

УДК 534:681.58:681.32

## РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ НА ПРУЖИННОМ МАЯТНИКЕ

Массов И. К., студент гр. МРб-161, II курс  
Научный руководитель: Елкин И. С., к.т.н., доцент

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

### Аннотация

В работе представлены результаты по разработке лабораторной установки по исследованию зависимости вязкости жидкости от температуры.

**Ключевые слова:** вязкость, автоматизация лабораторного эксперимента, пружинный маятник, моделирование.

В связи с прогрессивным развитием ИТ-технологий, микропроцессорной электроники и ее практическим внедрением, как в производственных масштабах, так и в общественной жизни, становиться доступным и легко реализуемым, в виде создания автоматизированных и робототехнических устройств [1], [2]. В частности, в рамках интенсификации учебного и научного лабораторного эксперимента становится актуальным повышение качества лабораторного эксперимента и ведения научного эксперимента.

Целями проведенных исследований являлось:

1) разработка лабораторной установки для исследования коэффициента вязкости в зависимости от температуры с применением автоматизированных электронных систем управления и сбора результатов измерений.

2) исследование затухающих колебаний пружинного маятника в вязкой среде на разработанной установке.

Особенности разработанной установки заключаются в следующем. Разработана система автоматического фиксирования времени колебаний и количества колебаний, что позволяет повысить точность измерений коэффициента вязкости.

Использование пружинного маятника для определения коэффициента вязкости предопределется простотой возможности автоматизацией исследовательского процесса.

Дифференциальное уравнение движения при затухающих колебаниях пружинного маятника в вязкой среде описывается уравнением [3], [4]:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = 0,$$

где  $b = 6\pi R \eta$  – коэффициент сопротивления для тел сферической формой;  $m$  – масса тела;  $R$  – радиус шарообразного тела.

Решением дифференциального уравнения является функция с циклической частотой  $\omega$  и периодом колебаний  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ :

$$x(t) = A_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \alpha_0) = A_0 e^{-t/\tau} \sin(\omega t + \alpha_0),$$

где  $\tau$  – постоянная времени затухания, время релаксации;  $\alpha_0$  – начальная фаза колебаний.

Логарифмический декремент затухания определяется по формуле

$$\Theta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T = \frac{1}{\tau} T,$$

где  $\beta$  – коэффициент затухания.

Коэффициент затухания  $\beta$  определяется по формуле

$$\beta = \sqrt{\omega_0^2 - \omega^2},$$

где  $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{2\pi}{T_0}$  – циклическая частота собственных (незатухающих)

колебаний того же маятника.

Тогда коэффициент вязкости равен

$$\eta = \frac{\beta m}{3\pi R}.$$

Таким образом, для измерения коэффициента вязкости жидкости достаточно измерить период колебаний маятника в вязкой среде  $T$  и период собственных колебаний  $T_0$  этого же маятника, например, в газовой среде.

Схема разработанной установки представлена на рис.1.

Электронная система управления построена на использовании программируемого микроконтроллера типа AVR с программным обеспечением на языке C++.

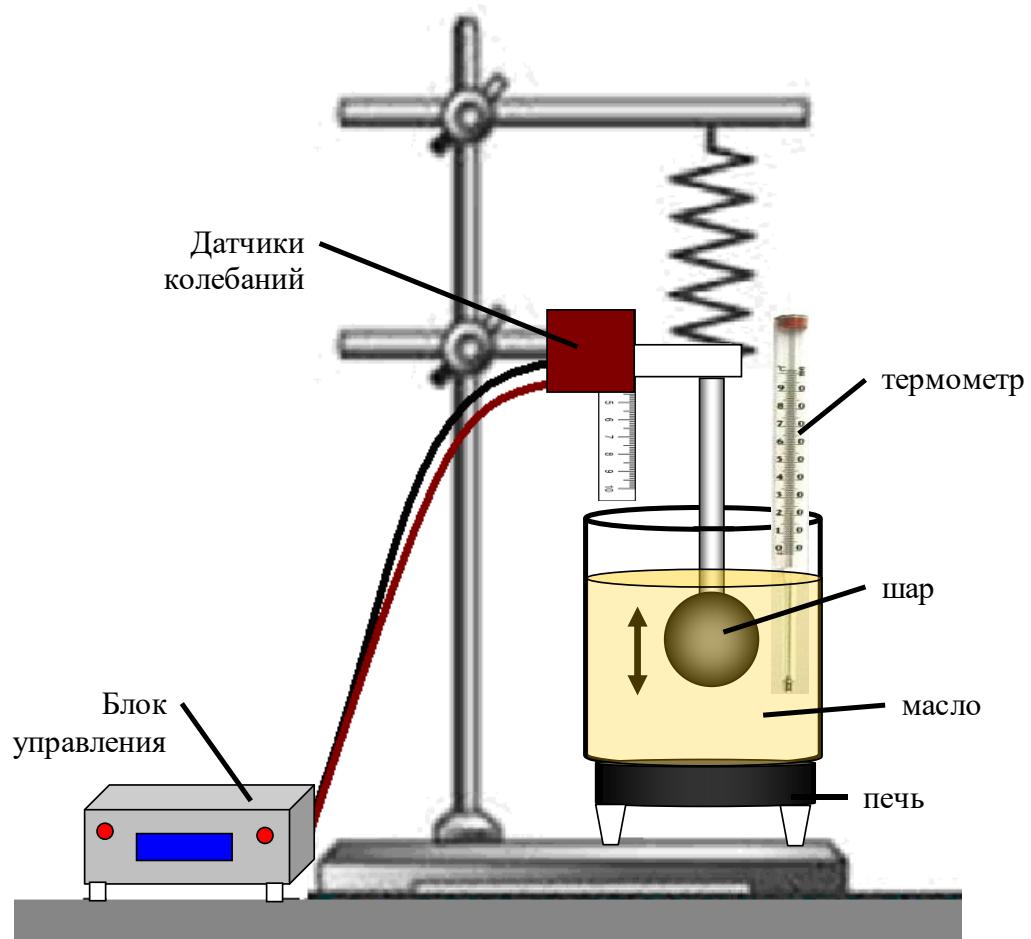


Рис. 1. Схема лабораторной установки

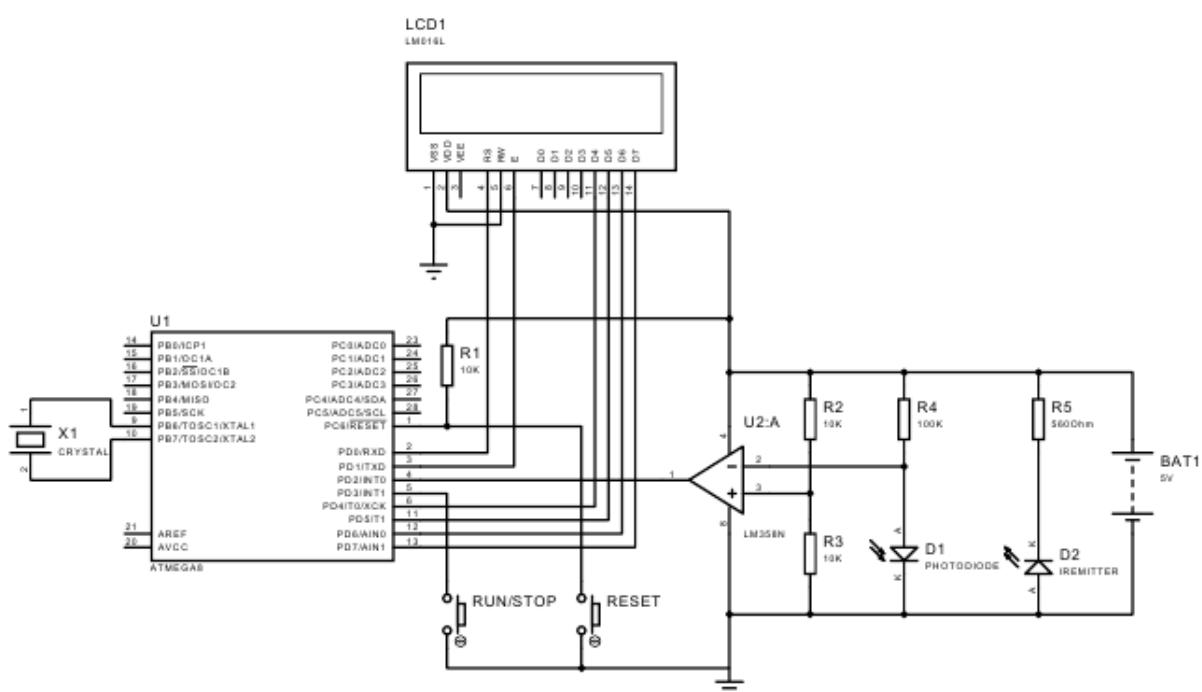
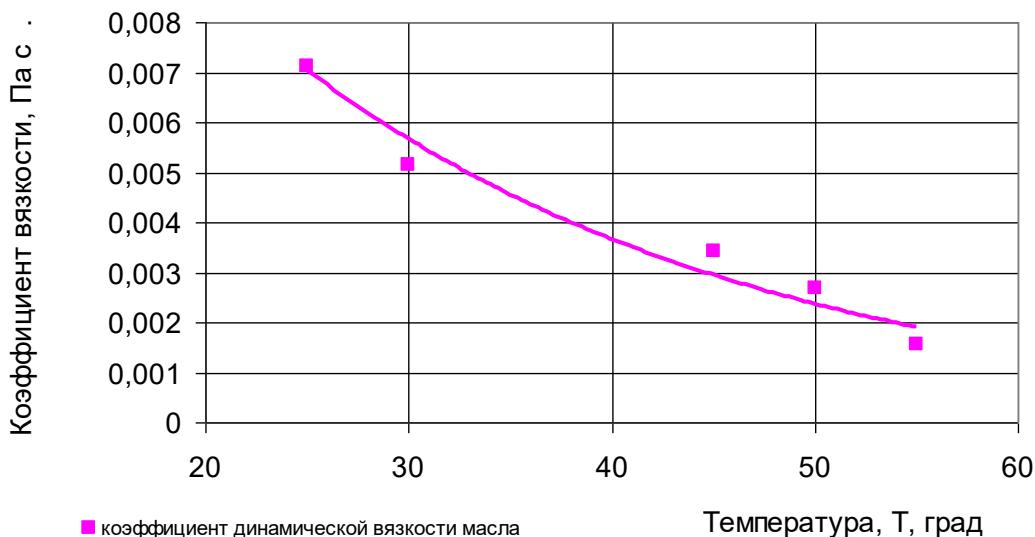


Рис. 2. Принципиальная схема программируемого цифрового таймера

На рис. 3 представлены результаты измерений коэффициента вязкости масла от температуры  $\eta = f(T^\circ)$ .



*Рис. 3. Изменение коэффициента вязкости машинного масла от температуры*

Процесс колебания пружинного маятника является быстро протекающим, период составляет около одной секунды. Измерение периода в ручном режиме таймером приводит к существенным погрешностям и неудовлетворительным конечным результатам при определении коэффициента вязкости.

Проведенные исследования по изменению вязкости в зависимости от температуры показали удовлетворительную сходимость результатов с результатами полученным по другим методам исследований.

#### Выводы

Разработанная установка имеет целью расширить учебный лабораторный комплекс.

Лабораторная установка позволяет автоматизировать проведение научных исследований.

Лабораторная установка может быть использована для проведения научных исследований.

#### 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. Ревинская О.Г., Кравченко Н.С. Затухающие колебания: учебно-методическое пособие / О.Г. Ревинская, Н.С. Кравченко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 15 с.

4. Детлаф, А. А. Курс физики : учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – Москва : Академия, 2007. – 720 с.