate size was determined, at the analysis of a radar image for a particular projection of observation. The possibility of more precise restoration of the edges of the plates, representing an isotropic sources, is demonstrated for the case when the a priori information about the boundaries of the area where the object is compared with the case where no such information is given.

Keywords: radioholography, scattering of radio waves, restore images

Задачам и способам их решения, касающихся способов определения пространственной структуры объектов и получению их радиолокационных изображений по известному (зарегистрированному) амплитудно-фазовому распределению (АФР) посвящена обширная литература [1,4,8,9]. Актуальность проводимых исследований обусловлена необходимостью разработки новых и совершенствования известных методов восстановления объектов [2, 3].

Проведение проектирования и оценки эффективности современных радиолокационных средств трудно представить без априорного знания характеристик наблюдаемых объектов. Известно, что одной из главных особенностей отражения радиоволн является локальный характер отражения объектов. Одной из задач восстановления объектов является определение таких участков.

Целью данной работы является описание способа восстановления распределения поля на поверхности объектов с использованием информации о том, где они находятся, и проведение расчетов по восстановлению распределения поля на поверхности объектов.

При математическом моделировании объект представляют в виде множества жестко связанных отражателей, которые имеют постоянные параметры.

При использовании радиоголографического подхода, с учетом изменения структуры поля облучения в процессе измерений, расчет РЛИ можно провести следующим образом [7]:

$$E_n(x_s, y_s) = \sum_{n=1}^{N} E_n(\varphi) \exp(-2jk\sqrt{(x_s - x_n)^2 + (y_s - y_n)^2}), \qquad (1)$$

где k-постоянная распространения, $E_n(\varphi)$ - поле в дальней зоне от n-го отражателя, $x_n = R\cos\varphi$, $y_n = R\sin\varphi$ – координаты точки наблюдения, R- расстояние до объекта, удовлетворяющее условию дальней зоны $R \gg \lambda$, где λ - длина электромагнитной волны, φ – угол наблюдения.

При решении обратной задачи, то есть восстановления положения отражателей, применяем такую корреляционную сумму

$$E^{\text{âîññò}}(x_1, y_1) = \sum_{\varphi=\varphi_0}^{\varphi_1} E_s(x(\varphi), y(\varphi)) \frac{\exp(+2jk\sqrt{(x_s - x_n)^2 + (y_s - y_n)^2})}{\sqrt{(x_s - x_n)^2 + (y_s - y_n)^2}}, \qquad (2)$$

где x_1, y_1 – координаты отсчетов восстановленного изображения, φ_0, φ_1 – определяют границы сектора углов наблюдения.

На базе корреляционного алгоритма (1)-(2) строится алгоритм восстановления, использующий регуляризирующий оператор [7,9].

Пусть N_φ – число точек наблюдения, N_s – число отсчетов восстановленного изображения.

Записывается АФР для каждой точки восстанавливаемого изображения m в зависимости от угла φ_p (точка наблюдения)

$$A_{p,m} = \frac{\exp(-2jk\sqrt{(R\cos(\varphi_p) - x_m)^2 + (R\sin(\varphi_p) - y_m)^2})}{\sqrt{(R\cos(\varphi_p) - x_m)^2 + (R\sin(\varphi_p) - y_m)^2}} f(m), \qquad (3)$$

где $p=1..N_\varphi$, $m=1..N_s$,

$$f(m)=\begin{cases}1, \textit{где объект есть (априорная информация)}\\ 0, \textit{где объекта нет}\end{cases}. \quad (3.1)$$

Происходит построение обобщенной матрицы системы линейных уравнений [7]

$$\overline{A}=\begin{cases}(A^*)^{\grave{O}}(A(A^*)^{\grave{O}}+\delta)^{-1}, N_s > N_\varphi\\ (A(A^*)^{\grave{O}}+\delta)^{-1}(A^*)^{\grave{O}}, N_s < N_\varphi\end{cases}, \quad (5)$$

где δ - параметр регуляризации. Параметр регуляризации $\delta=10^{-9}$.

Далее происходит определение восстанавливаемого изображения

$$J = \overline{A}\, E_{s1}, \quad (5)$$

где $E_{s1} = E_s(E_p, y_p)$.

С использованием алгоритмов проводилось восстановление распределения поля на поверхности некоторых элементарных отражателей.

В качестве элементарных отражателей рассматривались двумерные пластины, которые были повернуты на определенный угол (рис.1). Размеры пластин $2a_1=7\lambda$, $2a_2=6\lambda$.

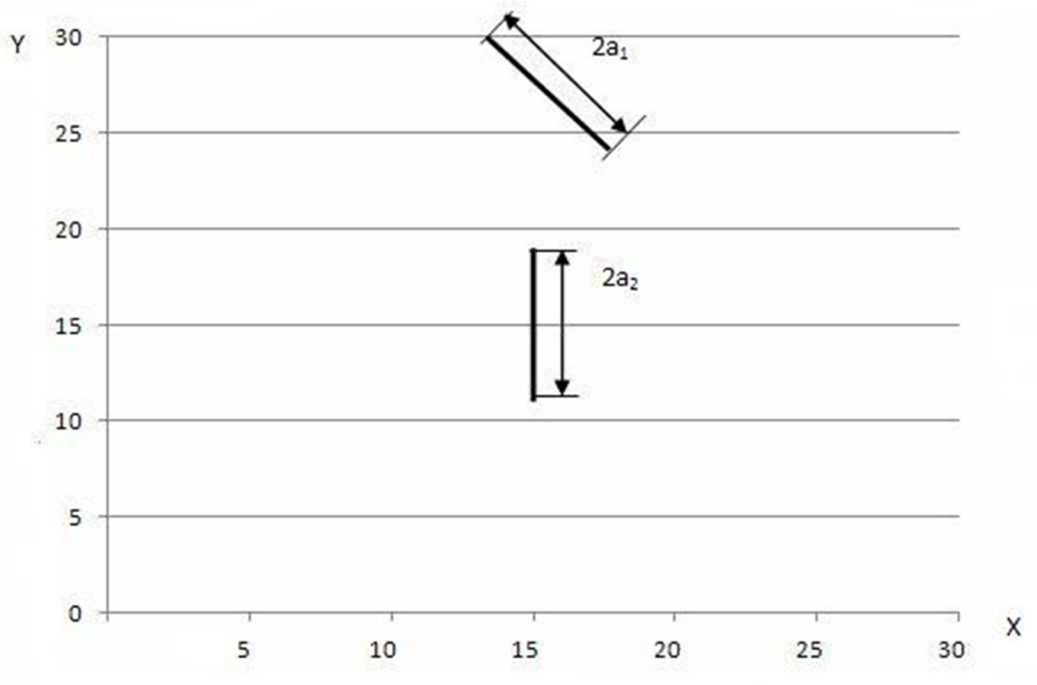

Рис.1 Схема дифракции электромагнитных волн на двух пластинах

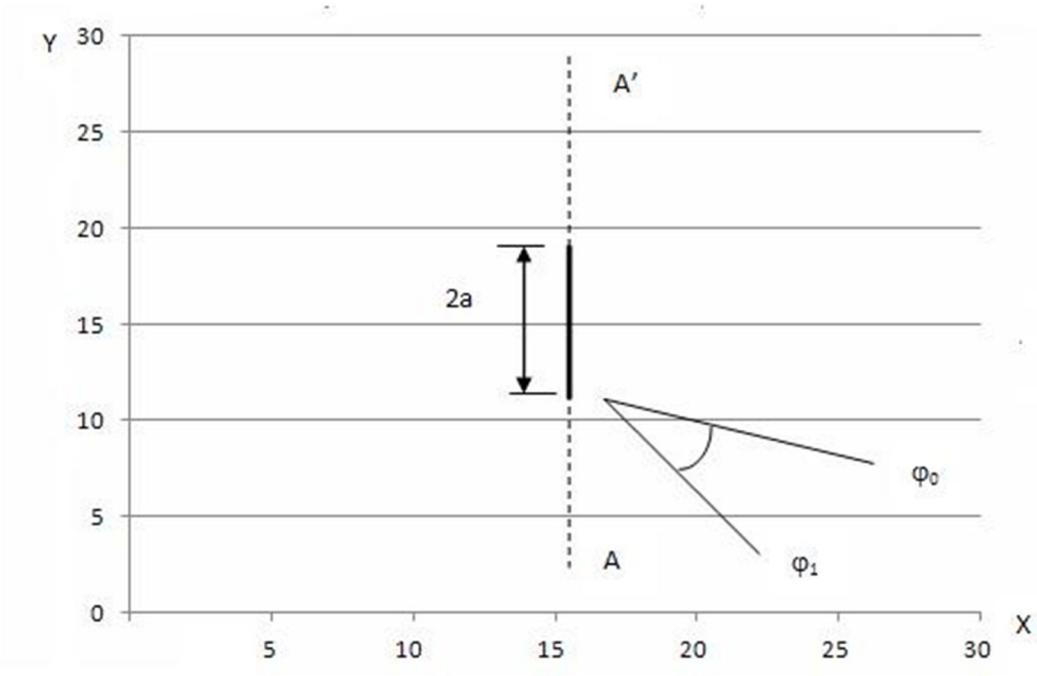

Рис.2 Схема дифракции электромагнитных волн на одной пластине

Расчет рассеянного электромагнитного поля для пластин проводился на основе комбинации метода физической оптики и метода краевых волн [5].

На рис.2 приведены результаты восстановления двумерной пластины, наблюдение ведется для углов, далеких от зеркального отражения волн. Восстанавливается край пластины, который в данном случае является изотропным источником (рис.2).

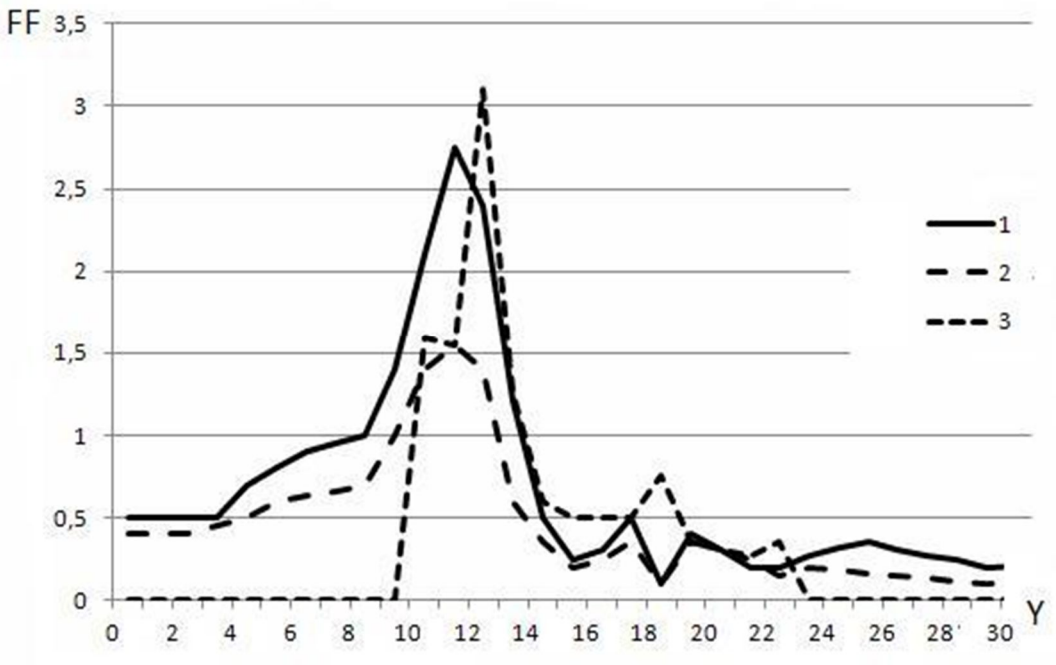

Рис.3 Результаты восстановления пластины, изображенной на рис.2

Проводился анализ точности восстановления края пластин путем сравнения результатов, полученных на основании алгоритма (1)-(2), (3)-(5) для f(m) – приведенной в (3.1) и f(m)=1.

Была установлена зависимость ошибки восстановления координаты края пластины от ее размера. Рассматривалось сечение A-A’ (рис.1). Для f(m)=1 расчетов в рамках приведенного выше алгоритма показывают, что ошибка не равна 0. Для f(m), приведенной в (3.1) ошибка дается зависимостью, приведенной на рис.4. Видно, что с увеличением размера пластин ошибка уменьшается.

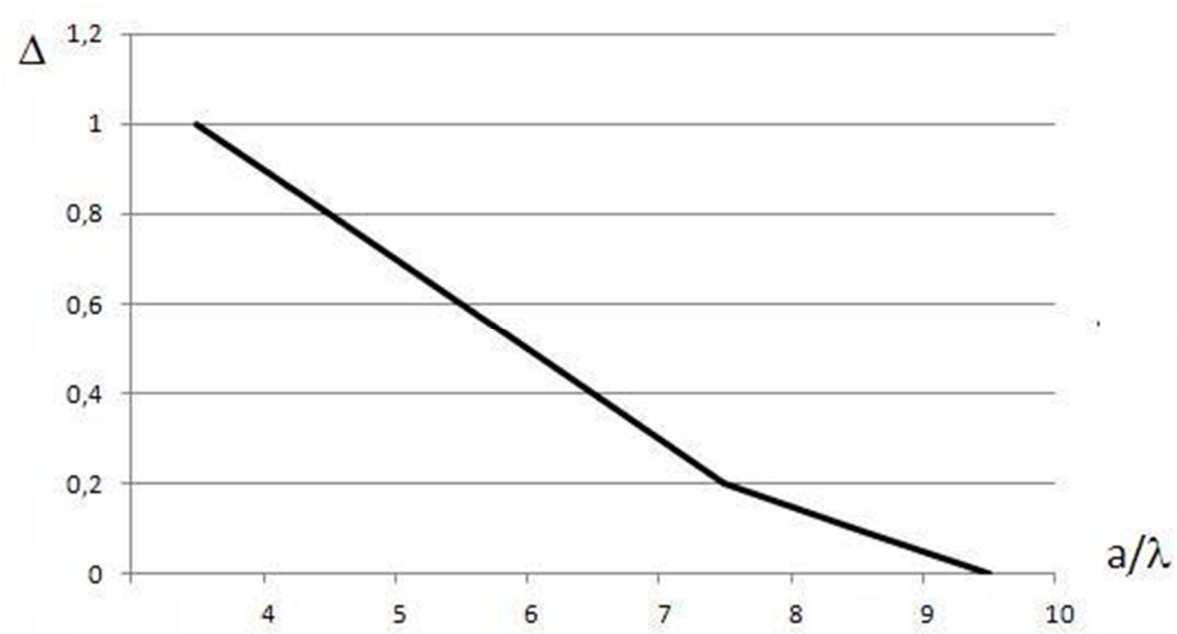

Рис.4 Зависимость ошибки восстановления координат пластины от ее пластины от ее размера a.

Зависимость ошибки восстановления распределения поля от размера пластины, приведенная на рис.4, оказывается одинаковой как для одиночной пластины, так и для двух пластин.

Было установлено, что для определения координат краев пластины без ошибки достаточно использовать функцию f(m) в виде

$$f(m)=\begin{cases} 1, \textit{объект} \pm 3\lambda\ (\textit{см.рис.}\ 5) \\ 0, \textit{в противном случае} \end{cases}, \quad (3.2)$$

то есть, не столь жесткое условие, как (3.1).

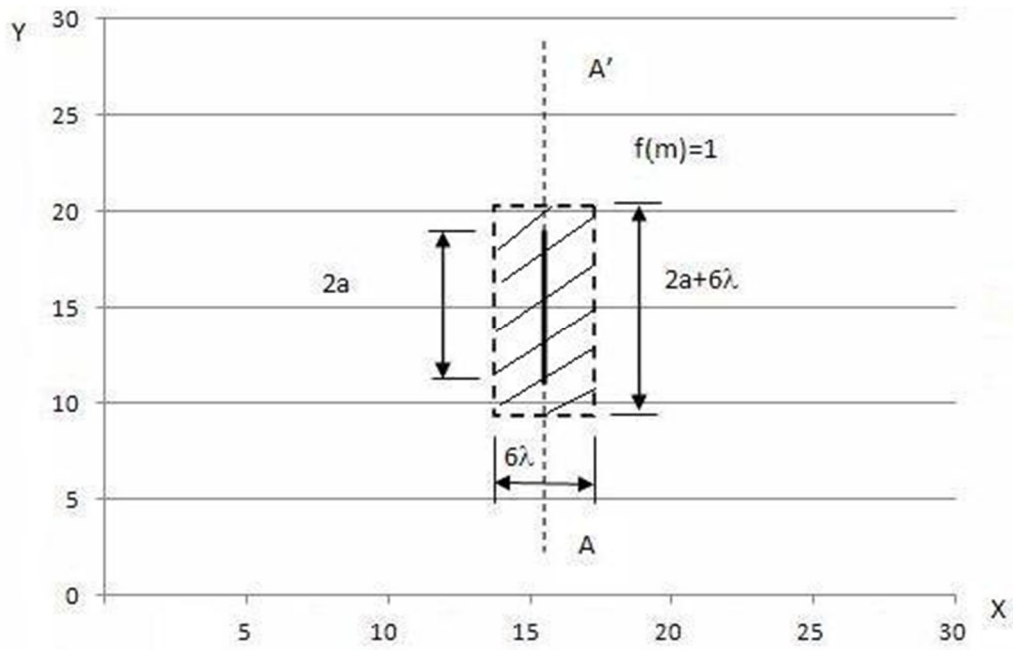

Рис.5.Область, где f(m)≠0 – заштрихованная область.

Таким образом, имея некоторую априорную информацию о приблизительном положении объекта, мы далее мы можем уточнить его действительное расположение.

Результаты работы могут быть полезны при построении систем проектирования объектов с необходимыми свойствами [6, 10].

Библиография

1. Баранов А.В.О решении обратных электродинамических задач / А.В. Баранов //Вестник ВИВТ 10, 2013, с. 133-137.

2. Винюков М.С.Проблемы распространения радиоволн в пространстве/ М.С.Винюков //Вестник ВИВТ 10, 2013, с. 66-70

3. Горбенко О.Н.Проблемы измерения характеристик рассеяния электромагнитных волн / Вестник ВИВТ 10, 2013, с. 298-303.

4. Косилов А.Т.Восстановление радиолокационных изображений объектов с использованием методов радиоголографии / А.Т.Косилов, А.П.Преображенский / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 79-81.

5. Косилов А.Т. Методы расчета радиолокационных характеристик объектов / Косилов А.Т., Преображенский А.П. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 68-71.

6. Львович Я.Е. Решение задач оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн на дифракционных структурах при их проектировании / Я.Е.Львович, И.Я.Львович,

А.П.Преображенский /Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 255-256.

7. Преображенский А.П. Моделирование и алгоритмизация анализа дифракционных структур в САПР радиолокационных антенн. Монография/ А.П.Преображенский // Воронеж, Издательство Научная книга, 2007 – 248 с.

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

9. Стрельцов О.В. Анализ особенностей прогнозирования характеристик электромагнитных волн / О.В. Стрельцов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 1. С. 10.

10. Preobrazhenskiy A.P.On the possibility to determine shape of object in vicinity of recovery of local reflectors on its surface from backward scattering diagrams / A.P. Preobrazhenskiy //Telecommunications and Radio Engineering. 2004. T. 62. № 7. C. 665-672.

*Настоящим письмом гарантируем, что размещение научной статьи «О возможности восстановления картины распределения поля на поверхности объектов с использованием априорной информации», Блохиной Татьяны Витальевны в журнале «*EUROPEAN STUDENT SCIENTIFIC JOURNAL*» не нарушает ничьих авторских прав. Автор передает на неограниченный срок учредителю журнала неисключительные права на использование научной статьи путем размещения полнотекстовых сетевых версий номеров на Интернет-сайте журнала.*

Автор несет ответственность за неправомерное использование в научной статье объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права в полном объеме в соответствии с действующим международным законодательством.

Автор подтверждает, что направляемая статья нигде ранее не была опубликована, не направлялась и не будет направляться для опубликования в другие научные издания.

*Также удостоверяем, что автор согласен с правилами подготовки рукописи к изданию, утвержденными редакцией журнала «*EUROPEAN STUDENT SCIENTIFIC JOURNAL*» и размещенными на официальном сайте журнала.*

Автор Блохина Татьяна Витальевна