

# WAVE BISTATIC SENSING WITH CIRCULAR SCANNING

Sukhanov D. Ya., Zavyalova K. V.  
Tomsk State University  
Lenina av. 36, Tomsk, 634050, Russia  
Ph.: (3822) 412583, e-mail: sdy@mail.tsu.ru

**Abstract** — It is proposed the method for remote sensing of the wave on the basis of bistatic circular scanning plane. Due to the scanning of coordinates angular of the emitter and receiver is carried out a two-dimensional measurement of the wave field, which in combination with the use of ultra-wideband of the probing signals allows to restore the three-dimensional radio images. The experimental setup is developed which allows to exercise independent bistatic circular positioning.

## ВОЛНОВОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ С БИСТАТИЧЕСКИМ КРУГОВЫМ СКАНИРОВАНИЕМ

Суханов Д. Я., Завьялова К. В.  
Томский государственный университет  
пр. Ленина, 36, г. Томск, 634050, Россия  
тел.: (3822) 412583, e-mail: sdy@mail.tsu.ru

**Аннотация** — Предлагается метод дистанционного волнового зондирования на основе бистатического кругового сканирования в плоскости. За счёт сканирования по угловым координатам излучателя и приёмника осуществляется двумерное измерение волнового поля, что в сочетании с применением сверхширокополосных зондирующих сигналов позволит восстанавливать трёхмерные радиоизображения. Разработана экспериментальная установка, позволяющая осуществлять независимое бистатическое круговое позиционирование.

### I. Введение

Принципы локационной волновой томографии во многом схожи для радиоволновых и ультразвуковых зондирующих систем. Для получения трёхмерных томографических изображений необходимо осуществлять трёхмерные измерения. Например, осуществлять волновое зондирование из различных точек на плоской поверхности применяя сверхширокополосные сигналы. Разрешение в плоскости сканирования достигается за счёт синтеза большой апертуры [1], а разрешение по дальности за счёт широкой полосы зондирующих сигналов. Сканирование на плоскости с применением совмещённого приёмопередатчика требует значительного времени. Для ускорения измерений целесообразно применять решётки приёмных элементов, однако создание заполненной двумерной решётки является достаточно дорогостоящей и технически сложной задачей. Мультистатическое зондирование [2] на основе решёток излучателей и приёмников позволяет сократить количество элементов за счёт локационных измерений в различных комбинациях излучателей и приёмников. Существуют решения на основе скрещённых линейных решёток излучателей и приёмников [3] или равномерно распределённых на плоскости.

Предлагается рассмотреть мультистатическую зондирующую систему на основе соосных кольцевых решёток излучателей и приёмников. Эквивалентом применения кольцевых решёток является круговое независимое бистатическое сканирование излучателем и приёмником.

### II. Основная часть

Рассмотрим бистатическую схему зондирования на основе кругового сканирования излучателем и приёмником (рис.1).

Излучатель закреплён на вращающемся стержне, который присоединён к вращающейся оси, управляемой шаговым двигателем. Приёмная антенна закреплена аналогичным образом, но на независимо

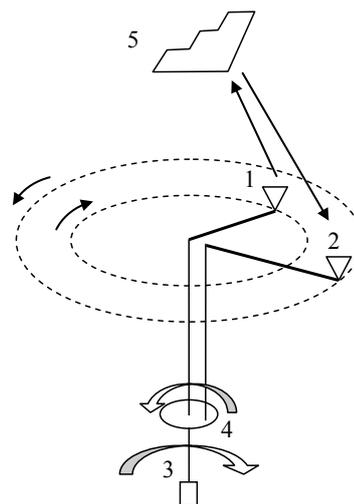


Рис. 1. Схема измерений (1 – излучающая антенна; 2 – приёмная антенна; 3 – двигатель позиционирования излучателя; 4 – двигатель позиционирования приёмника; 5 – исследуемый объект).

Fig. 1. Measurementscheme (1 – sourceantenna, 2 – receiving antenna, 3 – source antenna positioning motor, 3 – receiver antenna positioning motor; 5 – investigating object)

вращающемся диске, управляемом другим шаговым двигателем. Таким образом, возможно осуществление сканирования в произвольных комбинациях положений излучателя и приёмника. В результате тестовый объект облучается с различных сторон, что должно позволить получить достаточно информации для восстановления изображения объекта.

Данная система была смоделирована численно для ультразвукового зондирования в воздухе на частотах от 37 до 43 кГц. На рис.2 представлена схема размещения излучающих (внутреннее кольцо) и приёмных элементов (внешнее кольцо). Моделируемый

рассеивающий объект в виде ступенчатого многоугольника с размером ступеньки 5 см был размещён на дальности 42 см.

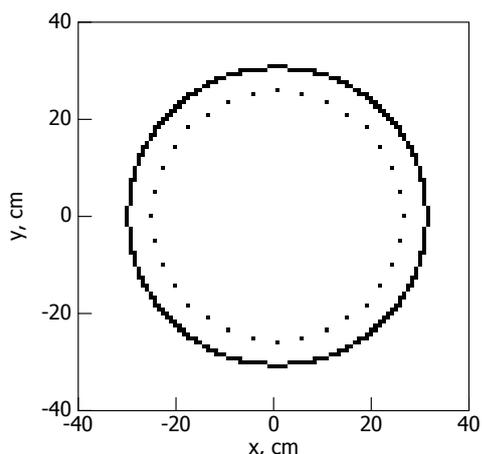


Рис. 2. Размещение излучателей и приёмников.  
Fig. 2. Placement of sources and receivers

Прямая задача решалась в приближении однократного рассеяния для каждой частоты зондирования. С помощью обработки результатов моделирования методом пространственно - согласованной фильтрации [1] было восстановлено изображение объекта (рис.3).

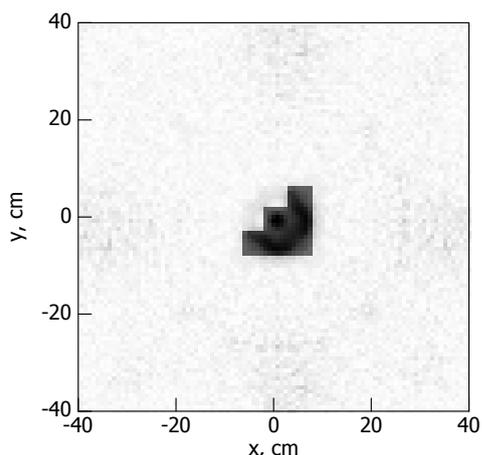


Рис. 3. Восстановленное изображение объекта по результатам численного моделирования.  
Fig. 3. Reconstructed image of object obtained by processing of numerical model

Объект отчётливо визуализируется без артефактов, что говорит о достаточности информации, получаемой при бистатическом круговом зондировании для восстановления изображений объектов.

Для экспериментальной проверки предложенного метода зондирования была разработана установка представленная на рис.4. Условия проведения эксперимента совпадали с условиями численного моделирования. В качестве излучателя и приёмника использовались ультразвуковые датчики МА40S4/R. В результате обработки данных эксперимента было восстановлено изображение тестового объекта (рис. 5). Визуализирована только центральная область вследствие узкой диаграммы направленности ультразвуковых датчиков.



Рис. 4. Фотография экспериментальной установки.  
Fig. 4. Photo of the experimental setup

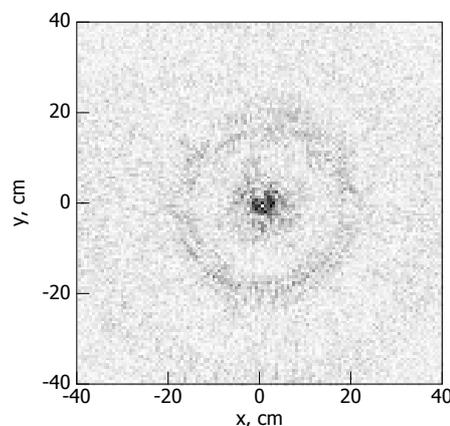


Рис. 5. Восстановленное изображение тестового объекта по экспериментальным данным.  
Fig. 5. Reconstructed image of the test object using the experimental data

### III. Заключение

Предложен метод восстановления трёхмерных радиоизображений объектов, с помощью бистатической круговой схемы зондирования. Экспериментально показана возможность применения данного метода на ультразвуковых волнах в воздухе.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания №3.694.2014/К и программы повышения конкурентоспособности Томского государственного университета.

### IV. References

- [1] Yakubov V.P., Sukhanov D.Ya., Sklarczyk K.G., Pinchuk R.V., Bulavinov A.N., Bevetkii A.D. Radio-wave tomography of hidden objects for safety systems. *Russian Physics Journal*, 2008, vol. 51. No 10. pp. 1064-1082.
- [2] Krieger G. MIMO-SAR: Opportunities and Pitfalls. *Geoscience and Remote Sensing*, IEEE Transactions on, 2014, Vol. 52. – No 5. – pp. 2628 – 2644.
- [3] Sukhanov D. Ya., Latipova L.M. Ultrazvukovidenie v vozduхе s primeneniem krestovidnoy matrici ultrazvukovih izluchateley i priemnikov [Ultrasonic vision in air using cross placed arrays of ultrasonic sources and receivers]. *Izvestia vuzov. Fizika*, 2013, vol. 56 No 8/2. pp. 145-148.