

Лабораторная работа № 4. 1

Изучение стоячих волн и определение собственных частот колебаний струны

Принадлежности: 1) генератор электрических колебаний ГЗ; 2) струна на подставке; 3) постоянный магнит; 4) набор грузиков; 5) аналитические весы.

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.

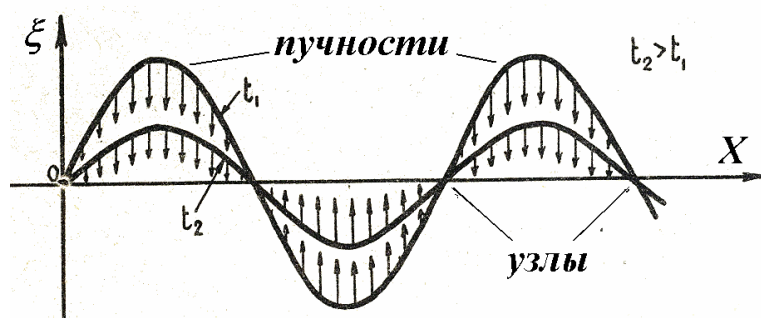
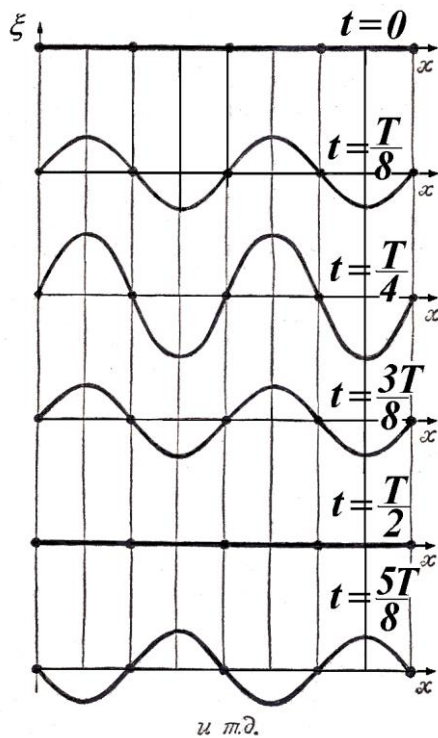


Рис. 1.

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.



и т.д.

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).

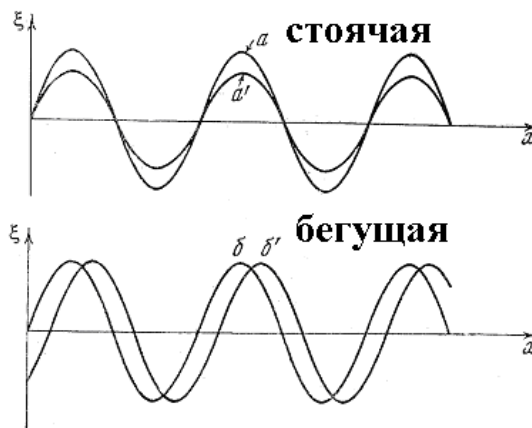


Рис. 3.

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

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

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 металлической струны 1 (рис. 4), один конец которой закреплен, а ко второму концу через неподвижный блок 2 прикреплен груз 3, что обеспечивает натяжение струны.

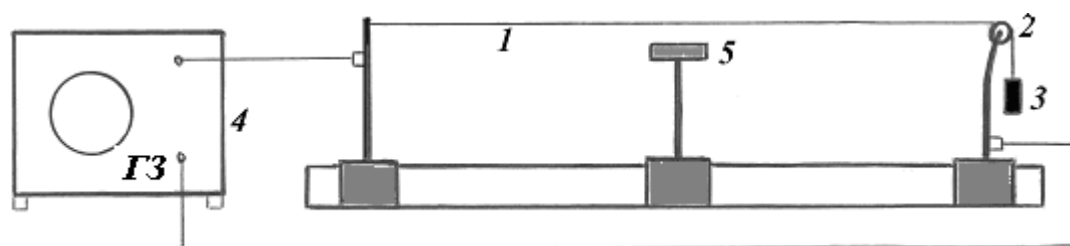


Рис.4.

По струне пропускают переменный ток от генератора 4 электрических сигналов ГЗ. Вращая ручку настройки, можно подавать на струну переменное напряжение синусоидальной формы в широком диапазоне частот.

Струна размещается над постоянным магнитом 5. 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. Собрать установку по схеме рис.4.
2. Создать натяжение струны, нагрузив струну грузиком массы m .
3. Перемещая магнит, установить его так, чтобы середина струны оказалась над ним.
4. Включить генератор. После того, как генератор в течение 2-3 мин прогреется, медленно изменять частоту переменного тока и добиться устойчивых колебаний при $n = 1$ (основная частота).
5. Записать показания генератора и зарисовать распределение амплитуд колебаний точек струны.
6. Затем установить магнит на расстоянии $1/4$ и $1/6$ длины струны и добиться устойчивых колебаний струны при $n = 2$ и $n = 3$. Записать показания генератора и зарисовать распределение амплитуд колебаний точек струны.
7. Повторить опыт при другом значении массы грузика.
8. Определить взвешиванием образца проволоки линейную плотность ρ струны.

9. По формуле (16) рассчитать частоты собственных колебаний для каждого случая и занести данные в таблицу.

m , кг	n	l , м	ρ , кг/м	ν генератора, Гц	ν расчетная, Гц
	1				
	2				
	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.