

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ  
АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**

О.В. Булгакова, Ю.В. Шульгина, Е.М. Шульгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [illoisa@mail.ru](mailto:illoisa@mail.ru)

**MATHEMATICAL MODELING OF THE LINEAR PHASED ARRAY APPLICATION FOR  
BREAST CANCER DIAGNOSIS**

O.V. Bulgakova, J.V. Shul'gina, E.M. Shul'gin, A.I. Soldatov

Scientific Supervisors: Prof., Dr. A.I. Soldatov

Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [illoisa@mail.ru](mailto:illoisa@mail.ru)

***Abstract.** The paper presents a method of SPA. The article shows the processing algorithm of data, which is obtained from phased arrays. The possibility of using SPA method for the breast cancer diagnosis is shown. Processing results in the Math Lab package are present.*

На настоящее время рак груди всё ещё является самым частым заболеванием у женщин. Вследствие этого заболевания по-прежнему умирает примерно 20 000 пациенток в год [1]. Ранняя диагностика важна, поскольку шансы на лечение и выздоровление тем больше, чем меньше по размеру опухоль на момент её обнаружения. Определяемая на ощупь опухоль, как правило, уже имеет размер примерно 2-3 см. В настоящий момент для диагностики, помимо маммологии, активно применяется ультразвуковое исследование молочной железы. Существующие устройства имеют один излучатель и один приемник, что делает снятие точных характеристик новообразования достаточно трудоемким процессом. Для упрощения снятия характеристик удобнее всего использовать фазированные антенные решетки (ФАР). Однако у устройств на основе ФАР сейчас существует серьезный недостаток – высокая цена, связанная с необходимостью использовать мощные процессоры для быстрой обработки полученных данных. Решить эту проблему способны программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), их применение позволит существенно сократить время обработки и вывода результатов.

Для реализации устройства был выбран метод тактированной фазированной решетки или SPA (Sampling phased array), разработанный во Фраунгоферовском институте неразрушающих методов контроля (Германия). Суть этого метода заключается в поочередном возбуждении элементов антенной решетки и параллельном приеме всеми элементами отраженных сигналов [2]. Для пояснения работы метода необходимо привести схематическое изображение принципа работы метода SPA.

Для начала исследуемая область условно разбивается на минимально необходимое число точек, под выбранное разрешение строится программа обработки. Для получения данных необходимо, чтобы в

одном положении был пройден полный цикл приема-передачи. Все элементы решетки излучают по очереди, при этом в каждом такте все элементы принимают сигналы.

Обработка полученных данных происходит согласно алгоритму, приведенному на рис. 1.

Расчет времени прохождения пути лучом происходит по следующим формулам:

$$L = L_1 + L_2$$

$$L_1 = \sqrt{y^2 + x_1^2}$$

$$L_2 = \sqrt{y^2 + x_2^2}$$

где  $L_1$  – путь луча от источника до точки,  $L_2$  – путь луча от точки до приемника,  $y$  – глубина расположения точки,  $x_1$  – расстояние от излучателя до точки по горизонтальной оси,  $x_2$  – расстояние от точки до приемника по горизонтальной оси.

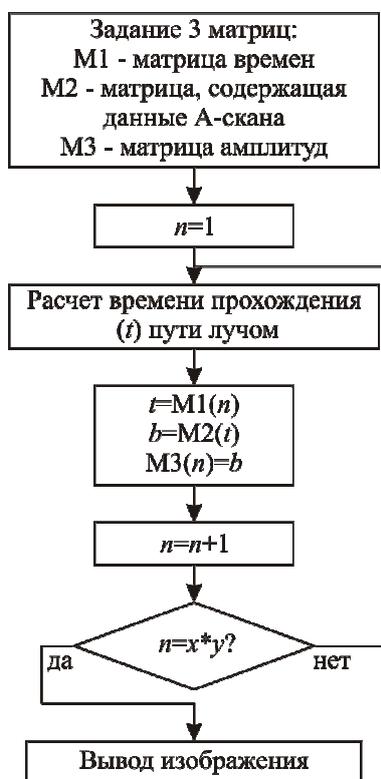


Рис. 1. Алгоритм работы программы

Визуально принцип работы метода состоит в следующем:

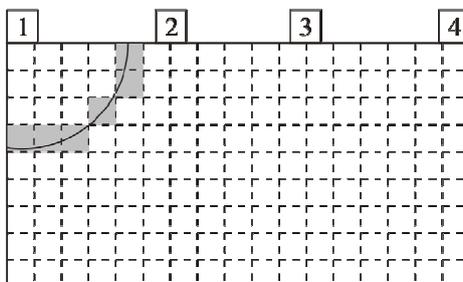


Рис. 2. Получение изображения участка с измененной плотностью при работе 1 канала

При однократном излучении определить геометрические размеры неоднородности не представляется возможным, так как в этом случае будет выявлено только расстояние до участка с измененной

плотностью (см. рис. 2.). В определении точного места положения неоднородности и ее геометрических размеров помогут следующие циклы приема-передачи ультразвуковых волн (см. рис. 3).

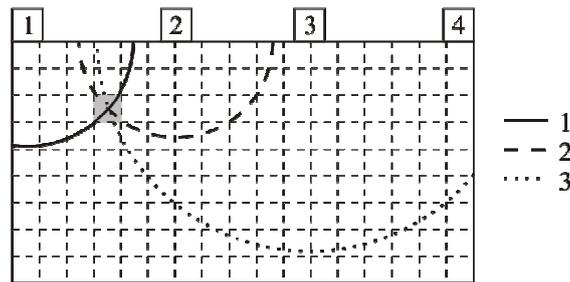


Рис. 3. Получение изображения участка с измененной плотностью при работе 3 каналов

С увеличением количества приемников и излучателей увеличивается точность нахождения положения и формы участка, отличного от нормального состояния.

Следуя приведенному выше алгоритму, была составлена программа для моделирования обработки данных с пакета Math Lab. Рассматривался случай с 5 излучающими датчиками. В качестве обрабатываемых данных взяты реальные А-сканы.

В результате моделирования было получено следующее изображение:

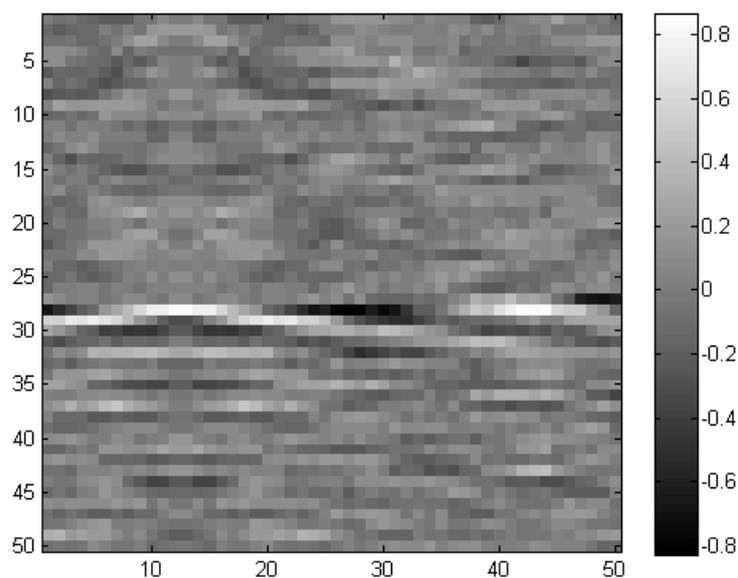


Рис. 4. Результат математического моделирования при наличии неоднородности в исследуемом объеме

По изображению очевидно, что примерно в середине исследуемого объема присутствует область с измененной плотностью.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кваша Е.А., Харьков Т.Л. Статистико-демографический анализ смертности от рака молочной железы в России // Вопросы статистики. – 2006. – № 8. – С. 25–33.
2. Асочаков А.С. Метод обработки ультразвукового сигнала фазированной антенной решетки // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: Труды V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Томск, 2015. – Т. 1. – С. 230–233.