

Лабораторная работа № 4.2

Изучение стоячих волн и определение собственных частот колебаний струны

Принадлежности: 1) прибор для наблюдения стоячих волн; 2) измерительное устройство.

Цель работы: получение на струне стоячих волн, наблюдение картины распределения амплитуд и количественная проверка формулы собственных частот колебаний струны.

Теоретические сведения.

Если натянутую между двумя точками струну вывести из положения равновесия, она будет совершать колебания. Волна, распространяясь по струне, отражается от ее концов. Вследствие наложения падающей и отраженной волн в струне устанавливаются особые колебания.

Особенности состоят в том, что колеблются не все точки струны. Часть из них остаются неподвижными и называются **узлами** стоячей волны. На концах струны в точках закрепления обязательно получаются узлы, а между ними одна или несколько **пучностей** – областей, колеблющихся с максимальной амплитудой.

Между двумя соседними узлами все точки струны колеблются одновременно (в одинаковой фазе, синфазно), но с разными амплитудами.

Такой тип синфазных колебаний с характерным пространственным распределением амплитуд – чередованием узлов (нулей) и пучностей (максимумов) получил название **стоячей волны**. Расстояние между двумя соседними узлами равно половине длины волны.

Все точки, находящиеся между соседними узлами, одновременно достигают максимального отклонения и одновременно проходят через положение равновесия. На рис. 1 даны «моментальные фотографии» отклонений точек от положения равновесия в два близких момента времени t_1 и t_2 . Стрелками указаны направления движения точек струны.

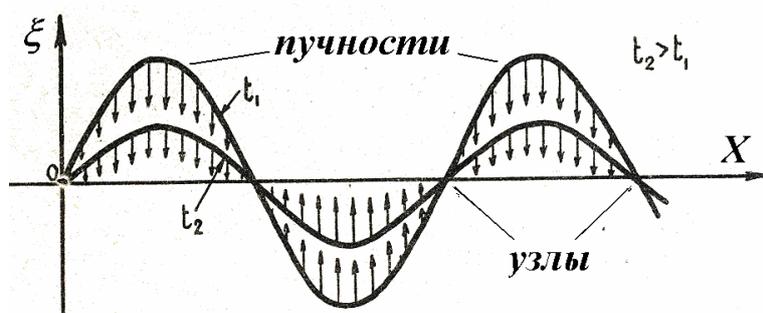


Рис. 1.

На рис. 2 показаны положения струны через каждую восьмую часть периода $\frac{T}{8}$. Вначале все точки струны лежат на прямой линии (см. рис 2).

Затем между неподвижными узлами происходит вспучивание струны, которое достигает максимума через четверть периода. После этого вспучивание спадает, и струна снова становится прямой через полпериода. Далее вспучивание происходит в другую сторону.

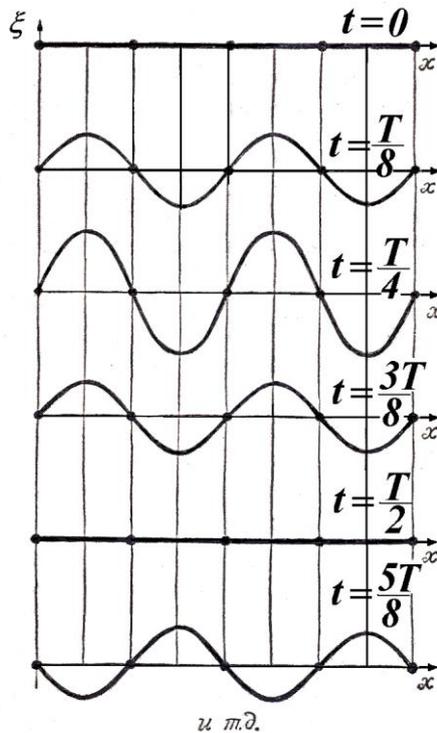


Рис. 2.

В каждое мгновение видна волна, при этом волна стоит на месте – отсюда название этого типа колебаний – **стоячая волна**.

Другие примеры стоячих волн – стоячая звуковая волна внутри воздушных труб (орган, духовые музыкальные инструменты), стоячие электромагнитные волны в линиях передач или волноводах.

В отличие от бегущей волны, которая может двигаться вправо или влево, у стоячей волны нет направления распространения. Это отличие видно на двух снимках, относящихся к близким моментам времени (рис. 3).

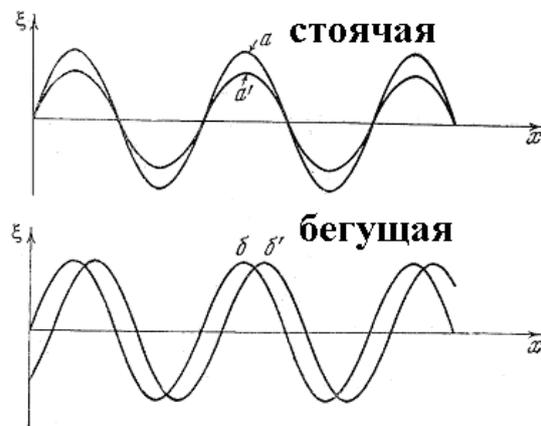


Рис. 3.

Как показывает расчет (см. Приложение к лабораторной работе 4.1.), частота колебаний струны может быть рассчитана по формуле

$$v_n = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{T}{\rho}}, \quad (16)$$

где m – масса грузика, растягивающего струну, ρ – масса единицы длины материала струны, n – число, показывающее, сколько стоячих волн уложилось на длине l струны.

Таким образом, в случае свободных колебаний струны в ней устанавливаются стоячие волны, частоты которых могут принимать только определенные дискретные значения, называемые **собственными частотами колебаний**.

Описание прибора.



Прибор состоит из жесткой основы, на которой закреплены постоянные магниты, между полюсами которых натянута струна, и механизма натяжения струны. Один конец струны жестко закреплен, а другой прикреплен к тарировочной пружине. Второй конец пружины механически связан с винтовым механизмом, с помощью которого можно изменять натяжение струны.

Сила натяжения струны измеряется с помощью показателя, который перемещается по шкале при изменении натяжения струны.

В состав измерительного устройства входит генератор синусоидальных колебаний и частотомер.

На передней панели устройства размещены:

- ручки «ЧАСТОТА ГРУБО» и «ЧАСТОТА ТОЧНО» – для установки частоты генератора;
- ручка «УРОВЕНЬ» для установки необходимой амплитуды выходного напряжения генератора (амплитуда колебаний струны);
- жидкокристаллический дисплей.

На струну с током действует магнитная сила, направленная перпендикулярно току. Поскольку ток переменный, то и сила изменяется с той же частотой и раскачивает струну. Частоту изменения силы можно изменять с помощью генератора. Когда частота магнитной силы становится близкой к частоте собственных колебаний струны, возникает резонанс, и колебания усиливаются.

Измерения.

1. Подключить установку в сеть 220 В. Нажать выключатель «СЕТЬ» устройства питания лампы подсвечивания (светится лампа). Нажать выключатель «СЕТЬ» измерительного устройства (светится подсвечивание дисплея и на дисплее отображается выставленная частота).
2. Дать установке прогреться 3-5 мин.

3. Установить натяжение струны 0,4 Н. Ручку «УРОВЕНЬ» установить в среднее положение.
4. Изменяя с помощью ручек «ЧАСТОТА ГРУБО» и «ЧАСТОТА ТОЧНО» Частоту в диапазоне 20-45 Гц, получить одну хорошо заметную волну на всей длине струны.
5. Увеличивая частоту, получить волны на других частотах. Максимальное число их не меньше четырех.
6. Записать показания генератора и зарисовать распределение амплитуд колебаний точек струны во всех случаях.
7. Повторить опыт при натяжении струны 0,3 Н.
9. По формуле (6) рассчитать частоты собственных колебаний для каждого случая и занести данные в таблицу.

$T, \text{ Н}$	n	$l, \text{ м}$	$\rho, \text{ кг/м}$	ν генератора, Гц	ν расчетная, Гц
0,4	1	0,62	$1,18 \cdot 10^{-4}$		
	2				
	3				
0,3	1				
	2				
	3				

Контрольные вопросы.

1. Что называется стоячей волной? Запишите формулу стоячей волны.
2. Что называется узлом (пучностью) стоячей волны?
3. Происходит ли в стоячей волне перемещение колебаний в пространстве (вдоль оси X)?
4. Наступает ли такое состояние стоячей волны, когда все точки струны лежат на одной прямой? Будут ли при этом точки неподвижны?
5. Происходит ли перенос энергии в стоячей волне вдоль оси X ?
6. В каких фазах колеблются точки струны между двумя узлами?
7. В каких фазах колеблются точки струны лежащие по обе стороны одного и того же узла?
8. Как изменяется амплитуда колебаний между двумя узлами?
9. Чем отличается стоячая волна от бегущей?
10. Какие колебания струны называются собственными?

Литература.

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