

Измерение скорости звука в материалах для возможности их впоследствии идентифицировать

Вдовина Василиса Антоновна

8 класс, МБОУ Лицей № 40 Нижнего Новгорода, Научное объединение «Школа юного исследователя» АНО ДО «Академ клуб», ИПФ РАН

Научный руководитель А.Г. Санин, научный сотрудник ИПФ РАН

В работе было проведено исследование скорости звука в различных материалах, для возможности их впоследствии идентифицировать. Изучены акустические характеристики материала, из которого изготавливаются 3-D модели. Скорость звука в нем оказалась равна 1090 м/с. Так же мы попытались определить скорость звука в монете, так как попытка не увенчалась успехом было предложено возможное объяснение.

Измерение скорости звука в тех или иных материалах актуально при разработке и изготовлении ультразвуковых преобразователей, применяемых в устройствах ультразвуковой локации. Как правило, используются материалы, скорость звука в которых «известна из справочных данных». Однако проблема для разработчика заключается в том, что акустические характеристики реально выбранного материала неизвестны. Тем более, эта проблема очевидна, когда для изготовления используется новый материал, ставший доступным лишь в недавнее время.

Проблема: Отсутствие простых измерительных средств, позволяющих измерять скорость звука в материалах.

Цель исследования: исследовать возможность измерения скорости звука в твердых материалах с помощью простого устройства, в котором не используются специальные, особые измерительные компоненты и процедуры.

Задача настоящей работы состояла в том, чтобы экспериментально ознакомиться с методикой измерения скорости звука в различных материалах.

Для измерения скорости звука в твердых телах мы использовали простую установку, блок-схема которой показана на рисунке 1

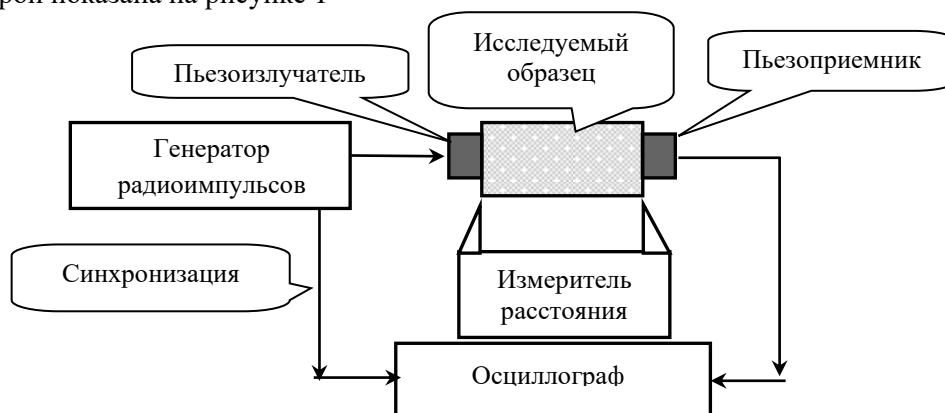


Рис. 1. Блок-схема установки для измерения скорости звука

Отличительной конструктивной особенностью установки является то, что излучатель и приемник закреплены на ножках цифрового штангенциркуля, образец вставляется между ножками штангенциркуля, так что показания цифрового отсчета соответствуют длине пути звука в образце. Конструкция со штангенциркулем показана на рисунке 2.



Рис. 2. Конструкция со штангенциркулем и объектом (образцом)

Рабочая частота излучателя и приемника 1 МГц.

Работает установка следующим образом.

Рабочая частота, на которой измеряется скорость звука исследуемых образцов, задаётся генератором радиоимпульсов (Tektronix AFG3101).

Генератор радиоимпульсов вырабатывает радиоимпульсы длительностью 10 – 20 периодов рабочей частоты. Период повторения импульсов 100 мкс, амплитуда 9 В. Радиоимпульсы поступают на ультразвуковой излучатель, излучаются в образец и, пройдя через него, поступают в приемник.

Искомая скорость звука c в образце вычисляется так:

$$c = L_{шт} / (t + \Delta t) \quad (1)$$

где $L_{шт}$ – расстояние по шкале штангенциркуля; t – интервал времени между «курсором 1» и «курсором 2» (по показанию осциллографа); Δt – поправка, измеренная при настройке установки. Поправка вычисляется по двум измерениям образца с неизвестной скоростью звука, но с двумя известными размерами (например, длина и ширина параллелепипеда).

Разброс результатов при повторных измерениях не превышал 2 %, т.е. был больше расчетной погрешности. По-видимому, причина в том, что практические измерения сопровождаются случайными ошибками, которые не учитываются в вычисляемой погрешности (например, перекося образца между ножками штангенциркуля),

Материал	Значение скорости звука (м/с) по справочникам	Значение, измеренное в наших экспериментах (м/с)
Оргстекло	2670 – 2900	2800
Фторопласт	1390- 1850	1500
Сталь	5700 – 6080	5800
Латунь	4350 – 4680	4600

Видно, что полученные нами результаты весьма близки к справочным данным.

В ходе выполнения работы было измерено значение скорости звука в материале 3D-принтера, акустические характеристики которого неизвестны. На рис.2 показан образец этого материала толщиной 15 мм, помещенный в нашу установку. Получилось значение скорости 1090 м/с.

Попытка применения установки «не по назначению»

После того, как мы убедились, что наша установка позволяет измерять скорость звука в металлах, мы опробовали ее возможности для важной практической задачи. А именно, для задачи быстрого выявления фальсификатов монет. Обычно монеты, в том числе, выпускаемые для коллекционеров, снабжаются описаниями того, из какого материала они сделаны. Задачей нашего эксперимента было проверить, на основании измерения скорости звука в монете, соответствует ли ее материал описанию. Мы поместили монету в нашу настроенную установку (рис. 3) и попытались вычислить скорость звука в материале монеты.



Рис. 3. Рабочая установка со вставленной монетой

Эксперименты с различными монетами дали значения скорости, никак не соответствующие скорости продольных волн. Полученные результаты были ближе к скорости поперечных волн [1,2].

Причина, по-видимому, заключается в следующем.

В момент возбуждения нашего излучателя радиоимпульсом, а именно, на переднем фронте этого радиоимпульса, происходят процессы возбуждения волн разной частоты, в том числе, поперечных. Скорость поперечных волн меньше скорости продольных [1,2]. Однако амплитуда возбуждаемых поперечных волн больше, чем амплитуда продольных. На осциллографе мы видим пришедшую (принимаемую) поперечную волну. Это видно даже по периоду принимаемых

колебаний. Какая это разновидность поперечных волн, мы не знаем. Возможно, это смесь разных мод. Поэтому скорость, вычисляемая при наших условиях, не соответствует скорости продольной волны, которая, скорее всего, еще и мала по амплитуде.

Для того, чтобы использовать имеющуюся установку для определения фальсификатов монет, нужно, видимо, во-первых, увеличить рабочую частоту установки (например, до 10 МГц), а во-вторых, включить в состав приемного тракта установки усилитель и фильтр с тем, чтобы выделить принимаемый сигнал именно от продольной волны.

В ходе выполнения работы сделано следующее.

- Освоены теоретические основы методики измерения скорости звука.
- Освоена экспериментальная методика измерения скорости звука в твердых материалах.
- Произведено измерение скорости звука в нескольких материалах, в том числе, в новом материале 3D-принтера.
- Произведены эксперименты, показавшие непригодность использования имеющейся установки для задач определения фальсификатов монет. Предложено объяснение этого и обсуждено предложение по доработке установки для решения такой задачи.

Литература

1. Левкин Дмитрий. Ультразвук. Основы теории распространения ультразвуковых волн [<https://engineering-solutions.ru/ultrasound/theory/>]
2. Голямина И.П. Ультразвук. – М.: Советская энциклопедия, 1979.