

**Ч. М. Федорков, А. С. Кляузо, Н. Б. Нисковских**

**Ch. Fedorkov, A. Kliauzo, N. Niskovskikh**

*Белорусский государственный педагогический  
университет имени Максима Танка  
(Минск, Беларусь)*

## **ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС В ЭМПИРИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ ДИНАМИКИ**

### **DIGITAL MEASURING COMPLEX IN EMPIRICAL PROBLEMS OF DYNAMICS**

В сообщении представлена возможность расширения лабораторного эксперимента по эмпирическому изучению поступательного и вращательного движения в цифровом формате на основе установки более совершенного типа в сравнении с машиной Атвуда.

The report presents the possibility of expanding the laboratory experiment on the empirical study of translational and rotational motion in digital format based on an installation of a more advanced type in comparison with the Atwood machine.

**Ключевые слова:** сила, эксперимент, движение, блок, груз, датчик, ноутбук, уравнения.

**Keywords:** force, experiment, motion, block, load, sensor, laptop, equations.

**Состояние проблемы. Постановка задачи.** Постановка и проведение лабораторного эксперимента в механике по разделам кинематики и динамики сопряжено с обеспечением постоянства действующих сил и корректностью измерений временных интервалов. Наличествующие на сегодняшний день электронные секундомеры позволяют с хорошей степенью точности фиксировать временные отрезки, что в первую очередь приемлемо для движения, типа свободного падения, где побудителем выступает земная гравитация. Малость сил трения при таком движении позволяет ставить и решать прямую и обратную задачи, однако быстрота самого процесса уменьшает созерцательную составляющую эксперимента, высоту в 1 метр тело в свободном падении проходит

за четыре десятых секунды. Для удобства наблюдения требуется замедлять движение, например, вводя силы трения и корректно учитывая их при измерении и представлении результатов. Также действие силы тяжести удобно применять при моделировании движения в системе блочного устройства, где блок как тело вращения в виде диска с желобком и находящейся в нем нитью приводится в движение при неравенстве масс на его плечах. Характерно, что для блока быстротечность движения под действием сил тяжести может быть уменьшена.

Следует отметить, что применительно к задачам динамики известный эксперимент с применением USB-датчиков-преобразователей, скоммутированных непосредственно на входные порты компьютера может быть существенно расширен. При этом случаи, по ходу которых требуется регистрировать временные отрезки, находят новое отображение в реализации и осмыслении многообразии вариантов движения с доступной точностью измерения. При этом при постановке эксперимента требуется только корректно представить параметры движения в их взаимосвязи и по данным измерений определить искомые численные значения.

В сообщении представлен один из вариантов расширения лабораторного эксперимента по эмпирическому изучению поступательного и вращательного движения на основе установки более совершенного типа в сравнении с машиной Атвуда.

**Основные элементы модернизированной установки и принцип ее действия.**

Установка составлена на основе двух блоков, один из которых имеет неподвижную ось вращения, а одно из плеч нагружено собственным (подвижным) блоком (рисунок 1).

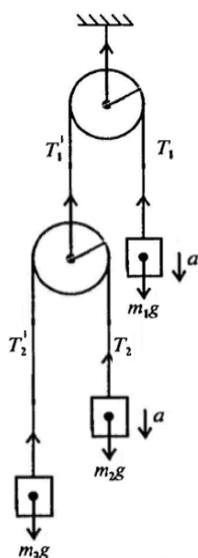


Рисунок 1 – Схематическое изображение лабораторной установки подвижно-неподвижного блоков для изучения динамики четырех видов движения

В таком приближении в системе имеются три груза – левый, промежуточный и правый, параметры движения которых следует определять по ходу эксперимента при измерении временных интервалов и решении задачи динамики такой системы.

На рисунке 1 показано схематическое изображение лабораторной установки подвижно-неподвижных блоков для изучения динамики четырех видов движения методом регистрации временных интервалов датчиками-преобразователями USB-типа.

В представленном варианте установки предусмотрено, что к одному из плеч основного неподвижного блока присоединяется непосредственно груз (правый) заданной массы, создающий натяжение нити, а другое плечо основного блока через нить нагружено не просто заданной массой, а системой переменной массы, за счет соединения с осью вторичного блока. Установка снаряжена системой мерных отрезков длины в виде линеек с делениями, на которых фиксируются пары датчиков преобразователей для измерения временных интервалов подъема-опускания правого груза, левого груза, самого подвижного левого блока (рисунок 2).

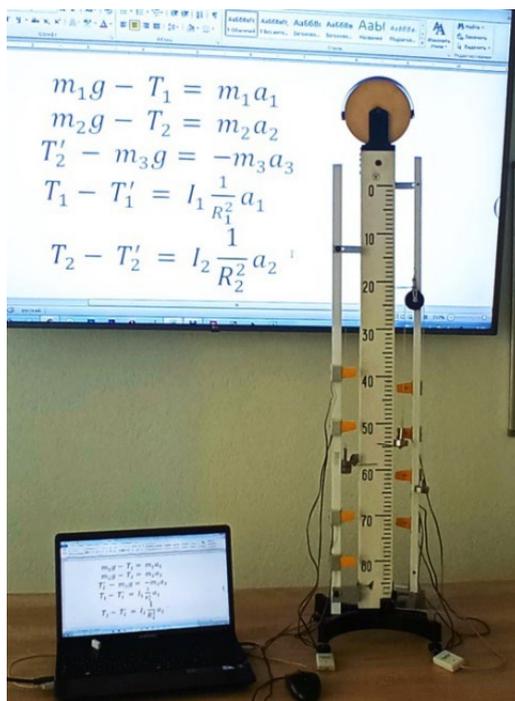


Рисунок 2 – Экспериментальная установка системы подвижных блоков, позволяющая определить интервалы времени на отдельных участках пути

Установка по существу позволяет отобразить и исследовать в реальности сложное движение системы, рассматриваемое ранее только аналитически в текстовых задачах механики. В настоящем случае путем разбалансирования левого подвижного блока можно обеспечить изменение натяжения левой нити

основного блока от максимального до минимального, что в свою очередь позволяет получить режим движения правого груза от подъема до опускания. Фиксируя временные интервалы и отрезки длины, легко включить эти параметры в систему уравнений для движения всех элементов.

Как упомянуто, состояние движения грузов в системе вторичного блока позволяет варьировать силу натяжения нити основного блока, при этом задачу можно дополнительно расширить, вводя параметры инерционности вращения, факторы диссипации энергии в осях. Более того, введя в плечо каждой четырех нитей по чувствительному динамометру и запуская установку, возможно по данным регистрации промежутков времени и высоты выявить не только ускорения грузов на основном и вторичном блоках, но и параметры натяжения нити в приближении ее не идеальной жесткости. Для этого, в частности, возможно применить и разрешить систему уравнений.

В представленном варианте эксперимента сложность при регистрации времени обычным способом, требующая использования либо двух и более секундомеров, электронных датчиков типа L-micro, исключается при введении нескольких пар USB-датчиков, которые измеряют и отображают на мониторе временные интервала на заданных отрезках длины. Установка позволяет экспериментально реализовать четыре вида движения. В частности, система уравнений (рисунок 2) в принятых обозначениях как видно из (рисунок 1) описывает движение с опусканием правого и среднего грузов и вращением обоих блоков конечной массы по часовой стрелке. Как упоминалось, при близости масс грузов на левом подвижном блоке возможно обеспечить его опускание и подъем правого груза. Наконец, в рамках представленной схемы возможно реализовать эти же варианты движения при измененном соотношения масс левого и промежуточного грузов.

Таким образом, достаточно простое аналитическое построение решения представленной задачи позволяет экспериментально исследовать динамику такого рода системы с варьируемой массой, включая состояния, близкие к невесомости. Установка может быть использована для совершенствования навыков студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей в постановке и интерпретации эмпирических задач механики в учреждениях высшей и средней школы, в том числе и при профильном обучении в приближении действия сил трения и инерции для поступательного и вращательного движения.

#### **Список использованных источников**

1. Sobol. V. Interactive representation of the laws of mechanics on the basis of digital model "Atvud mashine". Sobol V., Zinkevich O., Fedorcov Ch./Educational information technologies and a robotics.//Proc, Rep. Scient./Pract. Conf. Minsk. March 27-28, 2018. P. 108-111/

2. Кляузо А.С. Расширение задачи по изучению динамики и кинематики вращательного движения в лабораторном практикуме с экспериментом на основе системы блоков / В.Р. Соболев // Студенческая наука – инновационный потенциал будущего : сб. ст. Междунар. форума. студен. науки, Минск, 18–28 апр. 2022 г. / Белорус. гос. пед. ун-т ; редкол.: А. В. Торхова [и др.]. – Минск, 2022. – С. 36 -38.