

УДК 681.58:681.32

## МОДЕРНИЗАЦИЯ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Елкин И. С., к.т.н., доцент

Ушаков А. Е., студент гр. МСб-171, III курс

Шихалиева М. А., студент гр. МСб-171, III курс

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева  
г. Кемерово

**Аннотация.** В работе представлены результаты по модернизации лабораторного комплекса используемого для учебных и научных исследований. Основой для автоматизированного управления лабораторной установкой является интерфейс Ардуино. Модернизация лабораторной установки позволяет изучить влияния изменения распределения масс махового колеса на его кинематические характеристики.

**Ключевые слова:** лабораторный комплекс, учебное оборудование, физика, автоматизация научного эксперимента, Arduino, программное обеспечение.

В современных условиях проведение научных исследований и решение учебных задач в образовательном процессе тесно связано с использованием современного лабораторного оборудования, которое является дорогостоящим, а имеющееся оборудование выпущено еще в 70-е годы и 80 годы прошлого столетия, устарело по техническим и моральным показателям, не отвечает современным техническим требованиям учебного процесса, а также требованиям к приборам, предназначенных для проведения научных исследований [1, 2, 3]. Одним из направлений решения данной проблемы является модернизация имеющегося в наличии оборудования путем использования ИТ-технологий, автоматизации управления установки.

Современные промышленные технические решения позволяют с малыми материальными и трудозатратами способами решать разные задачи. Одновременно производится расширение спектра измеряемых физических величин и повышается уровень качества их обработки, получение важных закономерностей при исследованиях, что позволяет получить более достоверную физическую картину при исследованиях.

Для решения данных целей была использована учебная промышленная установка, лабораторный комплекс «Механика», предназначенная для изучения поступательного и вращательного движения твердого тела – маятник

Обербека, выпущенная в конце 80-х годов, которая использовалась в образовательных целях на протяжении более 30 лет [3, 4]. Достоинством установки является надежность ее конструкции, низкий износ механических частей за предыдущий период ее эксплуатации. Для измерения показателей, согласно инструкции производителя, использовался программируемый калькулятор типа МК-56 или измерение производилось с помощью обычной линейки и секундомера. Погрешность измерений составляло порядка 15 - 25%.

Нами была сконструирована система для автоматизированного управления лабораторной установкой на основе платформы Atmega328 аналогично использованной в [5].

Основными фиксируемыми параметрами являются: скорость, частота обращения, время движения. Помимо того, с помощью средств программного обеспечения можно существенно расширить спектр расчетных величин путем введения в программу функций, что позволяет на новом современном уровне продемонстрировать выполнимость и справедливость основных законов механики.

В конструкции лабораторного комплекса производителем предусмотрена возможность изменения момента инерции махового колеса 1 (рис. 1) путем передвижения грузиков 2, размещенных на спицах махового колеса маятника. Изменение момента инерции путем передвижения грузиков отражается на результатах измерений скорости вращения и поступательного движения груза на нити.

Автоматизация установки позволяет расширить спектр изучаемых явлений. В частности, несбалансированность распределения масс в маховом колесе оказывает существенное влияние на фиксируемые показания. Кроме того, экспериментальная установка позволяет изучить влияние распределения грузов на изменение момента инерции и параметры движения.

При нарушении симметричного расположения грузов характер движения переходит от равноускоренного к колебательному движению. С увеличением асимметричности расположения грузов на спицах добавляется колебательная составляющая. При симметричном распределении грузов на спицах махового колеса уравнение изменения скорости движения груза на нити описывается в виде:

$$v_{\text{пр}} = v_0 + at,$$

где  $v_0$ ,  $a$  - начальная скорость поступательного движения груза на нити и его ускорение, соответственно.

При асимметричном распределении грузов относительно оси вращения уравнение приобретает вид:

$$v_{\text{пр}} = v_0 + at + v_A \sin(\omega t),$$

где  $v_A$ ,  $\omega$  - амплитуда колебания скорости движения, частота колебаний скорости, соответственно.

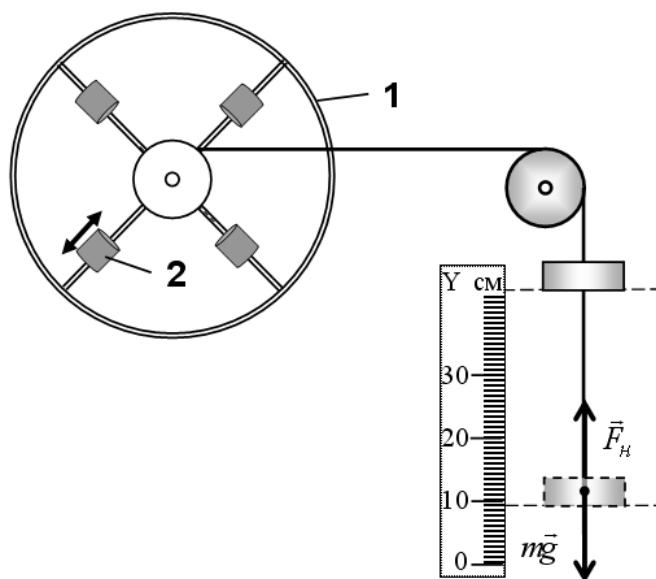


Рис. 1. Маховое колесо с грузом на нити:  
1 – маховое колесо; 2 – груз на спице

Период колебаний скорости зависит от момента инерции:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}},$$

где  $J$ ,  $m$ ,  $l$  - момент инерции махового колеса, масса махового колеса, расстояние от центра масс до оси вращения махового колеса, соответственно.

На рис. 2 приведены зависимости скорости груза на нити от времени при различных положениях грузах на спицах.

В работе над установкой было сделано следующее. Установлен электромагнитный тормоз, позволяющий контролировать процесс запуска установки и остановки ее работы. Разработаны программное обеспечение и методика проведения исследования.

Программное обеспечение для управления работой установкой разработано на основе C++. Основные конструктивные элементы установки имеют определенные оптимальные параметры в целях повышения точности измерений. Основным элементом для фиксирования данных движения является применение фотодатчика с энкодером.

Фиксированные величины одновременно могут передаваться на компьютер, затем экспортироваться в таблицы MS Excel. После обработки в программе MS Excel строятся графики.

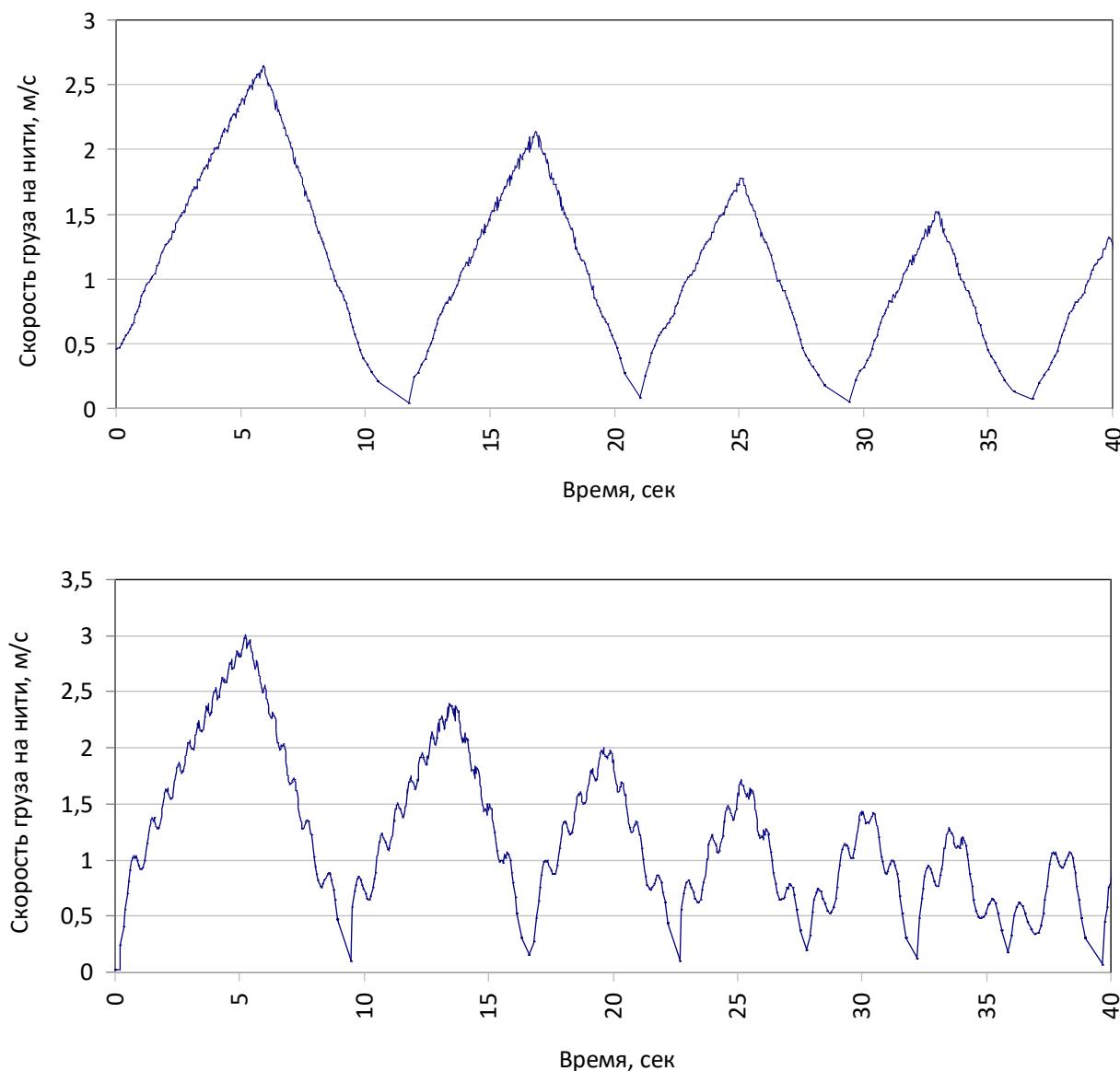


Рис. 2. Зависимость изменения скорости груза от времени:

- 1 – при симметричном расположении грузов на спицах;
- 2 – при ассиметричном расположении

#### Список литературы:

1. Автоматизация лабораторного эксперимента: Учебное пособие по курсу "Автоматизированные системы научных исследований" / С. И. Ковалев, Е. В. Свиридов, А. В. Устинов ; Ред. Г. Ф. Филаретов; МЭИ ТУ . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 40 с.
2. Основы автоматизации эксперимента. Лабораторный практикум: Учебно-методическое пособие / А.Е. Герман. – Гродно: ГрГУ, 2004. – 150 с.

3. Механика. Кинематика и динамика поступательного и вращательного движения : лабораторный практикум К-402.1 по дисциплине "Физика" для технических специальностей и направлений подготовки всех форм обучения / КузГТУ, Кафедра физики ; составитель И. С. Елкин – Кемерово : КузГТУ , 2020. – 37 с.

4. Детлаф, А. А. Курс физики : учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 5-е изд., стереотип. – М. : Издат. центр «Академия», 2007. – 720 с.

5. Елкин И.С., Ушаков А.Е., Шихалиева М.А. Разработка автоматизированного лабораторного комплекса на базе микропроцессора ATMEGA2560 В сборнике: Россия молодая Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2019. С. 40305. // [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_41502083\\_42581002.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41502083_42581002.pdf).