

УДК 621.892

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
МОДЕЛИ МАШИНЫ ТРЕНИЯ**

**DEVELOPMENT AND RESEARCH
OF MODEL OF THE MACHINE OF FRICTION**

P.P. АЛЕШИН, А.А. КАТАМАНОВ, А.В. ИВАНОВ, С.А. ЕГОРОВ, Е.К. ВИКТОРОВ
R.R. ALESHIN, A.A. KATAMANOV, A.V. IVANOV, S.A. EGOROV, E.K. VIKTOROV

(Ивановский государственный политехнический университет)
(Ivanovo State Polytechnic University)
E-mail: tmp@ivgpu.com

Разработаны модель машины трения и система измерения на основе энкодера и микроконтроллера. Произведена обработка результатов измерения. Получены функции разгона и торможения маятника. Рассчитаны параметры этих функций.

The model of machine friction and system for measuring based on encoder and microcontroller are development. The results of this measurement were processed. Function of acceleration and breaking of pendulum are obtained. The parameters of functions have been evaluated.

Ключевые слова: автоматизация, машина трения, энкодер, микроконтроллер, математическая обработка данных, аппроксимация.

Keywords: automation, machine of friction, encoder, microcontroller, mathematical data processing, approximation.

Исследование смазочных материалов для технологического оборудования проводится в лабораторных условиях. Для этих целей используют маятниковый трибометр, который позволяет проводить из-

мерения момента трения путем измерения угла отклонения маятника, закрепленного на оси вращения [1...3].

Для исследования и регистрации процессов, происходящих между трущимися

поверхностями, была разработана система измерения, состоящая из установки для моделирования машины трения и микропроцессорной системы регистрации результатов измерений.

Внешний вид разработанной установки с промышленным датчиком угла поворота показан на рис. 1.

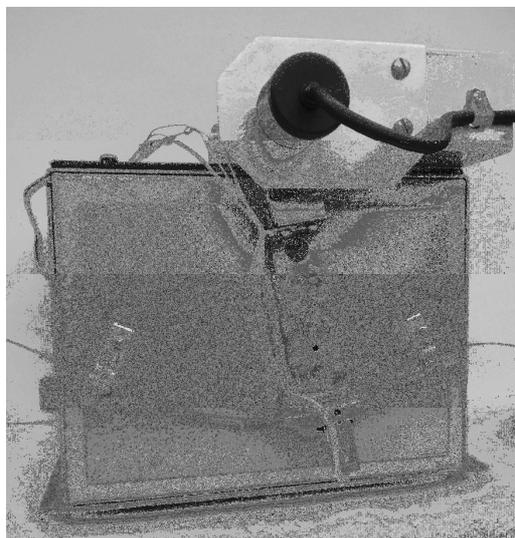


Рис. 1

В системе измерения используется цифровой датчик угла наклона, состоящий из неподвижной прозрачной шкалы с нанесенными на нее метками, и оптического датчика, работающего на просвет, закрепленного на подвижном маятнике. Датчик представляет собой инкрементный энкодер. В данном устройстве механическое перемещение маятника преобразовывается в электрические сигналы, дающие информацию об угле поворота и направлении движения. Для определения направления движения применяются два измерительных канала ("синусный" и "косинусный"), в которых идентичные последовательности импульсов сдвинуты на 90° относительно друг друга.

Цифровой сигнал с энкодера, после инвертирования, подается на вход 8-разрядного микроконтроллера PIC16F887 фирмы Microchip. Микроконтроллер подключен к персональному компьютеру с помощью COM-порта, по которому осуществляется передача данных. Преобразование уровней сигналов между контролле-

ром и COM-портом осуществляется с помощью специализированной микросхемы MAX232.

В процессе проведения измерения включение двигателя установки на определенное время осуществляется с помощью реле, подключенного к выходу контроллера.

На рис. 2 показан график переходного процесса, возникающего при запуске машины трения.

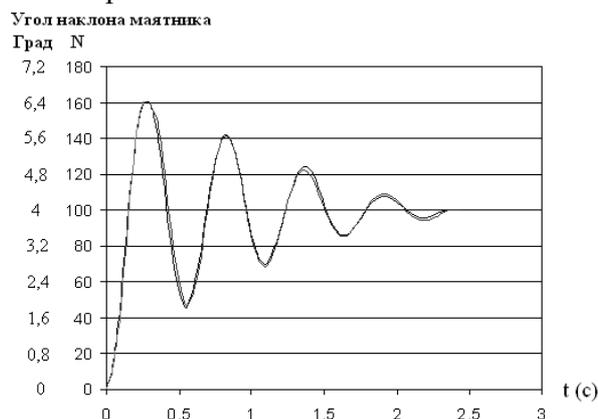


Рис. 2

По оси Y шкала проградуирована в градусах угла отклонения маятника и в отсчетах цифрового датчика угла поворота.

На рисунке показан реальный график переходного процесса, снятый с машины трения.

На основе графика переходного процесса была разработана аналитическая модель устройства, учитывающая внутренние факторы, такие как нагрузка, физические параметры маятника и смазочный материал.

Был получен график аппроксимирующей функции кривой переходного процесса маятника, состоящей из кривой разгона и торможения. При сравнении наблюдаем их идентичность.

Рассмотрим аппроксимирующую функцию кривой разгона маятника в численной и аналитической формах:

$$y=160\sin^2(5,8t), \quad y=A\sin^2(\omega t),$$

где A – максимальное отклонение маятника; ω – циклическая частота колебательной

системы. Амплитуда показывает соотношение подводимой от двигателя и затрачиваемой на трение мощностей и является точкой перехода статического трения в динамическое. Амплитуда зависит от мощности и скорости двигателя, коэффициента трения поверхностей, силы нагружения, массы и геометрических размеров плеч маятника. Частота характеризует маятник как колебательную систему и зависит от массы и геометрических размеров плеч маятника, скорости вала.

После сравнения графиков реального процесса разгона и полученной функции был вычислен коэффициент корреляции. Он оказался равен 0,999.

Рассмотрим аппроксимирующую функцию кривой торможения маятника в численной и аналитической формах.

$$y = 60(\cos(12e^{-0,02t}t)e^{-0,9t^{\frac{3}{2}}}) + 100,$$

$$y = A \left(\cos(\omega e^{-d_1 t} t) e^{-d_2 t^{\frac{3}{2}}} \right) + \arcsin \left(\frac{\mu P \ell}{mgL} \right),$$

где A – максимальное отклонение маятника; ω – циклическая частота колебаний; d_1 – коэффициент коррекции частоты; d_2 – коэффициент затухания колебаний; μ – коэффициент трения; P – нагрузка на узел трения; ℓ – радиус подвижного нитепроводника; m – масса маятника; g – ускорение свободного падения; L – расстояние от оси вращения до центра масс маятника.

Функция состоит из функции экспоненциально затухающего гармонического

колебания с звеном коррекции частоты и вертикального смещения графика на конечный угол отклонения.

После сравнения графиков реального процесса торможения и полученной функции для сравнения графиков был вычислен коэффициент корреляции 0,9988.

По графику кривой затухающих колебаний определим и сведем в табл. 1 рассчитанные параметры кривой:

- собственную частоту колебаний маятника

$$\nu = \frac{1}{T},$$

- собственную круговую частоту колебаний маятника

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

- логарифмический декремент затухания

$$\lambda = \frac{\ln \frac{A_1}{A_n}}{n},$$

- коэффициент вязкого трения

$$h = \frac{2m\lambda}{T},$$

- коэффициент затухания

$$\vartheta = \frac{\lambda}{T},$$

- время затухания, в течение которого амплитуда колебаний маятника уменьшится в e раз

$$\tau = \frac{1}{\vartheta}.$$

Т а б л и ц а 1

Параметры	$m \cdot 10^{-3}$, кг	ν , Гц	ω , рад/с	λ	$h \cdot 10^{-3}$, кг/с	ν , с ⁻¹	τ , с
Экспериментальная кривая	80	2	12,56	0,448	0,143	0,896	1,116
Теоретическая кривая	80	2	12,56	0,448	0,143	0,896	1,116

Момент трения будет находиться из уравнения:

$$J\ddot{\varphi} = M_{\text{тр}} - P\ell \sin\varphi(t),$$

$$M_{\text{тр}} = J\dot{\varphi} + P\ell \sin\varphi(t),$$

где $J = m\ell^2$ – момент инерции,

$$\dot{\varphi} = 1856 \cos(5,8t) \sin(5,8t),$$

$$\ddot{\varphi} = 10764,8(\cos^2(5,8t) - \sin^2(5,8t)).$$

$$M_{\text{тр}}(t) = J \cdot 10764,8(\cos^2(5,8t) - \sin^2(5,8t)) + P\ell \sin(160 \sin^2(5,8t)).$$

Угол равновесия φ момента трения покоя и силы тяжести:

$$F_{\text{ТР}} = \frac{M_{\text{ТР}}}{\ell},$$

где $M_{\text{ТР}}$ – момент трения; ℓ – длина маятника.

$$\sum \delta A_j^F = -P\ell \sin\varphi d\varphi + M_{\text{ТР}} d\varphi,$$

где

$$P = mg;$$

$$d\varphi(M_{\text{ТР}} - P\ell \sin\varphi) = 0;$$

$$P\ell \sin\varphi = M_{\text{ТР}};$$

$$\sin\varphi = \frac{M_{\text{ТР}}}{P\ell};$$

$$\varphi = \arcsin \frac{M_{\text{ТР}}}{P\ell}.$$

ВЫВОДЫ

Разработанная модель машины трения, система обработки сигнала и программное обеспечение для ее функционирования позволяют оценить величины силы трения покоя и силы трения скольжения, а также выполнять исследования изменения этих сил при различных условиях трения и испытании смазочного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров С.А., Шибнев А.А., Чернышова А.А. Исследование износостойкости дисперсноупрочненных композиционных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 3. С. 125...128.

2. Егоров С.А., Шибнев А.А., Чернышова Т.А., Кобелева Л.И., Болотова Л.К. Композиционный материал для изготовления ротора пневмопрядильной машины БД-200 // Материаловедение. – 2012, № 11. С. 42...46.

3. Алешин Р.Р., Егоров С.А., Корчагин Г.И. Повышение эффективности парафинирования пряжи при изготовлении трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №6. С. 149...152.

REFERENCES

1. Egorov S.A., Shibnev A.A., Chernyshova A.A. Issledovanie iznosostojkosti dispersnoupchnennyh kompozicionnyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 3. S. 125...128.

2. Egorov S.A., Shibnev A.A., Chernyshova T.A., Kobleeva L.I., Bolotova L.K. Kompozicionnyj material dlja izgotovlenija rotora pnevmoprjadil'noj mashiny BD-200 // Materialovedenie. – 2012, № 11. S.42...46.

3. Aleshin R.R., Egorov S.A., Korchagin G.I. Povyshenie jeffektivnosti parafinirovanija prjazhi pri izgotovlenii trikotazha // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, № 6. S. 149...152.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 15.05.15.