

УДК 620.1.05

## ПРОВЕДЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ, ПОКРЫТЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ИЗНОСОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ, НА МАШИНЕ ТРЕНИЯ СМЦ-2

А.Н. Котомчин, А.С. Янута, А.И. Артеменко

Рассмотрены возможности усовершенствования машины трения типа СМЦ-2 с целью повышения точности и достоверности экспериментов, а также сокращения длительности их проведения в условиях НИЛ «Реновация машин и оборудования». Усовершенствованное испытательное оборудование снабжено системами измерения температур, нормальных сил и моментов сил трения. Программное обеспечение Chapter3 и осциллограф Hantek 1008 позволяют визуализировать полученные данные, осуществлять их обработку и хранение на персональном компьютере.

**Ключевые слова:** усовершенствование, машина трения, износ, интерфейс, трибологические испытания.

## TRIBOLOGICAL TESTING OF SAMPLES COATED WITH GALVANIC WEAR-RESISTANT COATINGS ON THE SMC-2 FRICTION MACHINE

A.N. Kotomchin, A.S. Yanuta, A.I. Artemenko

The article considers the possibilities of improving the existing SMC-2 friction machine in order to increase the accuracy, reliability and reduce the time of experiments in the conditions of the NIL «Renovation of machinery and equipment». The advanced test equipment is equipped with systems for measuring temperatures, normal forces, and moments of friction forces. Using the Chapter3 software and the Hantek 1008 oscilloscope, the received data is visualized, processed and stored on a personal computer.

**Keywords:** improvement, friction machine, wear, interface, tribological tests.

### Введение

Для оценки износостойкости изделий после покрытия поверхности испытания роликов хромом в соответствии с требованиями ГОСТ 23.224-86 [1] измерительная система машины трения должна обеспечивать в процессе проведения испытаний [2]:

- непрерывное измерение и регистрацию момента силы трения в диапазоне не менее 1...14,7 Н·м при среднем квадратичном отклонении случайной погрешности момента измерителя при статической градуировке не более 5 % измеряемого значения;

- непрерывное измерение и регистрацию температуры в зоне трения в диапа-

зоне 20–200 °С с погрешностью не более 5 % измеряемого значения;

- измерение усилия взаимного прижима трущихся образцов с погрешностью не более 5 % измеряемой величины.

### Методика исследований

Согласно [1] для оценки интенсивности изнашивания необходимо определить путь трения по формуле

$$I = \frac{W}{L}, \quad (1)$$

где  $W$  – линейный износ образца;  $L$  – путь трения данного образца.

Также при проведении испытаний нужно оценивать электрическое сопротивление стыка трущихся поверхностей. При осуществлении трибологических испытаний пар трения, применяемых в условиях НИЛ «Реновация машин и оборудования», рационально использовать имеющуюся машину трения СМЦ-2, предназначенную для испытания образцов (роликов) на износ и определения их антифрикционных свойств при трении скольжения и трении качения при нормальных температурах с парами образцов «диск–диск», «диск–кошоток» и «штулка–вал».

Несмотря на большие возможности и приемлемую точность для проведения испытаний согласно [2], данное испытательное оборудование имеет ряд недостатков:

- регистрация и запись момента трения осуществляется на бумажный носитель информации (регистратор), увеличивая погрешность и вероятность ошибки;
- контроль температуры в зоне пар трения отсутствует, он необходим как один из способов фиксации приработки пар трения;
- контроль усилия взаимного прижима трущихся образцов производится по шкале маховика механизма нагружения машины, что увеличивает погрешность при износе оборудования;
- процесс измерения пути трения заключается в фиксировании числа оборотов с помощью контактного датчика и их записи с помощью счетчика импульсов. Путь трения функционально зависит от передаточного числа привода машины трения, диаметра контрообразца пары трения, что требует тщательной настройки машины трения;
- система создания, поддержания и измерения температур исследуемого смазочного материала отсутствует;
- контроль сопротивления стыка трущихся поверхностей на машине данной модификации отсутствует, что ухудшает точность измерений.

Система регистрации данных не позволяет производить запись больше одного из перечисленных параметров. Запись данных осуществляется на бумажный носитель, что затрудняет их хранение и обработку.

### Результаты исследований и их обсуждение

Цель усовершенствования – это устранение недостатков, обнаруженных на данном испытательном оборудовании, как следствие, повышение точности, достоверности экспериментов и уменьшение сроков их проведения.

В Санкт-Петербургском политехническом университете разработан способ цифровой обработки данных с помощью персонального компьютера (ПЭВМ). Аналоговые сигналы данных, снимаемые с датчиков машины трения СМЦ-2, обрабатываются при помощи электронных устройств преобразования сигнала. Нормированный сигнал обрабатывается посредством аналого-цифрового преобразователя (АЦП) E14-440 фирмы «L-CARD» с программным обеспечением PowerGraph для регистрации, визуализации, обработки и хранения аналоговых сигналов с использованием ПЭВМ (рис. 1) [3].

В процессе анализа данного способа выполнения трибологических испытаний в условиях НИЛ «Реновация машин и оборудования» обнаружился ряд проблем и недостатков:

- цена оборудования и программного обеспечения составляет более 500 долл. без установки и наладки;
- некоторые параметры измерения неточные (например, использование термопары в торцевой части ролика, что может рассеивать и искажать параметры);
- трудность настройки оборудования, в том числе калибровки;

- зависимость от программного обеспечения, которое постоянно требует обновления и настройки;

- удаленность производителя, затрудняющая обслуживание оборудования.

В результате проведенных исследований и поиска способа устранения отмеченных недостатков был предложен альтернативный метод цифровой обработки информации, получаемой при проведении трибологических испытаний на машине СМЦ-2. Она применяется в НИЛ «Реновация машин и оборудования» для испытания пар трения («ролик-колодка»), покрытых износостойкими гальваническими покрытиями – хромом, железом и сплавом на их основе. Данный способ подразумевает использование осциллографа Hantek 1008 (рис. 2, таблица) [4] и программного обеспечения Chapter3 версии v1.0.5 [5].

Преимущества использования осциллографа Hantek 1008:

- возможность одновременно использовать восемь каналов входа от датчиков измерения;

- частота дискретизации в реальном времени до 2,4 Мвыб./с;

- глубина памяти: 4К точек;

- встроенный быстродействующий преобразователь функции Фурье;

- возможность проводить одновременно 20 измерений;

- хранение сигнала, запись и воспроизведение динамических сигналов;



Рис. 1. Аналого-цифровой преобразователь E14-440

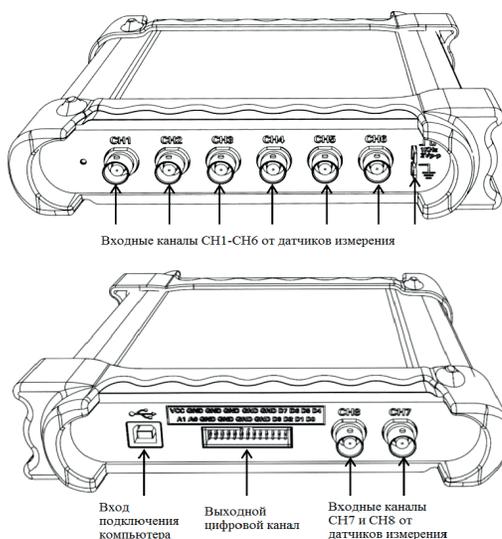


Рис. 2. Осциллограф Hantek 1008

#### Технические характеристики осциллографа Hantek 1008

Режим сбора данных	В реальном времени
Частота измерения, частота дискретизации в реальном времени	2,4 Мвыб./с (в одноканальном режиме)
Входное соединение	Постоянный ток (DC)
Входное сопротивление	Сопротивление: 1МΩ
Максимальное входное напряжение	400 В (пиковое)
Количество аналоговых каналов	8
Аналого-цифровой преобразователь	12 бит
Точность усиления (измерения) постоянного тока	±3 %
Каналы	8(CH1–CH8)
Частотный диапазон	0–250 КГц

- возможность быстрой калибровки благодаря встроенному в осциллограф генератору сигналов;
- сложение, вычитание, умножение и деление математических функций;
- регулируемая интенсивность сигнала, более эффективный вид формы сигнала;
- пользовательский интерфейс на нескольких выбираемых пользователем языках.

Контроль момента трения на машине осуществляется с помощью дифференциального магнитного датчика (рис. 3, *а*), а обработка данных – с помощью шкафа управления и следящего устройства (КСУ) (рис. 3, *б*). Для автоматической регистрации момента трения используется штатный датчик машины трения. Сигнал с датчика обрабатывается при помощи штатного шкафа управления и усиливается посредством предварительного усилителя устройства автоматического следящего КСУ (см. рис. 3, *б*), которое является принадлежностью шкафа управления машины трения.

Преимуществом применения предлагаемого оборудования является использование штатного оборудования машины трения СМЦ-2, которое позволит с мини-

мальными затратами труда и с необходимой заданной точностью измерять необходимые параметры в реальном времени. Также использование данного усовершенствования сократит время трибологических испытаний образцов в паре трения «ролик–колодка».

Далее сигнал оцифровывается с помощью осциллографа Hantek 1008 и обрабатывается на персональном компьютере. Обработку цифрового сигнала на ПЭВМ выполняет программное обеспечение Charter3 версии v1.0.5, которое преобразовывает данные, полученные с датчиков, в графики, полученные с машины трения (рис. 4). Затем оно осуществляет их обработку и хранение. Программа позволяет одновременно производить контроль до восьми параметров, а также преобразовывать данные, полученные в ходе испытаний, для их обработки другими программными средствами.

При проведении испытаний образцов для определения динамики приработки пары трения «ролик–колодка» на машине трения СМЦ-2 кроме измерения износа необходимо определять изменение температуры образца, благодаря чему будет известно изменение коэффициента трения

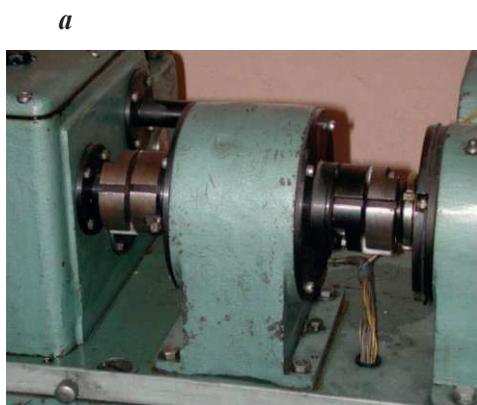


Рис. 3. Штатное оборудование для контроля момента трения машины трения СМЦ-2:  
*а* – дифференциальный магнитный датчик;  
*б* – шкаф управления со следящим устройством [6]

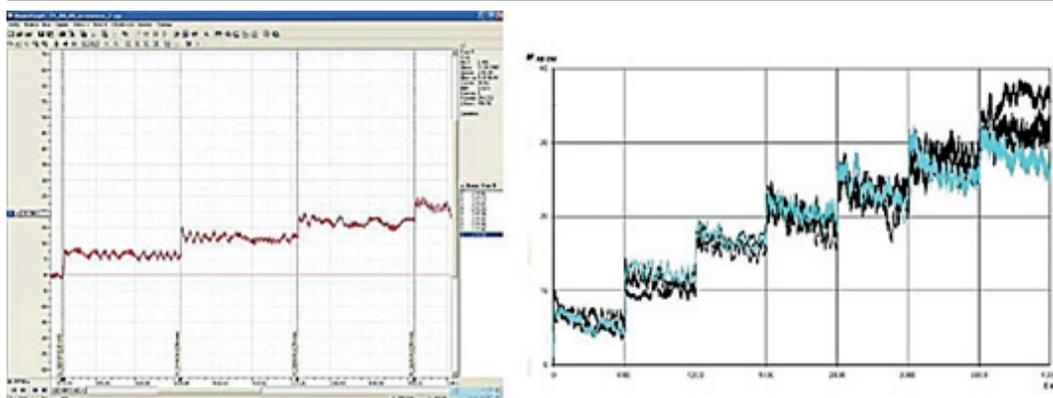


Рис. 4. Регистрация, визуализация и обработка сигналов в режиме реального времени на мониторе ПЭВМ

образца, а также изменение его шероховатости в процессе трения и, таким образом, качество смачивания смазкой поверхности ролика, покрытой износостойким материалом.

Контроль температуры в зоне трения испытуемого образца осуществляется с помощью термопары 5 (рис. 5), которая установлена на вал 8, при этом термопара должна находиться в нижней части образца 1. Сигнал с термопары усиливается посредством усилителя и оцифровывается осциллографом Hantek 1008 и обрабатывается на ПЭВМ.

Однако данный способ не дает полноценной информации в районе трения, поэтому мы предлагаем способ, который наиболее точно определяет процессы, происходящие в контакте колодки и ролика (рис. 6).

Таким образом, нужно установить термопару в отверстие, выполненное непосредственно в колодке 2, что позволит более точно определять изменение температуры и тем самым косвенно определять процесс приработки пары «ролик-колодка» при трибологических испытаниях ролика 1, покрытого износостойким гальваническим покрытием. Термопара 3 как датчик будет присоединяться к одному из

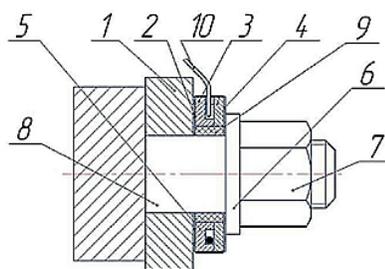


Рис. 5. Контроль температуры в зоне трения образца при помощи термопары в районе ролика [7]: 1 – испытуемый образец (ролик); 2 – термоконтактная прокладка; 3 – приставка-шайба для крепления термопары; 4 – шайба прижимная; 5 – термопара; 6 – шайба; 7 – гайка; 8 – вал; 9 – уплотнительное кольцо

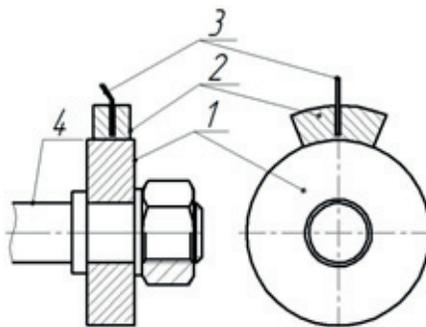


Рис. 6. Контроль температуры в зоне трения образца (ролика) при помощи термопары в районе колодки: 1 – испытуемый ролик; 2 – колодка; 3 – термопара; 4 – вал машины СМЦ-2

каналов осциллографа Hantek 1008 (CH1–CH8) и через программное обеспечение Chapter3 версии v1.0.5 преобразовываться в график, выводимый на ПЭВМ [8].

### Выводы

При обработке методик проведения трибологических испытаний на модернизированной машине трения СМЦ-2, снабженной системами создания, поддержания и измерения температур, нормальных сил и моментов сил трения, было установлено, что большинство перечисленных недостатков устранены, а выполнение экспериментальных исследований удовлетворяет требованиям. Поставлены последующие инженерные задачи по усовершенствованию машины трения СМЦ-2 в НИЛ «Реновация машин и оборудования» для проведения трибологических испытаний образцов пар трения «ролик–колодка», покрытых гальваническими покрытиями, с помощью предлагаемого оборудования.

### Цитированная литература

1. ГОСТ 23.224-86. Обеспечение износоустойчивости изделий. Методы оценки износоустойчивости восстановленных деталей.
2. **Чичинадзе, А. В.** Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / под редакцией А. В. Чичинадзе. – Москва : Машиностроение, 2003. – 576 с. – Текст : непосредственный.
3. Руководство пользователя программного обеспечения PowerGraph версия 3.3.
4. Руководство пользователя осциллографа Hantek 1008.
5. Руководство пользователя программного обеспечения Chapter3 версия v1.0.5.
6. Техническое описание и инструкция по эксплуатации СМЦ-2.
7. **Рогельберг, И. Л.** Сплавы для термпар: справочное издание / И. Л. Рогельберг, В. М. Бейлип. – Москва : Металлургия, 1983. – 360 с. – Текст : непосредственный.
8. **Зимин, Г. Ф.** Проверка и калибровка термоэлектрических преобразователей / Г. Ф. Зимин. – Москва : АСМС, 2002. – 48 с. – Текст : непосредственный.

УДК 537.634.002.56

## ПРИБОР МАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ

*А.С. Перепелица, М.В. Глинка*

*Рассмотрен прибор, изготовленный учащимися радиокружка Технического колледжа им. Ю.А. Гагарина, удерживающий в воздухе магнитный предмет. Описан принцип его работы.*

**Ключевые слова:** образование, магнит, левитация, магнитная левитация, магнитные свойства веществ, опыт, эксперимент.

## MAGNETIC LEVITATION DEVICE

*A.S. Perepelitsa, M.V. Glinka*

*The article describes a device made by students of the radio circle of the Technical College named after Gagarin, holding a magnetic object in the air and describes the principle of its operation.*

**Keywords:** education, magnet, levitation, magnetic levitation, magnetic properties of substances, experience, experiment.