



24-я научная конференция по радиофизике

Секция Акустики,
Нижний Новгород май 2020 г.



ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС С ГРАФИЧЕСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СДВИГОВЫХ ВОЛН В МЯГКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ

Лисин А.А., Калинин Е.М.

*Нижегородский государственный университет им. Н.И.
Лобачевского, Радиофизический факультет, кафедра
Акустики.*



Для численного моделирования распространения сдвиговых волн в

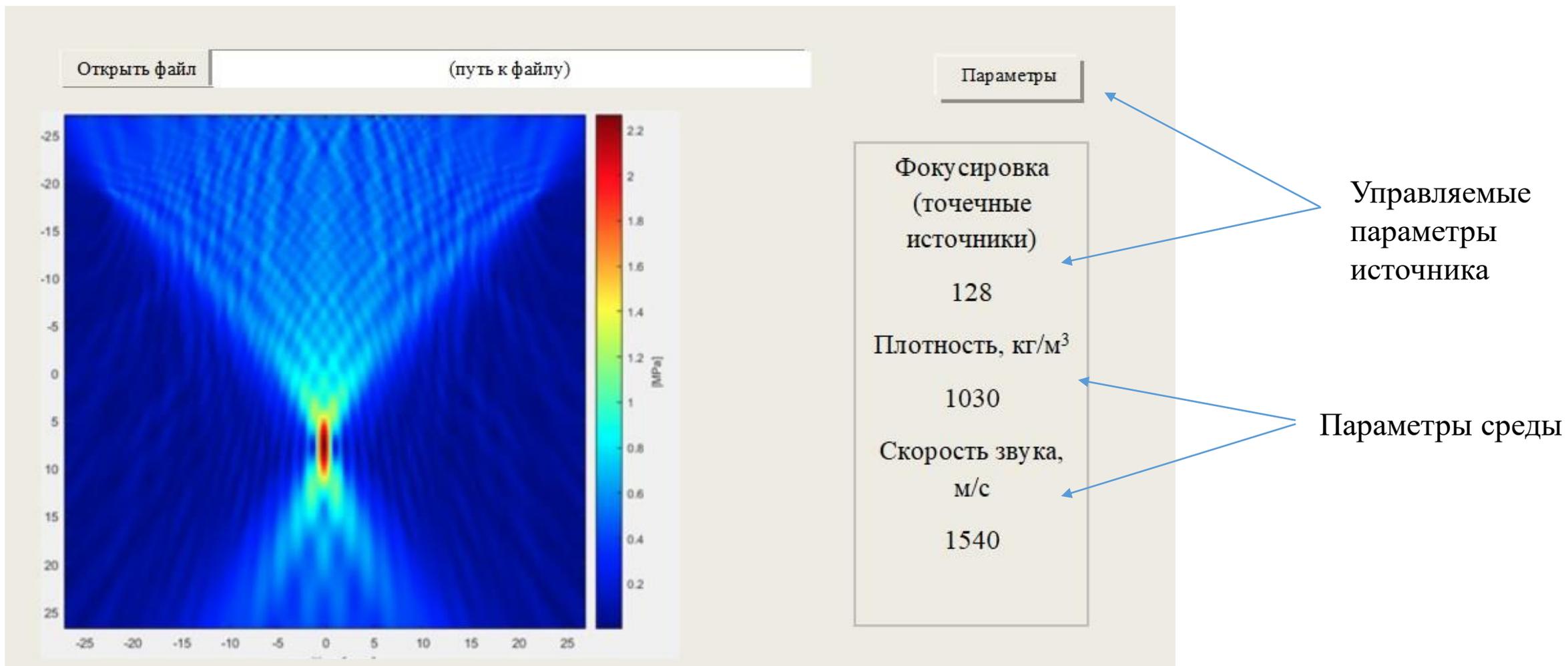
мягких биологических тканях был использован **k-Wave** – программный пакет(toolbox) для среды MATLAB. Данный пакет хорошо оптимизирован для обработка математических операций с матрицами, что является большим преимуществом при симуляции 2D, и особенно 3D пространства. Пакет k-Wave позволяет моделировать произвольную среду распространения, которая может быть настроена в зависимости от необходимых параметров, таких как скорость звука и плотность.

В основе алгоритма численного моделирования лежит современная численная модель, которая может учитывать как линейное, так и нелинейное распространение волн, произвольное распределение параметров гетерогенных материалов и акустическое поглощение степенного закона.

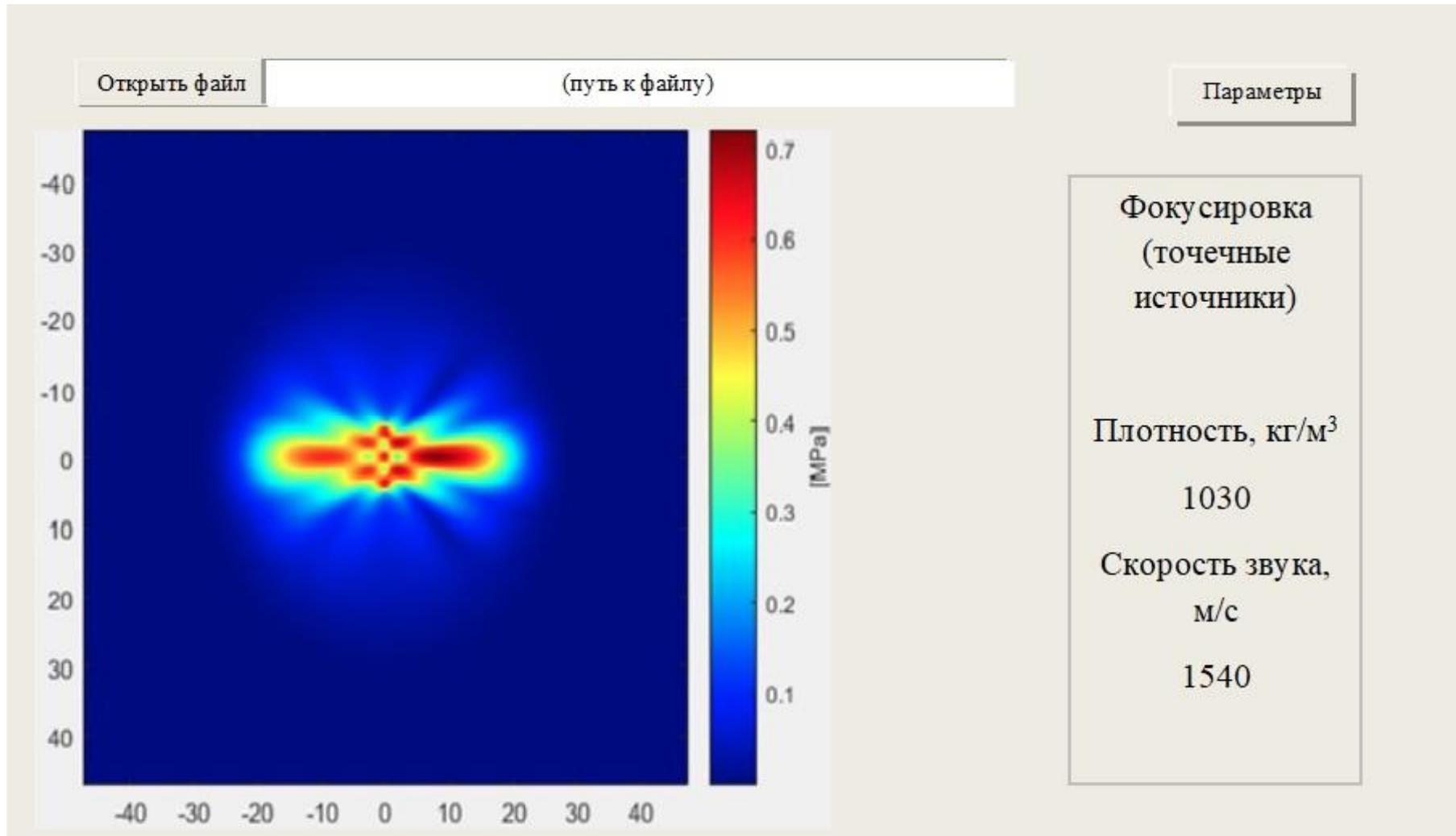
Численная модель основана на решении трех связанных уравнений в частных производных первого порядка, которые эквивалентны обобщенной форме уравнению Вестервельта.

$$\frac{\partial^2 p}{\partial \tau \partial z} = \frac{c_0}{2} \Delta p + \frac{\beta}{2\rho_0 c_0^3} \frac{\partial^2 p^2}{\partial \tau^2}, \quad \tau = t - z/c_0, \quad \begin{array}{l} z - \text{направление вдоль оси пучка} \\ \beta - \text{коэффициент нелинейности} \end{array}$$

Уравнение решается с использованием псевдоспектрального метода k-пространства, где пространственные градиенты вычисляются с использованием схемы БПФ, а временные градиенты вычисляются с использованием скорректированной k-пространственной разностной схемы.



- Рис.1 Временное распространение волн в координатной плоскости и визуализация расчетного давления фокусировки ультразвуковых излучателей, аналогичных линейному медицинскому датчику L7-4.



В случае несфокусированного излучателя поле «фокусировка» остается пустым

- Рис.2 – Визуализация распространения сдвиговой волны на основе расчета давления при фокусировке

Для сравнения результатов численного моделирования с физическим моделированием использовались результаты, полученные при измерении скорости сдвиговой волны в CIRS фантоме, а именно background.

Свойства среды: $C = 1540 \text{ m/s}$, $\rho_0 = 1010 \text{ kg/m}^3$.

Параметры источника: $f = 5\text{MHz}$, 128 излучателей.



	K-wave	CIRS
background	4.17	2.68
I	1.84	1,34
II	2.07	1,81
III	4.85	3,46

Заключение

- Численно решена задача моделирования фокусировки ультразвукового пучка средствами k-Wave.
- Сопоставлены результаты численного и физического моделирования.
- Представлена реализация расчётного комплекса с графическим интерфейсом.