

# 1. Лабораторный практикум по ультразвуку

## Работа Ф1. Ультразвуковая эхография (А-скан).

### Цель:

- Определение зависимости между временем появления эхо, скоростью звука и расстоянию между источником ультразвукового излучения и дефектами (отражателем) различного размера.
- Измерение скорости звука в образце, положения и размера дефектов.

### Замечания по технике безопасности

1. Прибор питается от сети 220 В
2. Не закрывать отверстия и щели на приборе, служащие для вентиляции
3. Не засовывать предметы во внутрь прибора, что может привести к короткому замыканию.
4. Перед использованием ультразвукового датчика убедиться в его целостности. Заменить поврежденные датчики.
5. Отключать датчики только за разъем. Не тянуть за провод!
6. Пиковое напряжение на разъеме датчика может достигать 300 В. Не прикасаться к разъемам во время работы!
7. Не использовать приборы на людях и других предметах, кроме тестовых образцов.

### Экспериментальная установка (рис. 1):

1. Ультразвуковой эхоскоп GS200;
2. Ультразвуковой датчик 1 МГц (синий);
3. Образец для исследования (блок с отверстиями, см. рисунок 1-2);
4. Гель для ультразвука;
5. Ноутбук;
6. Линейка или штангенциркуль.

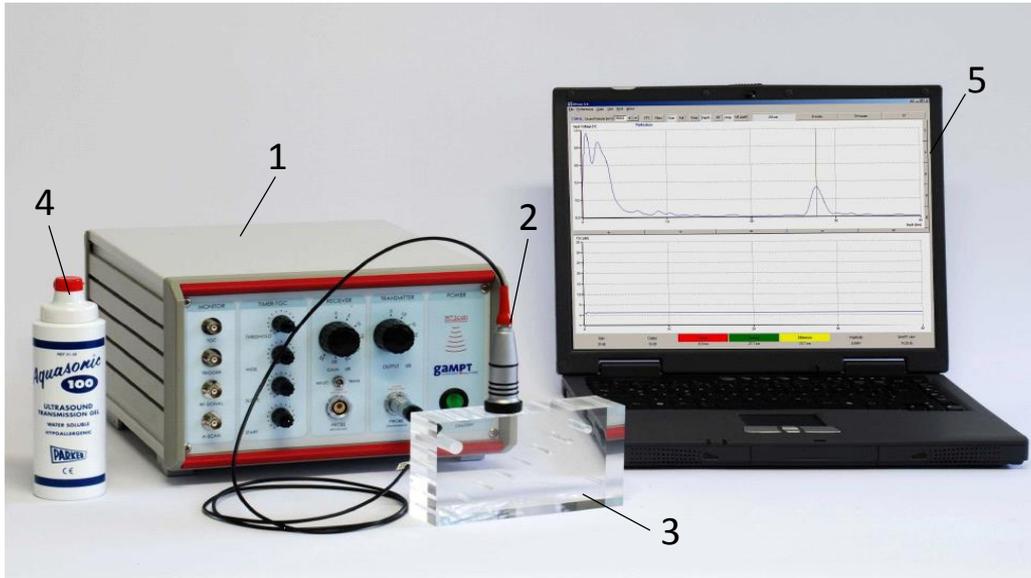
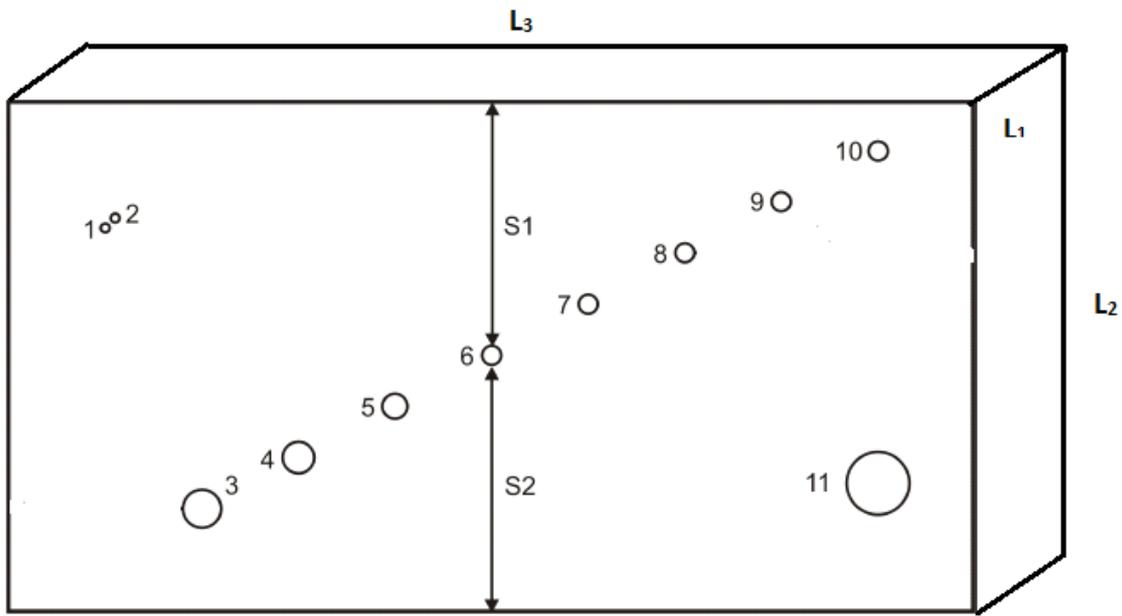


Рисунок 1. Лабораторная установка для изучения ультразвуковой эхографии: 1 - ультразвуковой эхоскоп GS200, 2 - ультразвуковой датчик (синий – 1 МГц, красный – 2 МГц, зеленый – 4 МГц), 3 - образец для исследования, 4 - гель для ультразвука, 5 – ноутбук.



a



б

Рисунок 2. Макетные образцы для исследования: а-Тестовый блок из полиакрила, б-макет глазного яблока

### **Задачи:**

1. Измерить с помощью линейки или штангенциркуля размер блока (высота, L2, см. рис выше).
2. Определить время до образования эха.
3. Вычислить скорость звука и измерить расстояния до дефектов в пластиковом блоке.
4. Измерить расстояние до анатомических структур в модели глазного яблока

### **Выполнение работы:**

#### ***Подготовительные работы:***

1. Настройка и подключение
  - подключить эхоскоп GS200 к компьютеру;
  - подключить датчик 1 МГц (синий) в разъем «Probe1» (см. рисунок 3). При этом выставить режим работы передатчика и приемника «Transmitter/Receiver - Mode»: 1|1 (reflection) – отражение;

- запустить программу «GS-EchoView» на рабочем столе компьютера;
- в окне «A-mode» (см. рисунок 4) во вкладке «params» выставить «begin» – 0 и «end» – 100;
- добиться формы сигнала TGC, как показано на рисунках 4-5 (настроить временное усиление), с помощью ручек 7-10 блока С (рис. 3) при положениях переключателей блока передатчика и приемника эхоскопа GS200 «Receiver/Transmitter» (блок В, переключатели 3 и 5, рис. 4): «Gain» – 10, «Output» – 10. При необходимости настройка величины сигнала происходит путем изменения «Gain» и «Output» в зависимости от образца (макета).

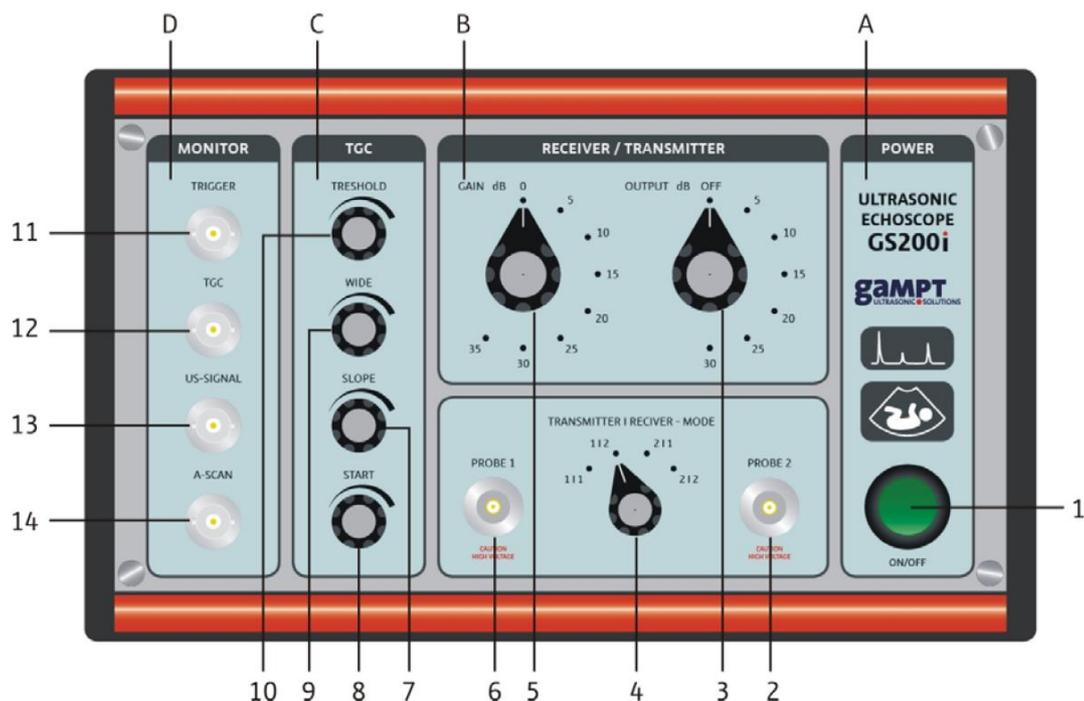


Рисунок 3. Передняя панель эхоскопа GS200.

*А – Источник питания*

(1) Вкл/выкл.

*В – Блок передатчика и приемника*

(2) Разъем датчика 2

(3) Переключатель уровня выходного сигнала передатчика

(4) Переключатель режимов прием/передача

(5) Переключатель уровня усиления приемника

(6) Разъем датчика 1

*С – Блок усиления по времени*

(7) Переключатель наклона

- (8) Переключатель стартовой точки
  - (9) Переключатель ширины временного интервала усиления
  - (10) Переключатель уровня усиления
- D – Блок разъемов для подключения осциллографа*
- (11) Сигнал триггера
  - (12) Сигнал временного усиления
  - (13) Ультразвуковой сигнал
  - (14) Сигнал эха

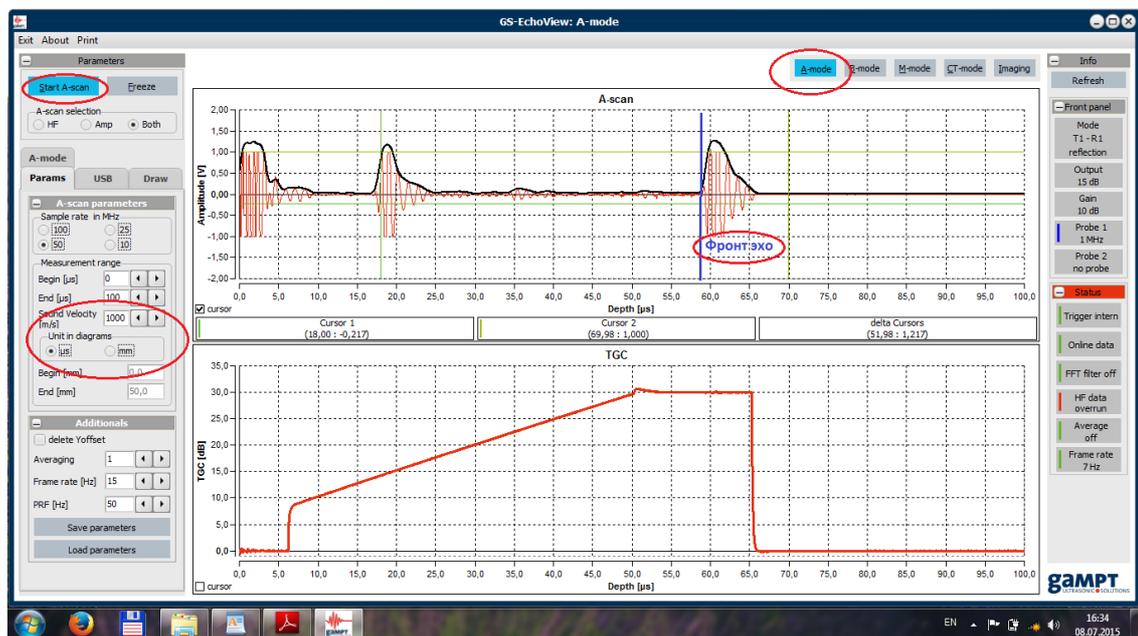


Рисунок 4. Главное окно программы GS-Echoview.

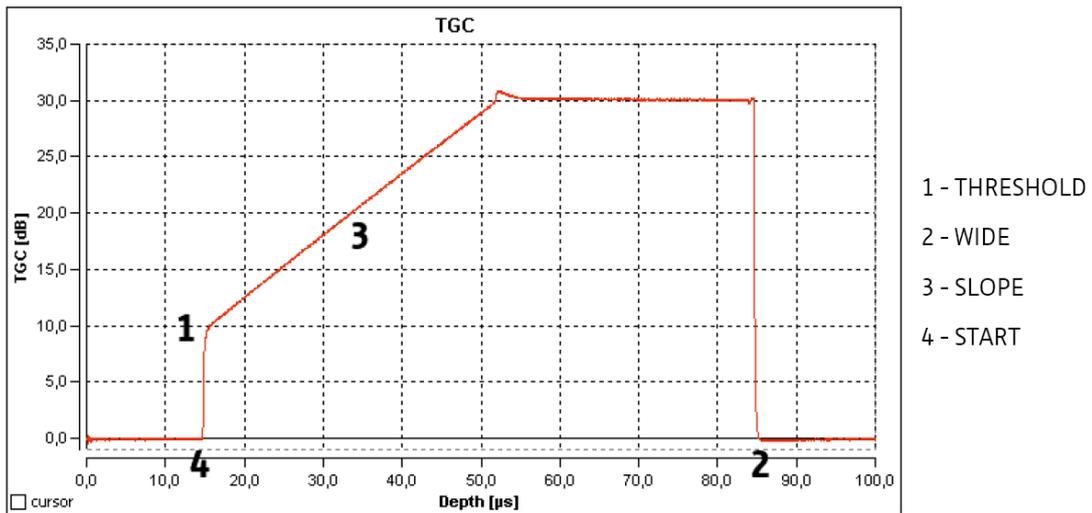


Рисунок 5 . Схема управления временным усилением (TGC)

### ***Проведение эксперимента:***

#### **Упражнение 1. Определение скорости звука и расстояния до отверстий в тестовом блоке**

##### 1. Измерение длины образца линейкой

- с помощью линейки измерить высоту (L2) тестового блока (см. рис. 2). Данные занести в таблицу 1 (графа *полн.*).

##### 2. Измерение времени возникновения эха от стороны блока известной длины для дальнейшего вычисления скорости звука:

- поместить небольшое количество геля для ультразвука на блок с той стороны, с которой планируется измерение (одна из длинных сторон, плоскость L1-L3 (см. рис. 2);
- поместить датчик на измеряемую сторону с гелем;
- во вкладке «params»-«measurements length» выставить галочку «µs» (это измерение времени (в микросекундах) появления эха);
- В режиме «A-mode» запустить измерения кнопкой «Start A-scan»;
- с помощью курсора мыши определить время до появления эха от обратной стороны блока по *фронту* (началу появления) эха (данное эхо не исчезает при перемещении датчика!) (см. рисунок 4).

##### 3. Вычисление скорости звука

- по полученному времени вычислить скорость звука в блоке с помощью формулы (1), переводя единицы измерения из «миллиметров» в «метры» и «микросекунды» в «секунды»:

$$c = \frac{2S}{t} \quad (1),$$

где  $c$  - скорость звука,  $S$  – путь (измеренная высота блока),  $t$  - время до появления эха от обратной стороны блока;

- во вкладке «params»-«measurements length» выставить «sound velocity» полученное значение скорости звука (в единицах м/с) и галочку «mm» (это измерение расстояния до объекта от которого отразилась УЗ волна).

#### 4. Измерение времени возникновения эха от отверстий по двум направлениям

- определить расстояние до дефектов с двух сторон, т.е. измерить расстояния  $S_1$  и  $S_2$  (см. рисунок блока) для различных отверстий.
- После измерения протереть датчик и тестовый образец салфеткой.

#### 5. Вычисление размера отверстий

- Рассчитать размеры отверстий, исходя из полученных значений  $S_1$  и  $S_2$  и размера блока  $L_2$ :

$$d_i = L_2 - (S_1 + S_2)$$

- Для проверки измерить размеры отверстий штангенциркулем или линейкой. Занести результаты измерений в таблицу.

#### 6. Оформление результатов:

- оформить результаты в виде таблицы (серым в таблице отмечены графы, которые не заполняются):

Отверст.	полн.	1,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S1											
S2											
Размер отверстий по А-scan											
Размер отв. по линейке											

### Упражнение 2. Определение расстояния до анатомических структур модели глазного яблока

1. Нанесите гель на модель глазного яблока в области зрачка
2. Запишите А-скан от структур в модели глаза (см. рисунок 6)

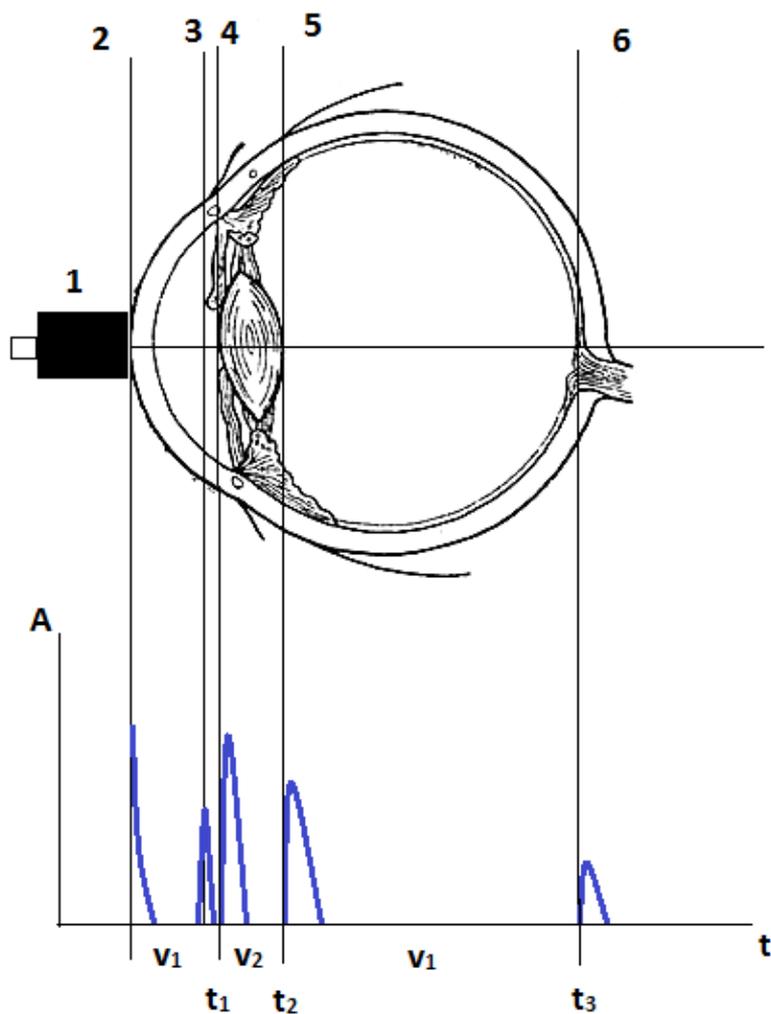


Рисунок 6. Строение глазного яблока и соответствующие им характеристики А-скана (1- ультразвуковой датчик, 2- роговица, 3- радужка, 4-передняя стенка хрусталика, 5- задняя стенка хрусталика, 6- сетчатка)

3. Определите время возникновения эха от передней и задней стенки модели хрусталика и сетчатки. Результаты занесите в таблицу
4. Определите среднюю скорость в модели глаза используя формулу

$$v = \frac{v_1(t_1 + (t_3 - t_2)) + v_2(t_2 - t_1)}{t_3}$$

5. Принимая скорость звука в хрусталике  $v_2=2500$  м/с, а в остальных областях модели глаза  $v_1=1410$  м/с рассчитать глубину залегания структур модели глаза. Результаты занести в таблицу:
- 6.

Структура	Передняя часть хрусталика	Задняя часть хрусталика	сетчатка
Время эха, мкс			
Средняя скорость, м/с			
Измеренная глубина, мм			

Реальная глубина, мм	9,66	18,91	56,77
Толщина, мм	9,66	9,25	37,96

7. Сделать выводы и обсудить полученные результаты

### Контрольные вопросы:

1. Упругие волны. Волновые уравнения. Скорость упругих волн. Звуковые волны.
2. Акустическое сопротивление. Ультразвук.
3. Устройство ультразвукового датчика. Пьезоэлектрический эффект.
4. Методики ультразвукового исследования. А-режим. В-режим. М-режим.

### Список рекомендуемой литературы:

1. Звук и ультразвук в учебных исследованиях, Майер, Валерий Вильгельмович; Вараксина, Екатерина Ивановна, 2011г.
2. Применение ультразвука в стоматологии, Нестеров, Олег Викторович; Фролова, Лола Бахрамовна, 2013г.
3. Волновые процессы. Основные законы, Иродов, Игорь Евгеньевич, 2013г.
4. Змитрович, О.А. Ультразвуковая диагностика в цифрах [Электронный ресурс] : . Электрон. дан. СПб. : СпецЛит, 2014. 88 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=60112](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60112)
5. Ландсберг, Г.С. Элементарный учебник физики: Учеб. пособие Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика [Электронный ресурс] : учебник. Электрон. дан. М. : Физматлит, 2009. ? 664 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2239](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2239) 7.2.
6. Ультразвуковая диагностика заболеваний мелких домашних животных, Маннион, Пэдди; Фрейм, Майри; Редроб, Шерон, 2008г.
7. Майер, В.В. Физика упругих волн в учебных исследованиях [Электронный ресурс] : / В.В. Майер, Е.И. Вараксина. Электрон. дан. М. : Физматлит, 2007. 326 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59468](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59468)
8. Иродов И.Е. Волновые процессы. Основные законы. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 263 с.
9. Савельев И.В. Курс физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1989. – 351 с.
10. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 1. Механика. – М.: Физматлит, 2005. – 560 с.