

## РЕАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ И ИХ КОМПЬЮТЕРНЫЕ АНАЛОГИ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ.

Синяков Г.Н., Храмович Е.М.

*Институт информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, [G.Sinyakov@mail.ru](mailto:G.Sinyakov@mail.ru),*

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» филиал «Минский радиотехнический колледж», Минск, Беларусь, [khramelena2014@mail.ru](mailto:khramelena2014@mail.ru).*

Компьютерные технологии в настоящее время становятся неотъемлемой частью целостного образовательного процесса. В последнее время в учебной практике просматривается тенденция замены реальных лабораторных работ на виртуальные. Однако следует учесть, что в идеализированной виртуальной работе не учитываются реалии эксперимента: шумы аппаратуры, помехи, наводки и т.д. Как справедливо заметили авторы [1], нельзя допускать к работе водителя, лётчика, врача, прошедших только компьютерную практику. Проблема неоднократно обсуждалась в литературе [2,3,4]. Специалисты приходят к заключению о необходимости разумного сочетания реальных и виртуальных лабораторных работ [5,6].

В курсе высшей физики тема «Затухающие механические колебания» вызывает определённые затруднения у студентов из-за большого количества понятий и определений.

Мы разработали экспериментальную лабораторную работу, в которой на основе затухающих колебаний математического маятника, даём возможность проработать все аспекты этой темы. В лабораторной работе на основе экспериментальных данных надо рассчитать:

- 1) энергию маятника в начале колебаний и её убыль за период,
- 2) коэффициент затухания,
- 3) коэффициент сопротивления среды,
- 4) время релаксации,
- 5) логарифмический декремент затухания,
- 6) добротность системы.

Лабораторный макет работы - элементарный: маленький шарик, подвешенный на длинной нити (рисунок 1).

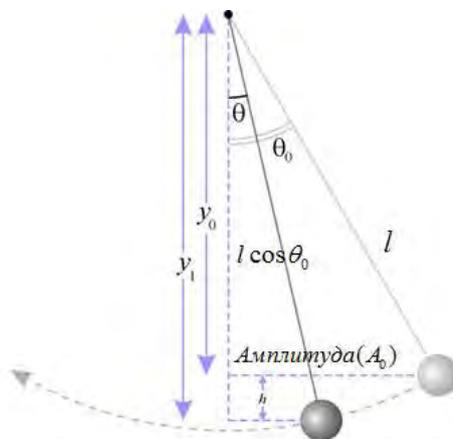


Рисунок 1 – Лабораторный макет

Колебания происходят по закону  $x = A_0 e^{-\delta t} \sin(\omega t)$ , где  $A_0$  – начальная амплитуда колебаний,  $\delta$  – коэффициент затухания,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  – круговая частота.

Отметим, что измеренная величина периода  $T$ , строго говоря, характеризует затухающие колебания, происходящие с частотой  $\omega$ .

$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}$ , где  $\omega_0$  – частота незатухающих колебаний,  $\delta$  – коэффициент затухания.

Однако, если  $\delta$  является малой величиной, то  $\delta^2$  будет бесконечно малой величиной второго порядка, которой можно пренебречь, и период затухающих колебаний  $T$  можно считать близким к периоду свободных колебаний  $T_0$ .

Система, с одной стороны, представляет математический маятник, а с другой её можно рассматривать как материальную точку, вращающуюся относительно точки подвеса. Исходя из этих двух рассмотрений, определяется энергия маятника.

В работе экспериментально измеряется длина нити  $l$ , время  $t$  и количество полных колебаний  $N$ , совершенных за время  $t$ . Из измерений  $t$  и  $N$  вычисляется период колебаний  $T$ . Также измеряется время  $t_2$ , за которое амплитуда колебаний уменьшается в 2 раза. Начальная амплитуда колебаний берётся небольшой ( $A_0 = 2\text{ см}$ ).

Используя формулу для периода колебаний  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , рассчитывается ускорение свободного падения  $g$ .

Энергия колебаний рассчитывается по трём формулам:

$$E_k = \frac{mV_{\max}^2}{2} = \frac{mA_0^2 \omega^2}{2} \quad (1)$$

$$E = \frac{I\omega_{\text{взл}}^2}{2} = \frac{ml^2 \omega_{\text{взл}}^2}{2} \quad (2)$$

$$E_0 = mgl \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{A_0}{l} \right)^2} \right) \quad (3)$$

Рассчитываются коэффициент затухания

$$\delta = \frac{\ln 2}{t_2} \quad (4),$$

логарифмический декремент затухания

$$\Theta = \delta T \quad (5),$$

добротность

$$Q = \pi \frac{t_2}{T \ln 2} \quad (6),$$

время релаксации ( $k = 2$ )

$$\tau = \frac{t_k}{\ln k} \quad (7).$$

Результаты расчётов студенты представляют в таблице.

Заметим, что в этой работе, как и в любой другой экспериментальной, существуют погрешности. В эксперименте сложно зафиксировать момент, когда нить начинает пересекать линию на шкале, соответствующую уменьшению амплитуды в 2 раза. Этот результат фиксируется с погрешностью не менее 5%.

Нет никаких проблем сделать эту работу виртуальной. Однако нам представляется более разумным другой вариант. Данные, полученные из эксперимента, можно обработать с помощью программы MathCad [7]. Получить график затухающих колебаний, определить из него время релаксации, логарифмический декремент затухания и другие параметры. Сопоставить рассчитанные параметры (формулы 1-7) с моделированными. Так мы и поступили.

На рисунке 2 приведен график затухающих колебаний, полученный путём моделирования.

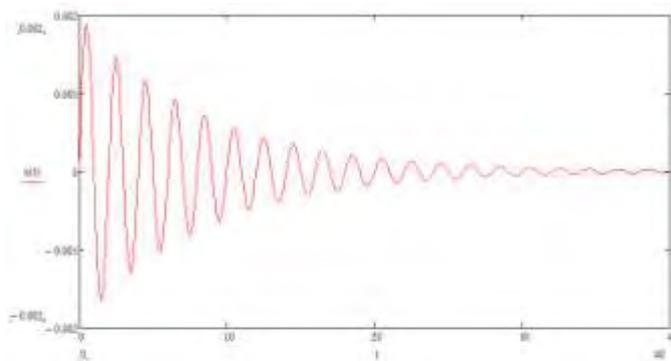


Рисунок 2 – Моделированный график затухающих колебаний

Отметим ещё одно достоинство работы. Каждой бригаде, выполняющей работу, предлагалась своя длина нити  $l$  и, таким образом, результаты измерений каждой бригады отличались от остальных. Это исключало возможность списывания.

Таким образом, экспериментальная работа с моделированием с помощью компьютерной программы MathCad даёт возможность студентам более глубоко освоить материал. Работа была апробирована на отделении КТФ Института информационных технологий БГУИР и показала высокую эффективность.

#### Литература

1. Курочкин А.Е., Горбачёв К.Л. О разумном сочетании виртуальной и реальной лабораторных работ // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития. Материалы VIII Международной научно-методической конференции. 17-18 ноября 2016 г. Ч.1. С.286-288.
2. Яцевич И.В., Яцевич С.Ю., Василевич А.Е. Разработка и создание лабораторного практикума «Основы радиоэлектроники».– [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://elib.grsu.by/katalog/159501-344660.pdf>.
3. Харазян О.Г. Регулятивные принципы комплексного использования современных информационных технологий и учебного физического эксперимента.– [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.elib.bsu.by/bitstream/123456789/22973/1/Харазян%20О.Г.pdf>.
4. Курочкин А.Е. Компьютерные демонстрационные программы как необходимый элемент аудиторной и самостоятельной работы студентов всех форм обучения// Информационные технологии в науке и образовании. Материалы международной НП интернет-конференции, 28-30 марта 2007 г.– Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2007.
5. Курочкин А.Е. Компьютерные технологии и организация учебного процесса// Вопросы Интернет-образования.– № 48.– 2007.
6. Курочкин А.Е. Виртуальный лабораторный практикум по дисциплине Радиоприемные устройства// Высшее техническое образование: проблемы и пути развития: материалы V МНМК, Минск, 24-25 ноября 2010.– Минск: БГУИР, 2010.
7. <http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=3530250>