



**XXIX Научная конференция по радиофизике,
посвященная 75-летию радиофизического факультета**

Секция Акустики

Нижний Новгород, 2020 г.



**ИЗМЕРЕНИЕ СДВИГОВОГО ЗАТУХАНИЯ В МЯГКИХ
БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ VERASONICS**

Спивак А.Е., Демин И.Ю.

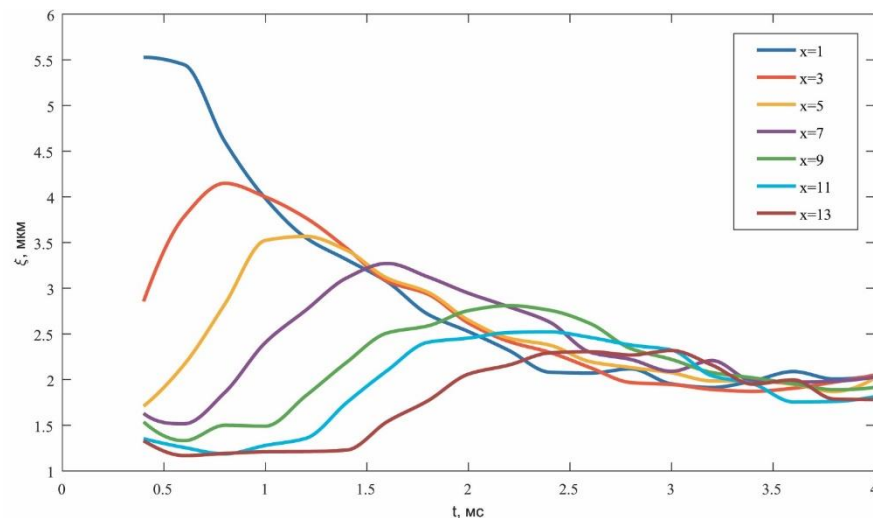
*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Радиофизический факультет, кафедра акустики.*

Введение

Различные процессы, такие как воспаление, фиброз, отек и образование раковых клеток - все это способствует изменению материальных свойств органов. Для выявления данных изменений с точки зрения вязкоупругих характеристик применяются различные методы ультразвуковой диагностики, имеющие общее название, эластография. Особую популярность имеют методы эластографии сдвиговой волной. Однако измерение только скорости сдвиговой волны и модуля Юнга недостаточно для изучения свойств скелетной мышц, а также жидкостных образований в организме (киста). В связи с этим проводятся работы по выявлению возможности измерения затухания в среде и вязкости. Особый интерес представляет измерение данных характеристик с использованием данных, уже полученных при работе методов эластографии сдвиговой волной, а именно измерение затухания сдвиговой волны или сдвигового затухания. За основу взят метод **Shear Wave Elasticity Imaging (SWEI)**, реализованный на акустической системе Verasonics, в том числе методика регистрации сдвиговой волны по смещениям частичек среды.

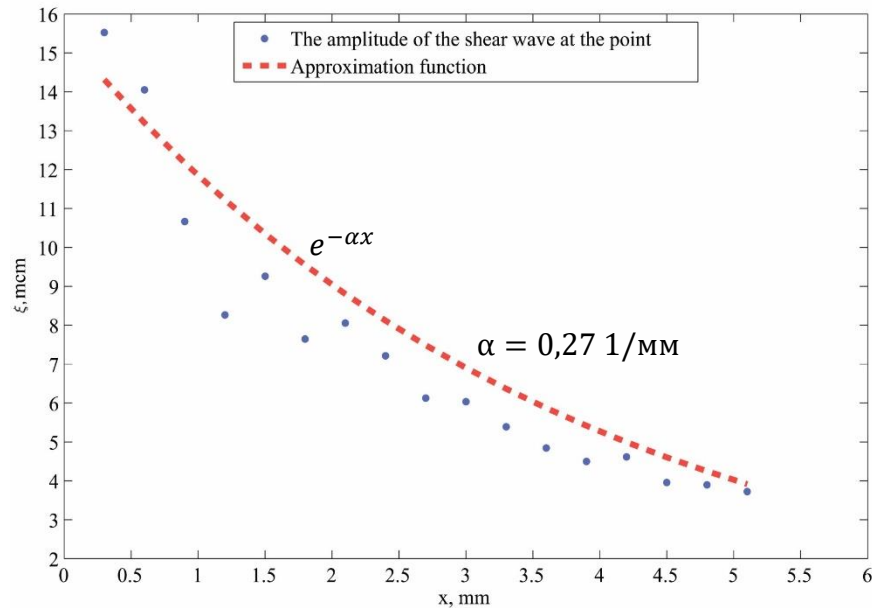


Исследование фантома кисты с помощью эластографии



Смещение частичек среды под воздействием сдвиговой волны

Подсчет затухания сдвиговой волны (сдвигового затухания)



Максимумы смещения соответствуют положению волны в данной точке в определенный момент времени, амплитуда которых уменьшается с расстоянием. Это соответствует затуханию сдвиговой волны по мере распространения в среде.

Затухание сдвиговой волны с расстоянием описывается по экспоненциальному закону:

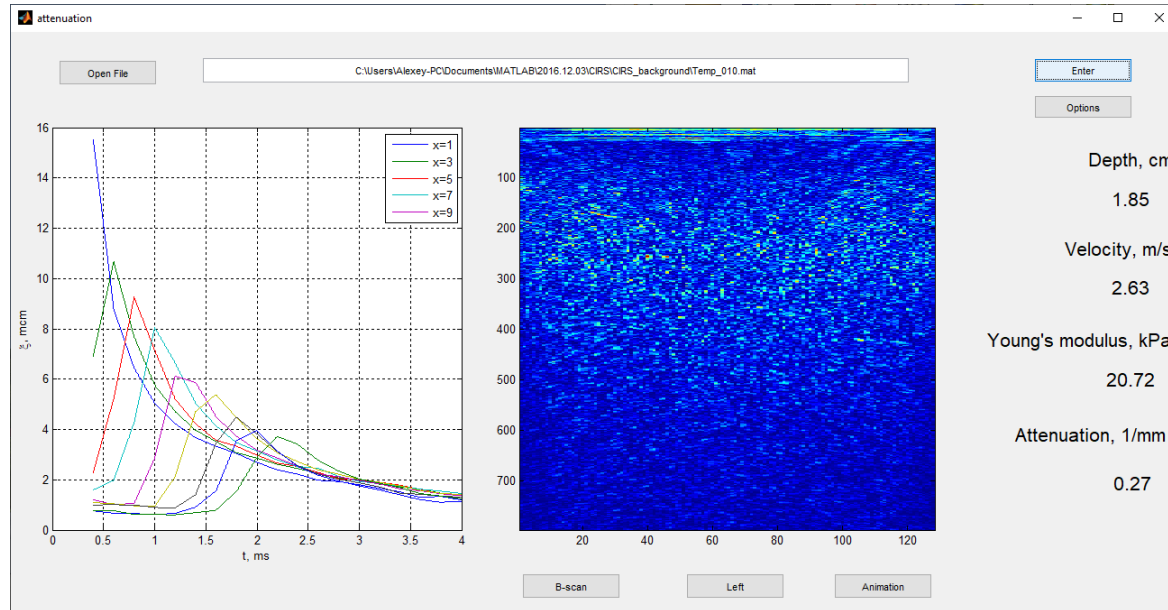
$$A_2 = A_0 e^{-\alpha x}$$

где A_2 и A_0 – амплитуда волны в определенной координате и начальная амплитуда волны соответственно, x – путь пройденной волной из точки 0 в точку 2, α – коэффициент затухания. Зная значения амплитуды волны на каждом отдельном участке, вычисляется мгновенное ослабление волны на каждом отдельном участке α_k .

$$\alpha_k = \frac{1}{(x_{k+1} - x_k)} \ln \left(\frac{A_k}{A_{k+1}} \right)$$

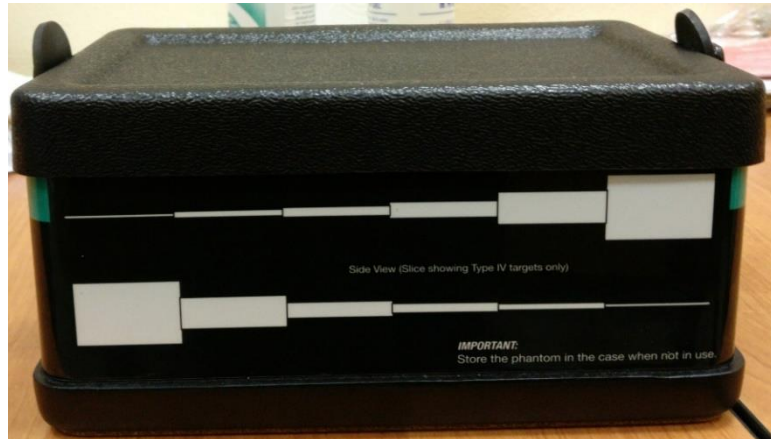
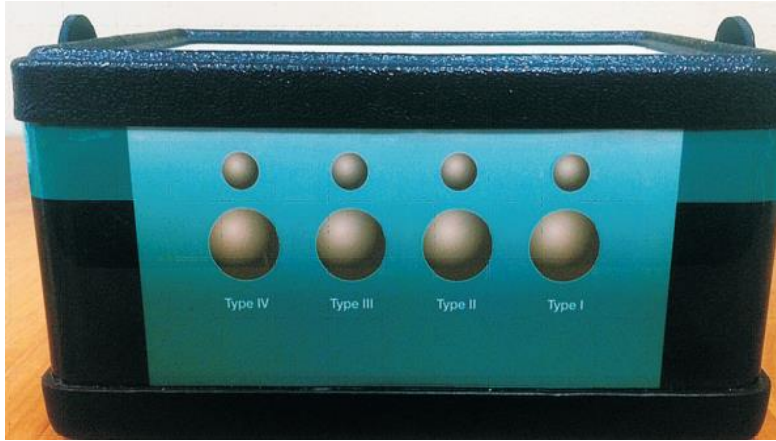
Взяв среднее от получившихся значений ослабления волны на всем пути её следования, получаем значение затухания сдвиговой волны α .

$$\alpha = \sum_k \frac{\alpha_k}{k}$$



Интерфейс подсчета модуля Юнга и сдвигового затухания

Измерение сдвигового затухания в ультразвуковом фантоме CIRS Model 049A



В данный фантомах объекты (включения), как и среда, изготовлены из одного материала – Zerdin. Они отличаются лишь за счет размеров, глубины заложения и упругости (модуль Юнга).

CIRS Model 049		
Объект	Модуль Юнга, Е, кПа	Сдвиговое затухание, 1/мм
Background	17,45	0,25
I	10,29	0,24
II	8,62	0,25
III	33,82	0,32

CIRS Model 049A		
Объект	Модуль Юнга, Е, кПа	Сдвиговое затухание, 1/мм
Background	17,63	0,27
I	7,62	0,27
II	10,92	0,24
III	18,06	0,30

Измерение сдвигового затухания в ультразвуковом фантоме Elastography Ultrasound Breast Phantom фирмы Blue Phantom

Elastography Ultrasound Breast Phantom фирмы Blue Phantom					
Объект		Модуль Юнга, Е, кПа		Сдвиговое затухание, 1/мм	
Background		47,73		0,30	
Объект	Модуль Юнга, Е, кПа	Сдвиговое затухание, 1/мм	Объект	Модуль Юнга, Е, кПа	Сдвиговое затухание, 1/мм
Гиперэхогенные объекты			Гиперэхогенные объекты с жесткой оболочкой		
1	236,81	0,19	3	39,39	0,40
5	130,03	0,11	10	69,21	0,43
11	105,69	0,16	Гипоэхогенные объекты		
Изоэхогенные объекты			4	31,55	0,31
6	34,67	0,22	7	56,43	0,31



Изображение и схема Elastography Ultrasound Breast Phantom