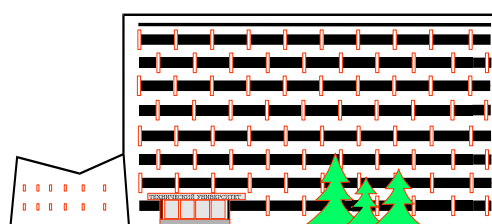


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Курский государственный технический университет

Кафедра физики



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЗВУКА В
ВОЗДУХЕ
МЕТОДОМ СТОЯЧИХ ВОЛН.**

Методические указания к лабораторной работе №18
по разделу физики «Механика»
для студентов всех технических специальностей дневной
и заочной форм обучения.

Курск 2007

Составители: Л. И. Рослякова

УДК 533

Рецензент

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Физика»

Е.В. Пьянков

Определение скорости звука в воздухе методом стоячих волн [Текст]: методические указания к лабораторной работе №18 по разделу физики «Механика»/ сост.: Л. И. Рослякова; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2007. 9с., ил.3, табл. 1. Библиогр.: с.9.

Содержит теоретические сведения по методу определения скорости звука, основанном на свойствах звуковой стоячей волны. Приведено описание лабораторной установки. Указывается порядок выполнения работы, вопросы для контроля знаний.

Методические указания соответствуют требованиям Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (2000г.) и рабочих учебных планов технических специальностей.

Предназначены для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции.

ИД№06430 от 10.12.01.

Подписано в печать .Формат 60х84 1/16.Печать офсетная.
Усл. печ. л. 0,44 . Уч.-изд. л. .Тираж 100 экз. Заказ .Бесплатно.

Курский государственный технический университет.
Издательско-полиграфический центр Курского государственного
технического университета. 305040 Курск, ул.50 лет Октября, 94.

Лабораторная работа № 18

Определение скорости звука в воздухе методом стоячих волн.

Цель работы: освоение интерференционного метода определения скорости распространения звука, определение скорости распространения звука в воздухе этим методом и анализ погрешностей измерения

Приборы и принадлежности: деревянная труба с подвижным поршнем и измерительной линейкой, звуковой генератор с телефонной мембраной

Введение

Звук, в широком смысле - колебательное движение частиц упругой среды, распространяющееся в виде волн в газовой, жидкой или твёрдых средах. Звуковые волны в газах и жидкостях являются продольными и представляют собой последовательные сгущения и разрежения частиц среды. Распространение звука в первую очередь характеризуется его скоростью.

Скорость звука - скорость перемещения в среде упругой волны при условии, что форма её профиля останется неизменной. Скорость гармонической волны называется также *фазовой скоростью звука*. Обычно скорость звука - величина постоянная для данного вещества при заданных внешних условиях и не зависит от частот волны и её амплитуды. В ряде случаев наблюдается *дисперсия скорости звука*, т.е. зависимость скорости его распространения от частоты.

Измерение скорости звука используется для определения многих свойств вещества, таких как сжимаемость газов и жидкостей, модули упругости твёрдых тел. Измерение малых изменений скорости звука является чувствительным методом определения наличия примесей в газах и жидкостях. Ряд контрольно-измерительных применений ультразвука в технике основан на измерениях скорости звука.

В данной работе предлагается определить скорость звука в воздухе методом стоячих волн.

Стоячая волна образуется при наложении двух встречных плоских волн с одинаковой амплитудой. Практически стоячие волны возникают при отражении волн от преград. Падающая на преграду волна и бегущая ей навстречу отраженная, налагаясь, дают стоячие волны. Это частный случай интерференции волн.

Положим, что смещение частиц среды, вызванные прямой и обратной волной, задаются уравнениями:

$$\xi_1 = \xi_0 \cos(\omega t - kx) \quad (1)$$

$$\xi_2 = \xi_0 \cos(\omega t + kx), \quad (2)$$

где ξ_0 – амплитуда колебаний частиц, ω – частота колебаний, k – волновое число.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (3)$$

В результате интерференции прямой и обратной волн, колебание в точке x будет происходить по закону:

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 \quad (4)$$

или

$$\xi = 2\xi_0 \cos kx \cdot \cos \omega t \quad (5)$$

Данное уравнение есть уравнение стоячей волны.

Графическое изображение стоячей волны показано на рис. 1.

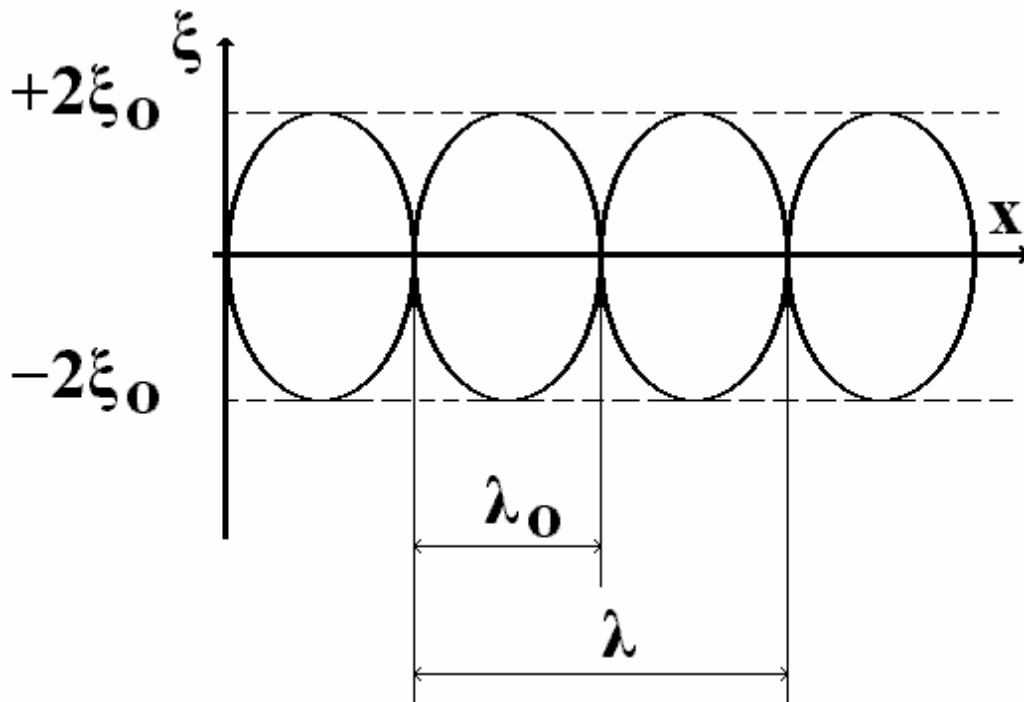


Рис. 1

Длина стоячей волны λ_0 равна половине длины бегущей волны λ .

Амплитуда стоячей волны зависит от x

$$A = 2\xi_0 \cos kx. \quad (6)$$

Точки, в которых амплитуда максимальна называются *пучностями* стоячей волны, точки, в которых амплитуда $A = 0$ называются *узлами* стоячей волны.

Простейший пример стоячей волны – плоская звуковая стоячая волна внутри наполненной воздухом трубы, например, органной, или такой как в данной лабораторной работе.

Экспериментально наблюдаемыми следствиями колебаний частиц являются периодические разрежения и сжатия (в общем случае – деформации) среды. Соответственно, экспериментально измеряемыми величинами, характеризующими распространение любых механических волн, в том числе и звуковых, являются периодическими изменяющиеся в каждой малой области среды плотность вещества, давление. К ним относятся и такие величины, как напряжение и деформация.

Следовательно, при распространении волн в среде мы воспринимаем перепады давления, которые описываются формулами аналогичными (1) – (6)

Описание лабораторной установки.

Установка схематически изображена на Рис. 2.

Основными элементами установки являются труба-резонатор в виде цилиндрического деревянного волновода - 1, внутри которой свободно перемещается поршень – отражатель с измерительной линейкой - 2. У открытого конца трубы закреплён источник звуковых сигналов – телефонная мембрана - 3, совершающая колебания в переменном магнитном поле от переменного тока, который задаётся генератором звуковых сигналов (ГЗ-34).

Звуковые стоячие волны образуются: (см. рис. 3) 1) из прямой волны (сплошная линия), идущей от телефонной мембраны к поршню; 2) из отраженной (пунктир) от поршня волны, фаза которой изменилась на обратную, так как отражение происходит от среды

акустически более плотной. Считаем, что отраженная волна не воздействует на источник колебаний. При определенных условиях в трубе возникает акустический резонанс.

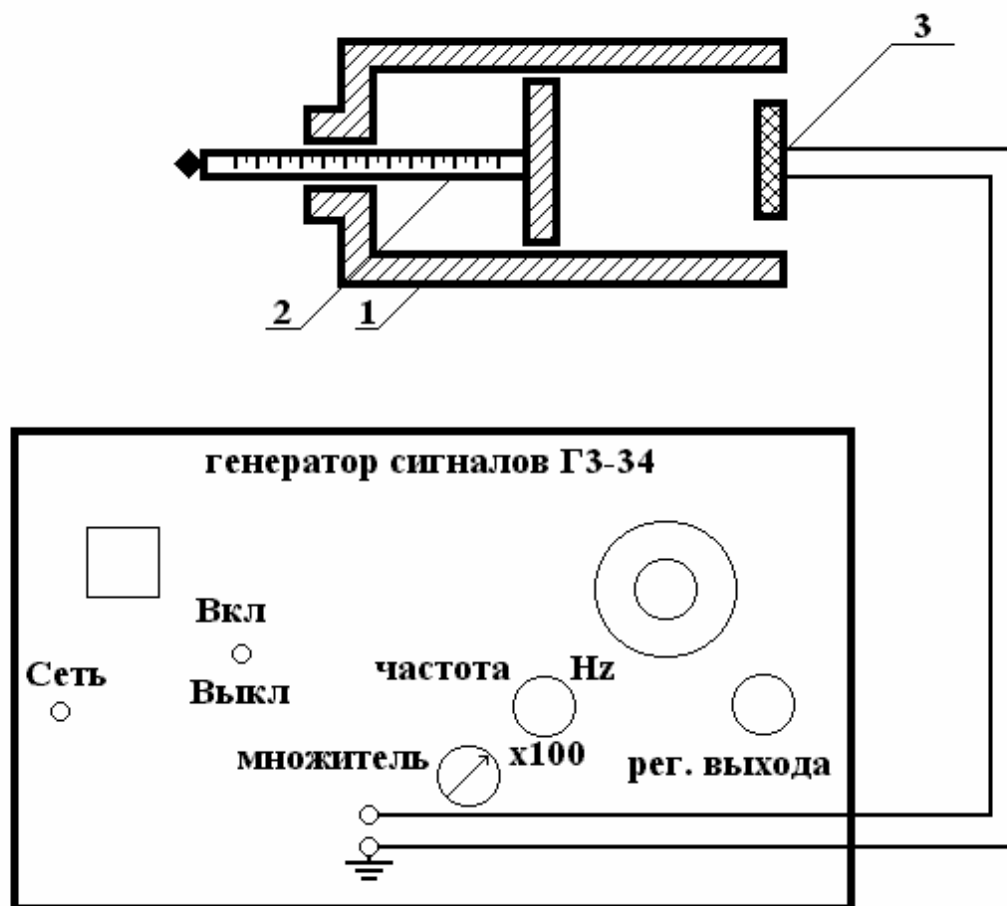


Рис. 2

Резонанс (откликаюсь) – явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний в колебательной системе при приближении частоты внешней силы (вызывающей вынужденные колебания) к частоте какой-либо из собственных колебаний данной колебательной системы.

В данной работе наблюдается акустический резонанс, то есть явление, при котором колебания столба воздуха в трубе достигают максимальной амплитуды. Это происходит тогда, когда частота звуковых колебаний телефонной мембраны (внешняя, вынуждающая сила) приближается к одной из собственных частот воздушного столба в трубе. Эта частота называется *резонансной частотой*. При

резонансной частоте звучание воздушного столба в трубе максимально.

Если постепенно отодвигать поршень от телефонной мембраны, то можно добиться резонанса, то есть максимального звучания воздушного столба, заключенного в трубе, при этом будет слышно последовательно усиление и ослабление звука. В этом случае в трубе образуются стоячие волны, причем у поршня всегда будет узел, а у открытого конца, где находится телефонная мембрана, - пучность.

Для наблюдения акустического резонанса необходимо, чтобы длина l столба воздуха между открытым концом трубы и поршнем удовлетворяла условию (см. рис. 3).

$$l = (2m - 1) \frac{\lambda_0}{2}, \quad (7)$$

где $m = 1, 2, 3 \dots$

На рис. 3 на длине l столба воздуха укладывается пять половин длин стоячей волны λ_0 (при $m = 3$)

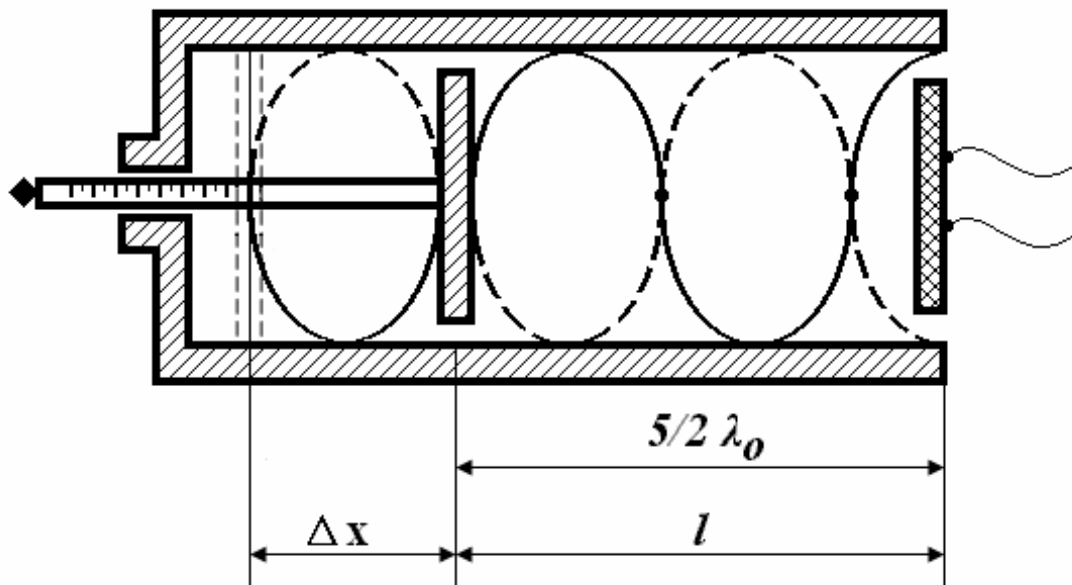


Рис. 3

Нахождение координат пучностей на «слух» связано с ошибкой, возникающей за счет некоторой «размазанности» самой вершины пучности. Более точным является определение координат узлов, так как при совпадении поршня с координатой узла звук практически исчезает (амплитуда волны обращается в нуль). Расстояние Δx (рис. 3) между двумя соседними узлами будет равно длине стоячей волны

$$\Delta x = \lambda_0. \quad (8)$$

Длина звуковой волны

$$\lambda = 2\lambda_0. \quad (9)$$

Зная частоту ν колебаний, которая выставлена на звуковом генераторе и определив длину звуковой волны λ определяют скорость распространения звука по формуле:

$$v = \lambda \nu. \quad (10)$$

Порядок выполнения работы

1. С разрешения преподавателя или лаборанта включить звуковой генератор ГЗ-34 в сеть.
2. Поставить тумблер «Сеть» на панели генератора в положение «Вкл» (при этом загорится сигнальная лампочка).
3. Спустя 2-3 минуты вращением ручки настройки прибора установить указатель частот ГЦ на цифру, указанную преподавателем.
4. Поставить поршень вплотную к открытому концу трубы и, вращая ручку регулятора выходного напряжения звукового генератора, установить силу звука такой, чтобы сигнал был едва слышен. (Остальные ручки управления генератора не трогать).
5. Медленно и равномерно отодвигая поршень от мембраны, определить координаты узлов стоячей волны. Измерение координат необходимо произвести для 5-6 узлов.
6. По разности координат узлов определить длину стоячей волны по формуле (8).
7. Из полученных 6 значений длины стоячей волны найти среднее значение длины бегущей волны по формуле (9).
8. Среднее значение λ подставить в формулу (10) и найти фазовую скорость распространения звука.
9. Аналогично провести измерения длины волны и рассчитать фазовые скорости распространения звука, выставив на звуковом генераторе другую частоту, указанную преподавателем, и проделав операции, указанные в п. 4-8.
10. Вывести формулу для подсчета относительной и абсолютной погрешности измерения фазовой скорости распространения звука и вычислить эти погрешности.

11. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

Таблица

№ п/п	$\nu, Гц$	$x \cdot 10^{-3}, м$ (координаты узлов)	$\lambda_0, м$	$\langle \lambda \rangle, м$	$\langle \nu \rangle, м/с$	$\langle \Delta \nu \rangle, м/с$	$\frac{\Delta \nu}{\nu}, \%$
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Контрольные вопросы

1. Как образуется и каким уравнением описывается стоячая волна. Вывести уравнение стоячей волны.
2. Какие волны называются звуковыми, что такое скорость звука и где используются измерения скорости звука.
3. Обосновать метод определения скорости звука в данной работе.

Библиографический список

1. Полунин В.М. Физические основы механики [Текст]: конспект лекций / В.М. Полунин, Г.Т. Сычев; Курск. гос. техн. ун-т; Курск, 2002. 180 с.
2. Трофимова, Т.И. «Курс физики» [Текст] М. «Высшая школа», 2000, с. 289-293.
3. Майсова, Н.Н. Практикум по курсу общей физики [Текст] М., «Высшая школа», 1970, с. 104-108.
4. Пьянков, Е.В. Волновые процессы в механике [Текст]: Учебное пособие / Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2001. 116 с.