

Работа Ф3. Затухание ультразвука в твердых телах.

Цель:

- Изучение затухания ультразвука в твердых телах в зависимости от частоты и толщины образца.

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 внутрь прибора, так как это может привести к короткому замыканию.
4. Перед использованием ультразвукового датчика убедиться в его целостности. В случае нарушения целостности датчика, обратиться к преподавателю или инженеру.
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. Ультразвуковые датчики: 1 МГц (синий) – 2 шт., 2 МГц (красный) – 2 шт., 4 МГц (зеленый) – 2шт.;
3. Набор образцов для исследования (акриловые цилиндры);
4. Гель для ультразвука;
5. Ноутбук;
6. Линейка или штангенциркуль.

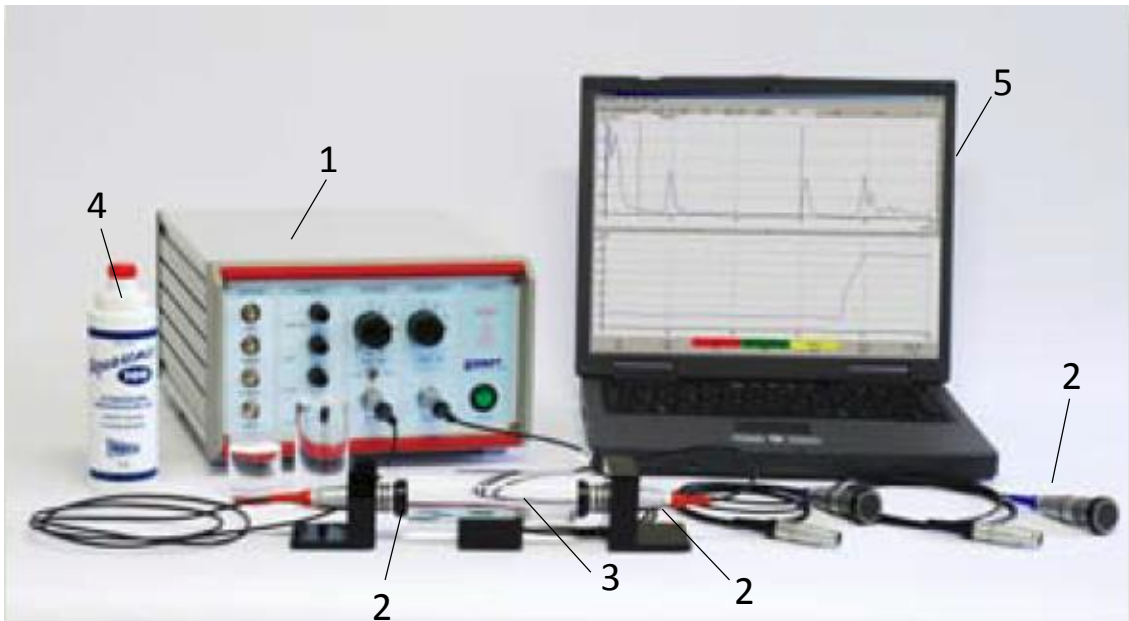


Рисунок 1. Лабораторная установка для изучения затухания УЗ в твердых телах: 1 - ультразвуковой эхоскоп GS200; 2 – ультразвуковые датчики (синий – 1 МГц, красный – 2 МГц, зеленый – 4 МГц); 3 – тестовый цилиндр; 4 - гель для ультразвука, 5 – ноутбук.

Задачи:

1. Определить коэффициенты затухания ультразвука и скорости звука в твердых телах с различной толщиной на трех частотах при отражении и передаче сигнала.
2. Построить частотную зависимость коэффициента затухания ультразвука в твердых телах.
3. Сравнить полученные значения с литературными данными, сделать выводы.

Краткая теория:

При прохождении через вещество звуковая волна теряет энергию вследствие различных процессов: рассеяние, поглощение, отражение. Этот процесс называется затуханием. Интенсивность I волны при этом убывает согласно закону ослабления:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

где I_0 – интенсивность падающей на вещество волны, x – длина пути, проходимого волной в среде, μ – коэффициент затухания.

Зная интенсивность падающей волны и измеряя интенсивность звуковой волны после прохождения через два твердых тела из одного материала с различной длиной x , можно вычислить коэффициент затухания μ для данного материала, используя формулу (1).

Значения коэффициента затухания μ принято записывать в единицах измерения [дБ/см], для перевода единиц из [1/см] в [дБ/см] используется соотношение:

$$\mu[1/\text{см}] = \frac{\mu[\text{дБ}/\text{см}]}{20\lg(e)} = \frac{\mu[\text{дБ}/\text{см}]}{8,686} \quad (2)$$

Учитывая, что интенсивность волны I пропорциональна квадрату ее амплитуды A , получаем:

$$\mu = \frac{8,686 \cdot \ln(I_0 / I_1)}{x} = \frac{2 \cdot 8,686 \cdot \ln(A_0 / A)}{x} \quad (3)$$

где A_0 и A – амплитуды звуковой волны до и после прохождения через вещество соответственно.

Ход 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;
- во вкладке «params»-«measurements length» выставить галочку « μs » (это измерение времени (в микросекундах) появления эха);
- нажать кнопку «Start A-scan»;
- 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.

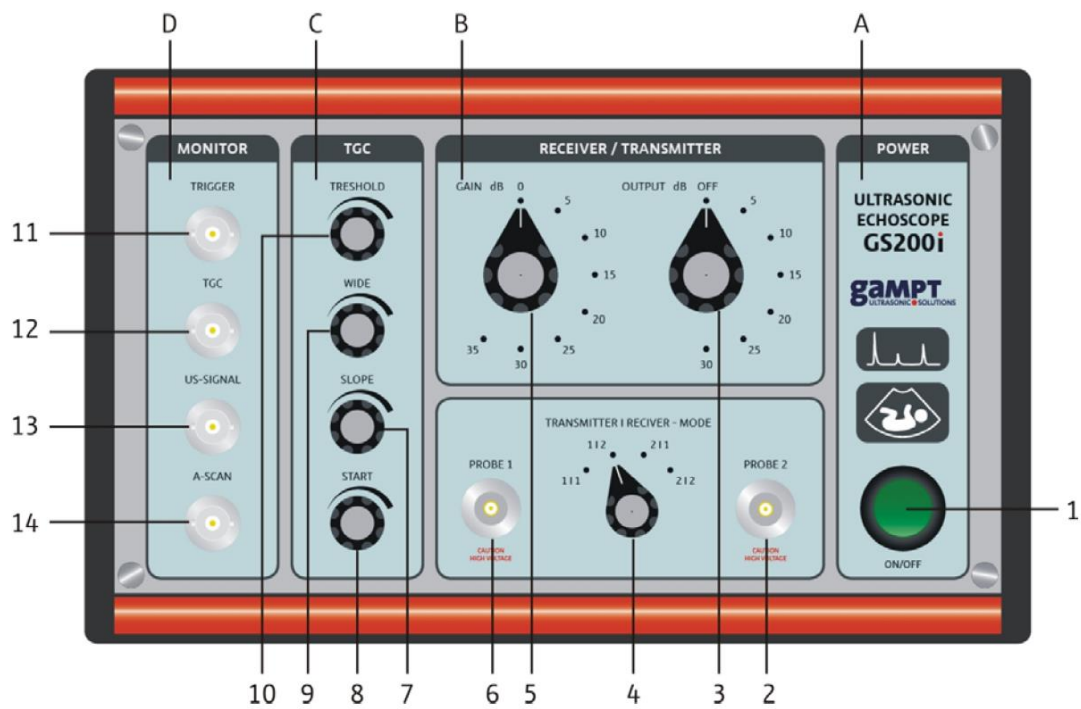


Рисунок 3. Передняя панель эхоскопа GS200.

A – Источник питания

(1) Вкл/выкл.

B – 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

C – 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

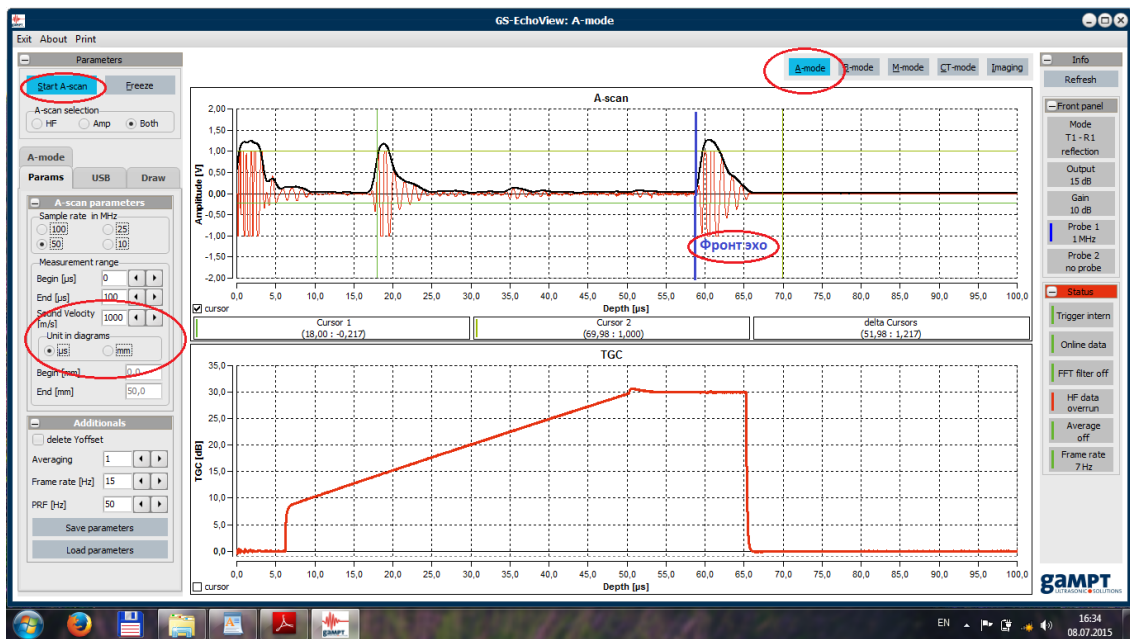


Рисунок 4. Главное окно программы GS-Echoview.

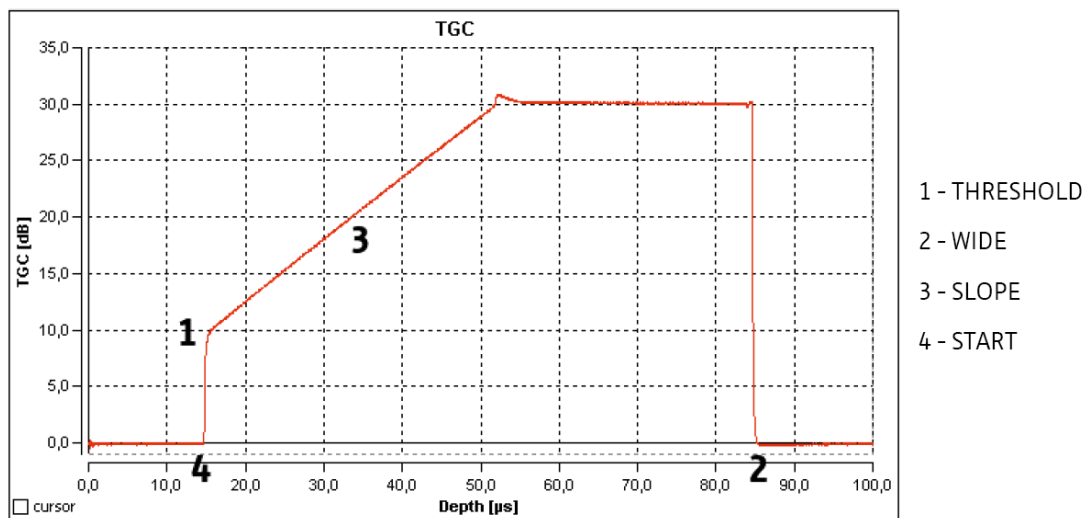


Рисунок 5 . Схема управления временным усилением (TGC)

Проведение эксперимента:

1. Измерение длины образца линейкой

- С помощью линейки измерить длину цилиндра s (в см). Значение занести в табл. 1 (см. ниже).

2. Измерение амплитуды сигнала и времени в режиме передачи:

- нанести небольшое количество геля для ультразвука торцевые стороны цилиндра, расположить цилиндр между двумя ультразвуковыми датчиками с одной частотой (например, синими – частота $f=1$ МГц), как показано на рис. 1;
- выставить на эхоскопе GS200 режим работы передатчика и приемника «Transmitter/Receiver - Mode»: 1|2 (transmission) – передача (см. рис. 3);
- В режиме «A-mode» запустить измерения кнопкой «Start A-scan»;
- с помощью курсора мыши определить амплитуду сигнала передачи A в мВ (значение по вертикальной оси) и время t в мкс (значение по горизонтальной оси). Полученное значение занести в таблицу 1.

3. Измерение амплитуды сигнала в режиме отражения:

- выставить на эхоскопе GS200 режим работы передатчика и приемника «Transmitter/Receiver - Mode»: 1|1 (reflection) – отражение (см. рис. 3);
- В режиме «A-mode» запустить измерения кнопкой «Start A-scan»;
- с помощью курсора мыши определить амплитуду отраженного сигнала A в мВ (значение по вертикальной оси) и время t в мкс (значение по горизонтальной оси). Полученное значение занести в таблицу 1. **(Важно!** Длина пути ультразвука s , заносимая в таблицу 1, при этом будет в два раза больше, чем в предыдущем пункте).

4. Повторить пункты 1-3 для двух других цилиндров. Результаты занести в таблицу 1.

5. Вычисление скорости звука

- по полученному времени вычислить скорость звука в цилиндре, переводя единицы измерения из «миллиметров» в «метры» и «микросекунды» в «секунды»:

$$c = s / t,$$

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

- полученные значения занести в таблицу 1.

6. Вычисление коэффициента затухания.

- Вычислить натуральные логарифмы амплитуды $\ln A$, результаты занести в таблицу 1.
- Построить график зависимости натурального логарифма амплитуды звуковой волны от длины образца $\ln A(x)$, используя данные таблицы 1 для соответствующей частоты датчика.
- Аппроксимировать график $A(x)$ прямой линией и определить тангенс угла наклона полученной прямой $\operatorname{tg} \alpha$.

- Вычислить коэффициент затухания по формуле:

$$\mu = 17,372 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

- Повторить пункты 1-5 для двух других пар ультразвуковых датчиков (красные – $f=2$ МГц, зеленые – $f=4$ МГц).
- Построить график зависимости коэффициента затухания от частоты ультразвука $\mu(f)$.
- Сделать выводы о зависимости затухания ультразвука от длины образца и частоты ультразвуковой волны.

Таблица 1.

Частота ультразвука $f = 1$ МГц					Частота ультразвука $f = 2$ МГц					Частота ультразвука $f = 4$ МГц				
s , см	A , мВ	$\ln A$	t , мкс	c , м/с	s , см	A , мВ	$\ln A$	t , мкс	c , м/с	s , см	A , мВ	$\ln A$	t , мкс	c , м/с
....		
....		
$\mu = \dots$ [дБ/см]					$\mu = \dots$ [дБ/см]					$\mu = \dots$ [дБ/см]				

Контрольные вопросы:

- Упругие волны. Волновые уравнения. Скорость упругих волн. Звуковые волны.
- Ультразвук. Взаимодействие ультразвука с веществом. Затухание ультразвуковой волны при распространении в твердых телах.
- Устройство ультразвукового датчика. Пьезоэлектрический эффект.

Список рекомендуемой литературы:

- Звук и ультразвук в учебных исследованиях, Майер, Валерий Вильгельмович; Вараксина, Екатерина Ивановна, 2011 г.
- Применение ультразвука в стоматологии, Нестеров, Олег Викторович; Фролова, Лола Бахрамовна, 2013 г.
- Волновые процессы. Основные законы, Иродов, Игорь Евгеньевич, 2013 г.
- 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
- 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 7.2.
- 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
- Иродов И.Е. Волновые процессы. Основные законы. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 263 с.
- Савельев И.В. Курс физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1989. – 351 с.
- Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 1. Механика. – М.: Физматлит, 2005. – 560 с.