

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВОГО ПРОЦЕССА МЕТОДОМ СТОЯЧИХ ВОЛН

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: исследовать условия образования «стоячих волн» и зависимость скорости распространения колебаний вдоль струны от силы её натяжения.

ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ: лабораторная установка для получения стоячих волн, генератор синусоидальных колебаний.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Струнами называют твердые тела, поперечные размеры которых ничтожно малы по сравнению с их длиной.

Если элементу струны, закрепленной на обоих концах (рис. 1), сообщим импульс, перпендикулярный её направлению, то он распространится вдоль струны. Возникнув в некоторой точке струны, импульс смещений дойдет до её конца и отразится с изменением фазы, а, достигнув противоположного конца, снова отразится, изменив фазу, и наконец вернется в исходное состояние. Далее процесс повторяется.

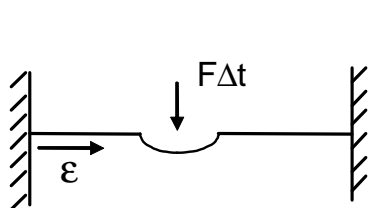


Рис. 1

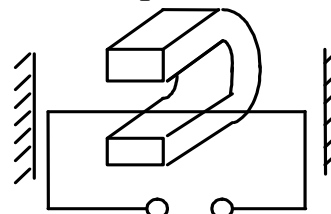


Рис. 2

Если к участку струны прикладывать периодически изменяющуюся силу, то по струне будет распространяться не отдельный импульс, а волна. Например, если постоянный магнит поместить над участком струны, по которой пропускать переменный ток, то на этот проводник с током, помещенный в магнитном поле, будет действовать переменная сила Ампера, которая будет то втягивать струну внутрь магнита, то выталкивать её (рис. 2). Таким образом, участок струны, помещенный между полюсами магнита, придет в колебательное движение, а по струне побежит волна, которая называется бегущей. Отразившись на конце, волна побежит в обратном направлении. Такую волну называют отраженной.

В результате наложения последовательно падающих и отраженных волн возникает стоячая волна с узлами на концах. При этом на длине струны L укладывается целое число полуволн:

$$L = n \frac{\lambda}{2},$$

где λ - длина волны; $n=1,2,3$ - число полуволн.

Отсюда длина волны

$$\lambda = \frac{2L}{n} \quad (1)$$

Принимая во внимание, что

$$\lambda = v/\nu,$$

где v - скорость распространения волны вдоль струны;

ν - частота (при пропускании по струне переменного тока промышленной частоты $\nu=50$ Гц), получим:

$$\nu = \frac{nv}{2L} \quad (2)$$

или

$$v = \frac{2L\nu}{n} \quad (3)$$

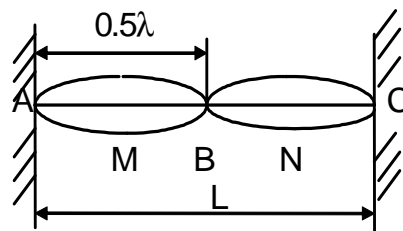


Рис. 3

Точки струны, где амплитуда результирующего колебания в любой момент времени равна нулю, называются узловыми точками (точки A , B , C на рис. 3). Точки струны, колеблющиеся с максимальной амплитудой, называются пучностями (точки M и N на рис. 3). Расстояние между двумя узловыми точками равно длине полуволн 0.5λ .

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

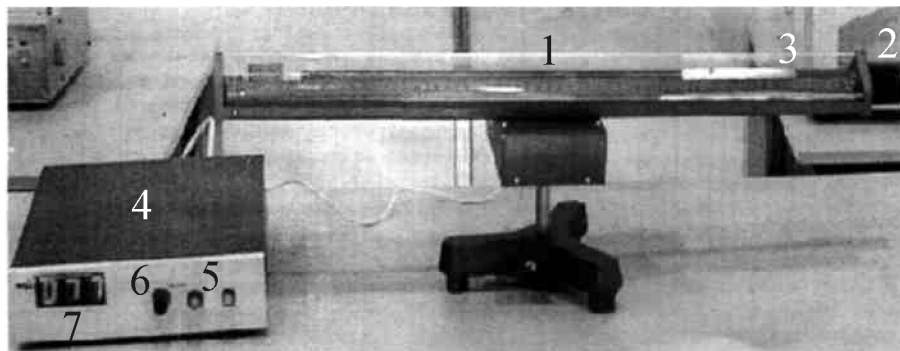


Рис. 4

Установка выполнена в настольном исполнении и состоит из объекта исследования и устройства измерительного.

Объект исследования состоит из жесткого основания, на котором закреплены постоянные магниты, между полюсами которых натянута струна 1, и механизма натяжения струны. Один конец струны жестко крепится к основанию, а второй прикреплен к тарировочной пружине. Второй конец пружины механически связан с винтовым механизмом 2,

при помощи которого осуществляется изменение натяжения струны. Сила натяжения струны измеряется при помощи указателя 3, перемещающегося по шкале при изменении натяжения струны. Измерение длины стоячих волн, образующихся на струне, производится по миллиметровой шкале нанесенной на прозрачный кожух, закрывающий переднюю стенку объекта исследования. Для улучшения видимости струны, за ней размещена лампа подсветки. Устройство питания лампы выполнено в виде отдельного блока и размещается под основанием объекта исследования. На задней панели устройства питания лампы находятся кабель для соединения с устройством измерительным, шнур для подключения к сети, сетевой выключатель, предохранители и клемма заземления. Объект исследования с помощью стойки устанавливается в штатив.

В состав устройства измерительного входят генератор синусоидальных колебаний с усилителем мощности для возбуждения колебаний струны и частотомер для измерения частоты генератора 4.

На задней стенке находятся разъём для подключения объекта исследования, клемма заземления, сетевой шнур с вилкой, сетевые предохранители и сетевой выключатель.

На передней панели размещены следующие органы управления: ручки ЧАСТОТА «ГРУБО» и ЧАСТОТА «ТОЧНО» 5 - для установки частоты генератора; ручка УРОВЕНЬ 6 - для установки необходимой амплитуды выходного напряжения генератора (амплитуда колебаний струны); цифровое табло частотомера 7.

ХОД РАБОТЫ

ЗАДАНИЕ 1. Наблюдение стоячих волн и выявление условий их образования

1. Подключите установку к сети 220 В. Нажмите кнопку СЕТЬ устройства питания лампы. После этого должна загореться лампа подсветки струны. Нажмите кнопку СЕТЬ устройства измерительного. После этого должно загореться цифровое табло устройства.

2. Дайте установке прогреться в течение 3-5 мин.

3. Измерьте длину активной части струны.

4. Установите натяжение струны $F_{нат}=0,2$ Н. Ручку УРОВЕНЬ установите в среднее положение.

5. Изменяя при помощи ручек ГРУБО и ПЛАВНО частоту в диапазоне 20-50 Гц, получите одну хорошо различимую полуволну на всей длине струны.

6. Увеличивая частоту, кратно полученной, получите различные полуволны. Максимальное число различимых полуволн должно быть не менее четырех.

7. Повторите пп.5-6 для различных (не менее трех) значений силы натяжения струны $F_{нат}$. **ПРИМЕЧАНИЕ: Запрещается задавать натяжение струны более 0,6 Н.**

8. Результаты наблюдения и измерения занесите в табл. 1.

Таблица 1

№, П/П	$L_{акт}$, м	$F_{нат}$, Н	Число полуволн n	ν , Гц	λ , м	υ , м/с	$\upsilon_{ср}$, м/с
			1				
			2				
			3				
			4				
			1				
			2				
			3				
			4				

ЗАДАНИЕ 2. Изучение зависимости скорости распространения волн вдоль струны от силы её натяжения

1. Используя результаты измерений задания 1, определите скорость распространения волн вдоль струны υ .
2. Результаты занесите в табл. 1. Сделайте выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется волновым процессом?
2. Какая волна называется продольной? поперечной?
3. Какая волна называется бегущей? отраженной? стоячей?
4. Какие точки в стоячей волне называются узловыми, а какие - пучностью?
5. Что называется длиной волны?
6. Какова связь между частотой ν , длиной волны λ и скоростью распространения волны υ в среде.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Н.В., Яшкин А.Я. Курс физики. Механика: Учеб. пособие для студентов заочников физико-математических факультетов пед. институтов. М.: Просвещение, 1978. – С. 355-361.
2. Архангельский М.М. Курс физики. Механика: Учеб. пособие для пед. институтов. – М.: Просвещение, 1975. – С. 327-335.
3. Лабораторный практикум по физике: Учеб. пособие для студентов пед. вузов/ Под ред. Кембировского Г.С. – Минск, 1986. – С. 262-265.