

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАУЧНОГО ОПЫТА В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ НА ПРИМЕРЕ ДЕМОНСТРАЦИИ СТОЯЧИХ ВОЛН С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ, ПОДВЕШЕННОГО НА ПРУЖИНЕ

С.И. Свечников

*Специализированный Учебно-научный центр
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова*

В статье предлагается демонстрация стоячих волн на вертикально подвешенной пружине. Предлагаемую демонстрацию можно использовать как при изучении физики в профильных классах, так и на лекционных демонстрациях в курсе общей физики. Идея опыта была взята из лекционной демонстрации¹. Один конец пружины закрепляется в лапке штатива, а к другому подвешивается электродвигатель постоянного тока, на валу которого закреплялся эксцентрик. Электродвигатель является вибратором, с помощью которого в пружине возбуждалась стоячая волна. Изменяя силу тока, протекающего через электродвигатель, можно изменять частоту возбуждаемых колебаний и наблюдать различные моды стоячих волн в пружине.

В качестве пружины для предлагаемой демонстрации используется спираль для электроплитки мощностью 800 Вт. При подвешивании к ней микроэлектродвигателя от детских игрушечных моделей, она деформируется, причем веса электродвигателя достаточно для необходимой величины деформации. Эксцентриком служит кусочек резинового шланга длиной 15 мм с внешним диаметром около 12 мм и толщиной стенки 2 мм. С помощью иглы толщиной около 1 мм в стенке шланга проделывается отверстие на расстоянии 3-4 мм от конца шланга. Через проделанное отверстие эксцентрик насаживается на вал микроэлектродвигателя. Дополнительной фиксации эксцентрика не требуется, потому что он достаточно прочно держится на трении.

Основной тонкостью предлагаемой демонстрации является подбор проводов для питания электродвигателя. Так как пружина обладает малым коэффициентом жесткости, то требуется тщательный подбор проводников, не вносящих искажений в колебания электродвигателя. Свой выбор мы остановили на многожильных проводах с ПВХ изоляцией диаметром 1 мм. Такие проводники содержат по 10 жил. Длина проводников составляет 0.8 м. Проводники припаиваются к выводам микроэлектродвигателя. К другим концам проводника припаиваются штекеры для быстрого включения электродвигателя в электрическую цепь.

Питание электродвигателя осуществляется от выпрямителя на выходе которого можно получить регулируемое напряжение до 10 В. Для плавной регулировки частоты вращения двигателя в электрическую цепь

¹Грабовский М.А., Млодзиевский А.Б., Телеснин Р.В. и др. Под ред. Ивероновой В.И. Лекционные демонстрации по физике Издание 2, переработанное//М. 1972.- с.168-169.

последовательно включают два реостата РПШ-1 и РПШ-5. Низкоомный реостат требуется для точной настройки частоты электродвигателя.

Перед демонстрацией устанавливают максимальное сопротивление реостатов. На выходе источника питания выставляют такое напряжение, чтобы в пружине наблюдалась вторая гармоника (первый обертон)², то есть частота электродвигателя подбирается таким образом, чтобы на длине пружины укладывалась целая волна. С помощью высокоомного реостата РПШ-2 увеличивают силу тока в цепи и наблюдают третью гармонику (второй обертон). При необходимости можно осуществить более тонкую настройку частоты с помощью низкоомного реостата РПШ-5. По мере увеличения частоты вращения двигателя наблюдают четвертую, пятую и более высокие гармоники. На предложенной экспериментальной установке удавалось пронаблюдать даже восьмую гармонику.

К сожалению, данная экспериментальная установка не позволяет пронаблюдать первую гармонику или основной тон. При уменьшении частоты возникает другой резонанс, который выражается в периодическом подъеме и опускании двигателя. Этот резонанс определяется деформацией продольного растяжения пружины. Частота возникновения этого резонанса зависит от жесткости пружины и массы двигателя.

Стоячие волны в пружине обусловлены другим резонансом, обусловленным поперечными колебаниями пружины. При этом резонансе колебания двигателя возникают около горизонтальной оси, проходящей через центр масс двигателя.

В заключение отметим, что на предлагаемой установке могут быть выполнены учащимися проектные работы, как по изучению стоячих волн, так и по исследованию обоих резонансов. Частоту вращения электродвигателя можно было бы измерить стробоскопическим методом. Учитывая, что на изучение стоячих волн программой выделяется не более двух часов в профильных классах, постановка такой проектной работы будет способствовать детальному изучению этого вопроса и заложит фундамент для изучения акустики.

² Джанколи Д. Физика. Том 1. Перевод с английского под ред. Ю.Г. Рудого// М. 1989- с. 454-456.