

Лабораторная работа № 4. 8

Определение скорости звука в твердых телах.

Принадлежности: 1) металлический стержень.; 2) резонатор.3) генератор синусоидальных электрических колебаний; 3) электронный осциллограф.

Цель работы: Определение скорости звука в твердых телах резонансным методом.

Теоретические сведения и описание прибора.

Рассмотрим цилиндрический стержень из однородного материала. Будем действовать на один из концов стержня периодической, например, синусоидальной, силой, вызывая попеременное сжатие и растяжение в направлении длины. Тогда вследствие взаимодействия между частицами стержня продольные колебания будут распространяться вдоль стержня от частицы к частице. Вдоль стержня побежит упругая волна. Частота волны равна частоте внешней силы

Дойдя до конца стержня, упругая волна отразится от границы раздела стержень-воздух и побежит назад. При наложении встречных волн одинаковой амплитуды и частоты возникнут особые колебания.

Особенности состоят в том, что колебаться будут не все точки стержня. Часть из них останутся неподвижными. Их называют **узлами**.

Между соседними узлами точки совершают колебания в одинаковой фазе, но с различными амплитудами, которые зависят от координаты точки. Точки, в которых амплитуда достигает максимального значения, называются **пучностями**.

Такой тип колебаний с характерным пространственным распределением амплитуд – чередованием узлов (нулей) и пучностей (максимумов) получил название **стоячей волны**.

Пусть, например, стержень жестко закреплен посередине и свободен на концах. При возбуждении продольных колебаний в месте зажима стержня частицы находятся в покое, их амплитуда колебаний равна нулю. Здесь находится **узел** смещения частиц. На свободных концах стержня достигаются максимальные амплитуды смещений – **пучности** (рис.1, а, б).

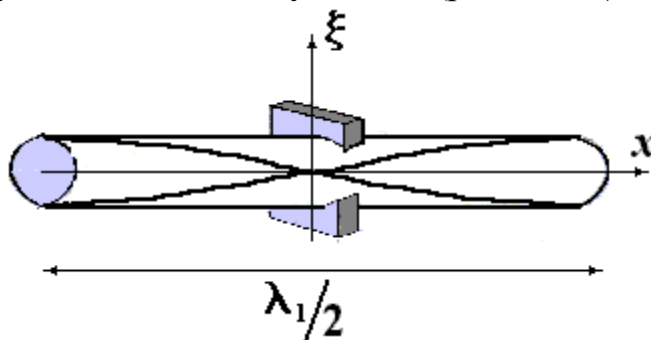


Рис. 1, а

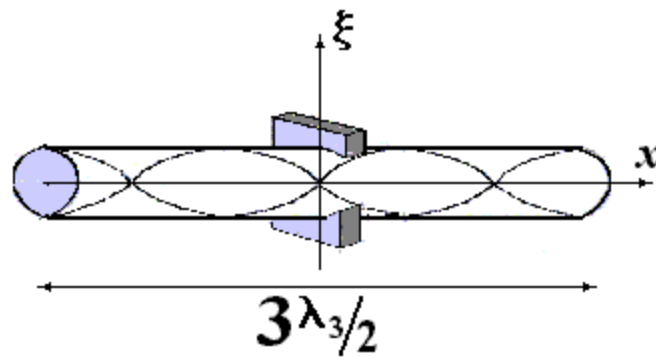


Рис. 1, б

На рисунке синусоидами показаны смещения ξ различных частиц стержня через половину периода. Расстояние между двумя соседними пучностями равно половине длины волны. Поэтому в стержне возбуждаются только такие колебания, половина длины волны $\frac{\lambda}{2}$ которых укладывается на длине стержня *нечетное* число раз $n = 1, 3, 5, \dots$

$$L = n \frac{\lambda}{2}. \quad (n = 1, 3, 5, \dots) \quad (1)$$

На рис.1, а показан случай $n = 1$, на рис 1, б – случай $n = 3$.

Перепишем формулу (1) иначе

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}.$$

Таким длинам волн соответствуют частоты

$$\nu_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v}{2L} n, \quad (n = 1, 3, 5, \dots) \quad (2)$$

где v – фазовая скорость упругой волны, или скорость звука в веществе.

Частоты ν_n называются *с о б с т в е н н ы м и ч а с т о т а м и* стержня.

В случае $n = 1$ частота $\nu_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$ называется основной собственной

частотой. Именно эта частота используется в данной работе.

Из последней формулы можно выразить скорость звука

$$v = 2L\nu \quad (3)$$

Суть резонансного метода определения скорости звука состоит в следующем. Частоту внешней силы, стремящейся попеременно сжать или растянуть стержень, подбирают так, чтобы она равнялась собственной частоте колебаний стержня. В этом случае амплитуда вынужденных колебаний сильно возрастает – наблюдается резонанс. Этого и добиваются в работе. Зафиксировав резонансную частоту, а, следовательно, и собственную частоту, можно по формуле (3) определить скорость распространения продольных волн (скорость звука) в стержне.

Прибор (рис. 2) состоит из желоба-резонатора и стержня из материала, в котором хотят измерить скорость распространения звука.

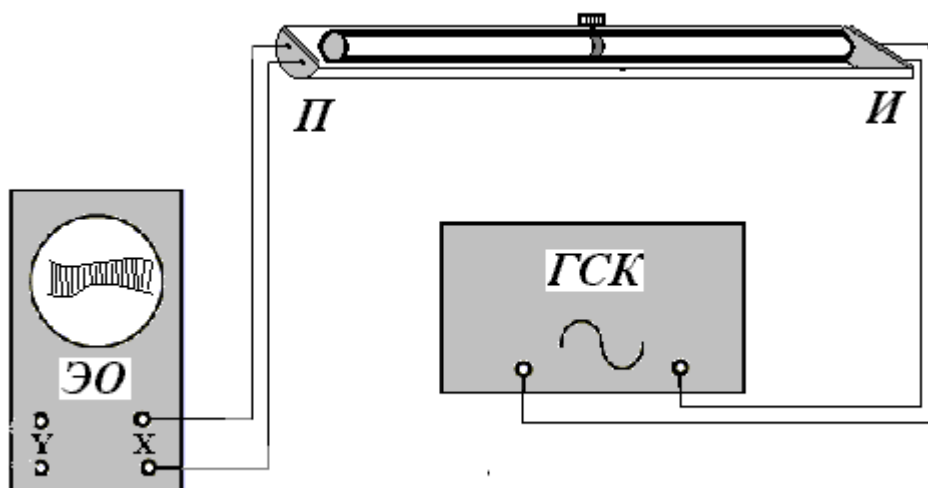


Рис. 2.

Металлический цилиндрический стержень жестко закрепляется в центре тяжести внутри резонатора.

На концах резонатора установлены электромагнитные источник продольных колебаний *И* и приемник *П*.

Чтобы возбудить продольные колебания в стержне источник должен вызвать на правом конце попеременное сжатие и растяжение в направлении длины. Для этого от генератора к катушке возбуждения источника подводится переменное электрическое напряжение. В катушке возникает переменное магнитное поле, которое проходит через тонкий воздушный зазор и действует на правый конец ферромагнитного (стального) стержня. В продольном магнитном поле в стержне возникают механические силы, изменяющие его длину. Это явление деформации ферромагнетиков при их намагничивании называется магнитострикцией.

Обращенный к источнику конец стержня начинает колебаться с частотой генератора, которую в опыте можно изменять.

Приемник *П* расположен вблизи противоположного конца стержня и отделен от него также тонким воздушным зазором. Продольные колебания левого конца стержня превращаются электромагнитом приемника в электрический сигнал, амплитуда которого пропорциональна амплитуде продольных колебаний стержня. Величина сигнала измеряется с помощью осциллографа.

Очевидно, сигнал приемника будет максимальным при резонансе.

Если стержни изготовлены из слабомагнитных материалов (алюминий, латунь), то для возбуждения колебаний на концах их запрессовываются шайбы из ферромагнитного материала.

Измерения.

1. Установить в резонатор (желоб) исследуемый стержень.
2. Закрепить стержень зажимом на его середине. Неточное закрепление влияет на результат измерений!
3. С помощью щупа и соответствующих регуляторов установить воздушные зазоры между источником, приемником колебаний и торцами стержня порядка 0,1 мм.
4. Включить тумблер «Сеть» на задней панели генератора. На дисплее высвечивается режим работы «Metal» и значение частоты, подводимой от генератора.
5. Ручку «Уровень» установить в крайнее правое положение.
6. Плавно изменяя ручками «Частота грубо» и «Частота точно» частоту возбуждения источника и следя по осциллографу за сигналом приемника, добиться резкого увеличения амплитуды сигнала. Записать значение резонансной (а, следовательно, и собственной) частоты.
7. Опыт повторить три раза.
8. По формуле (3) вычислить скорость звука в стержне. Длину стержня принять $L = 20$ см.
9. Указанные измерения произвести со стержнями из стали, алюминия и латуни.

Контрольные вопросы

1. Как образуется стоячая волна? Каковы условия возникновения стоячей волны? Что такое узлы и пучности стоячей волны?
2. Чем стоячая волна отличается от бегущей?
3. Чему равно расстояние между двумя соседними узлами стоячей волны? двумя соседними пучностями? соседними пучностью и узлом?
4. Что называется собственными частотами стержня? Какой из стержней, исследуемых в работе, имеет наибольшую частоту основного тона?

Материал образца	L , м	ν , Гц	ν , м/с	$\langle \nu \rangle$, м/с	$\Delta \nu$, м/с	E , %
Сталь	0,2					
Алюминий	0,2					
Латунь	0,2					

Литература.

1. І. М. Кучерук та ін. Загальний курс фізики. Т.1. К. 1999.
2. Т. И. Трофимова. Курс физики. М., «Академия», 2005.