

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.8+620.179

О ЧИСЛЕННОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ В АКУСТИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАФИИ

Бадалян В. Г., Базулин Е. Г.

В ряде практических приложений акустической голографии весьма полезным является численное восстановление изображения рассеивателей в ближней зоне приемной апертуры с высокой поперечной и продольной разрешающей способностью по всей восстанавливаемой области. Обычно при численном восстановлении координат рассеивателей по результатам измерения акустического поля в приемной плоскости пользуются параксиальным приближением [1, 2]. Этот метод применим тогда, когда угловые размеры голограммы для любой точки плоскости рассеивателей много меньше единицы. При этом поперечное разрешение восстановленного изображения с одной голограммы может достигать значения двух длин волн в его центре и падает при удалении от центра. Для продольной разрешающей способности R_z справедливо неравенство $R_z > \lambda z^2 / (z\lambda + L^2)$, где z — расстояние между плоскостями приема и восстановления; L — максимальный размер приемной апертуры; λ — длина акустической волны. Если учесть, что параксиальное приближение применимо при $z/L \gg 1$, то получим, что продольная разрешающая способность много больше длины волны.

В настоящем сообщении рассмотрен метод численного восстановления источников излучения в ближней зоне приемной апертуры, в котором используется априорная информация о поле эталонного источника с известными координатами.

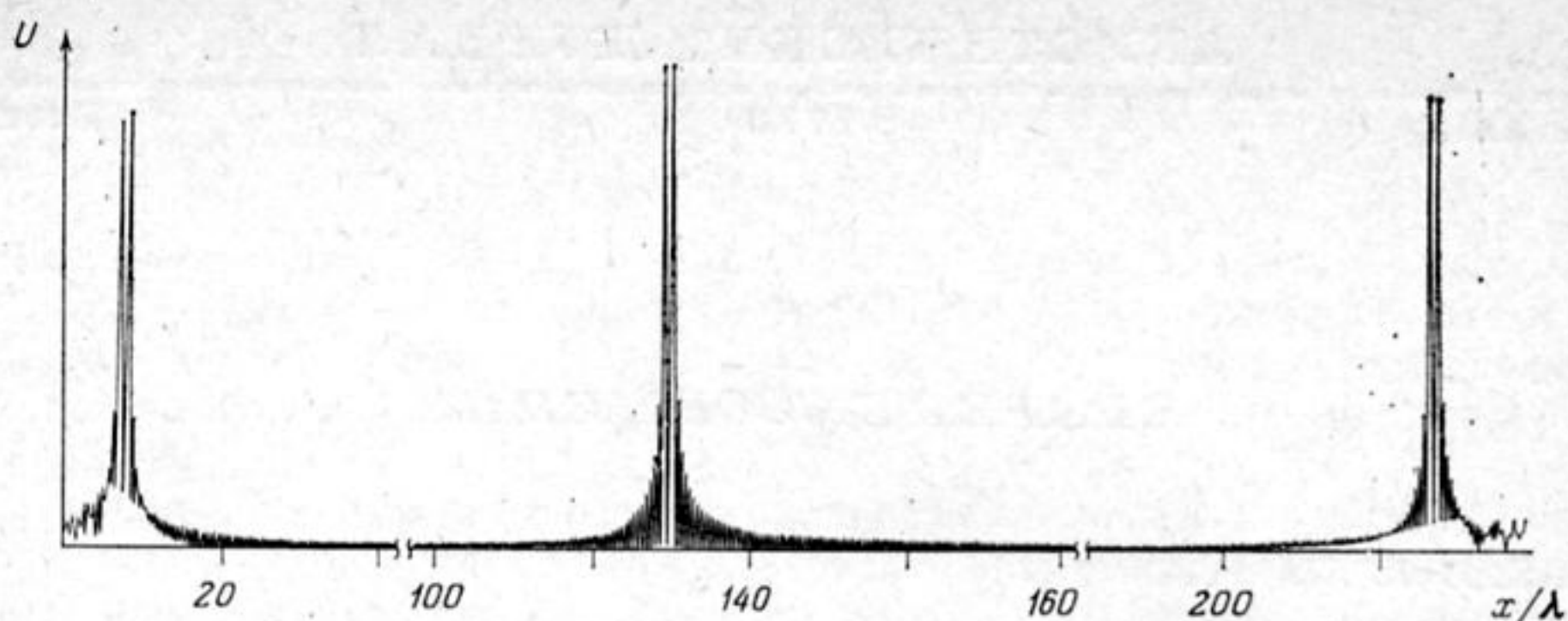
Если в плоскости приема $(x, y, 0)$ измерено поле $H(x, y, 0)$, соответствующее излучению гармонических акустических распределенных источников с комплексной амплитудой $U(x, y, z_0)$, и измерено или вычислено поле $H_0(x, y, 0)$ от эталонного источника с координатами (x_0, y_0, z_0) , то можно восстановить изображение неизвестных источников по формуле $U(x-x_0, y-y_0, z_0) = F^{-1}(F(H)/F(H_0))$. Здесь F, F^{-1} — операторы прямого и обратного преобразования Фурье. Указанное соотношение получено для случая бесконечной приемной апертуры, единичной амплитуды излучения эталонного источника, при одинаковых условиях распространения поля из любой точки плоскости рассеивателей до плоскости голограммы и одинаковом характере излучения каждого источника. Анализ его показывает, что предельная поперечная разрешающая способность равна $\lambda/2$. Продольную разрешающую способность можно определить из анализа зависимости максимальной амплитуды восстановительного источника $U_0(\Delta z)$ от величины Δz , равной расстоянию между плоскостями, в которых располагаются эталонный и искомый источники акустических колебаний:

$$U_0(\Delta z) = \left| \int_{-2\pi/\lambda}^{2\pi/\lambda} \exp[i\Delta z \sqrt{(2\pi/\lambda)^2 - k^2}] dk \right|.$$

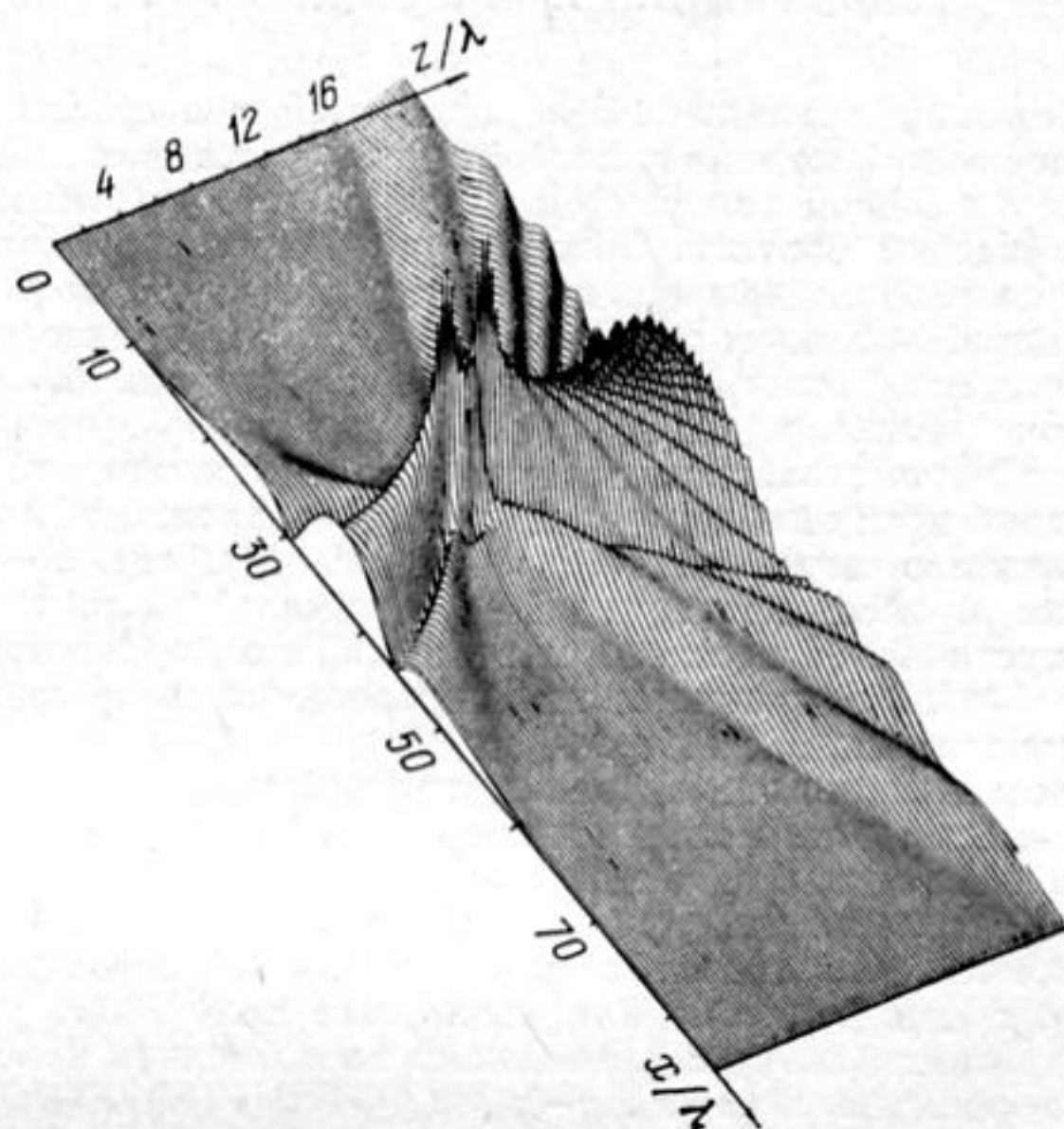
Определяя продольную разрешающую способность R_z как расстояние между двумя источниками, восстановленные амплитуды которых имеют 30%-ный провал между максимумами, получим $R_z = 2\lambda$.

Было проведено численное моделирование восстановления источников сферических волн по предварительно рассчитанным одномерным голограммам в однородном пространстве. На фиг. 1 приведены результаты восстановления шести источников с одинаковой амплитудой излучения, расположенных в ближней зоне апертуры голограммы (ось X) длиной 256λ с шагом дискретизации $\lambda/4$. Все источники находились на расстоянии 4λ от линии голограммы. При восстановлении третий слева источник считался эталонным. Видно, что поперечная разрешающая способность здесь не хуже λ и одинакова по всей области восстановления, равной 256λ . На фиг. 2 представлен результат восстановления двух источников, имеющих одинаковые координаты по оси X и находящихся на расстоянии 2λ друг от друга по оси Z . Проводилось восстановление амплитуды искомого источника при заданном положении эталонного источника, которое менялось на 20λ по оси Z с шагом $\lambda/4$.

Рассмотренный метод, в отличие от других методов, позволяющих восстановить по голограмме изображение рассеивателей в ближнем поле [3, 4], дает возможность исключить априорную информацию об условиях распространения акустических



Фиг. 1. Результат восстановления шести источников сферических волн, находящихся на расстоянии 4λ от предварительно рассчитанной голограммы



Фиг. 2. Результат восстановления двух источников сферических волн, расстояние между которыми 2λ по оси Z , по предварительно рассчитанной голограмме

волн в среде путем непосредственного предварительного измерения акустического поля от эталонного источника в отсутствие искомым излучателей или рассеивателей. Применение этого метода возможно в дефектоскопии для визуализации неоднородностей, расположенных близко к поверхности изделия, и особенно плоских дефектов в слоистых материалах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аоки. Оптическое и цифровое восстановление изображения по акустическим голограммам.— Зарубежная радиоэлектроника, 1971, № 10, с. 82–94.
2. Kutzner J., Wüstenberg H., Erhard A. Beitrag zur Problematik der numerischen Rekonstruktion von Ultraschallhologrammen in zerstörungsfreier Materialprüfung.— Materialprüfung, 1980, v. 22, № 7, p. 295–298.
3. Hildebrand B. P., Doctor S. R. Acoustical Holography advancements. Opt. Engin., 1980, v. 19, № 5, p. 705–710.
4. Williams E. G., Mayhard J. D. Holographic imaging without the wavelength resolution limit.— Phys. rev. letters., 1980, v. 45, № 7, p. 554–557.

Акустический институт
им. Н. Н. Андреева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
23.VII.1981