

УДК 629.114

Шлапоберский Анатолий Андреевич, аспирант,
СПБГАСУ, Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4, slapan-93@mail.ru

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗНОСА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Аннотация. Для исследования материалов на долговечность требуются испытания материалов на износостойкость, в том числе на машине трения. Проведены исследования и собран исследовательский комплекс, в основу которого положен способ непрерывного измерения суммарного линейного износа образцов на машине трения, и разработано устройство, работа которого основана на данной технологии. На кафедре технической эксплуатации транспортных средств разработана методика определения износа образцов при экспериментальных исследованиях на машине трения.

Ключевые слова: трибосопряжение, нагружение, износостойкость, трение, износ.

Shlapobersky Anatoly A., postgraduate student,
SPBGASU, 4, 2nd Krasnoarmeiskaya str., Saint-Petersburg, 190005, Russia, slapan-93@mail.ru

METHOD OF DETERMINING WEAR IN EXPERIMENTAL STUDIES

Abstract. For the study of materials on the durability required testing of material durability, including the machine of friction. Conducted research and compiled research complex, which is based on a method for continuously measuring the total linear wear of the samples on the machine friction and developed the device, which is based on this technology. At the Department of technical exploitation of transport means the method of determining the wear of the samples in experimental research on the friction machine.

Key words: tribeopedia, loading, wear resistance, friction, wear.

В настоящее время повышаются требования к повышению качества изделий. От качества изделия напрямую зависит износостойкость его покрытия. Ресурс детали прогнозируется по результатам экспериментальных исследований. Существует несколько методов измерения износа: микрометрическое измерение (микрометраж); взвешивание деталей; анализ отработанного масла; метод «меченых»

атомов и замеры отпечатков, наносимых на изнашиваемую поверхность. Каждому из перечисленных методов измерения износа присущи значительные недостатки [1].

В основу предлагаемой методики поставлена задача повышения эффективности и достоверности результатов испытаний трибосопряжений на трение и износ. Основными составляющими испытательной машины трения 2070 СМТ-1 являются: устройство для измерения нагрузки; устройство для измерения момента трения; устройство для измерения частоты вращения вала; устройство для нагружения; электродвигатель; шпиндель, на котором устанавливается стальной ролик; колодка из исследуемого материала, которая закреплена с помощью винтов в державке. Поставленная задача решается тем, что данная испытательная машина трения дополнительно снабжается датчиком износа, закрепляемым на тензобалке. Тензобалка одним концом жестко прикрепляется к машине трения, а вторым опирается на верхнюю поверхность колодки. В процессе исследования тензобалка изгибается вслед за опускающейся колодкой. Информация об образующемся изгибе тензобалки передается на электронно-вычислительный комплекс (рис. 1).

На рис. 1 показаны элементы, входящие в полезную модель, для реализации данной конструкции: колодка 1 и ролик 2, датчик измерения суммарного линейного износа, который представляет собой тензобалку 3, состоящую из пластины из пружинной стали марки 40КХНМ (ГОСТ 10994-74) с высоким модулем упругости ($E = 200000$ МПа) с наклеенными на ее поверхность с обеих сторон тензодатчиками марки 2ПКБ-10-200 (ТУ 2Б-01-100-68). Концы тензодатчиков соединены по мостовой схеме (рис. 2) с тензоусилителем 5.

Данная схема обеспечивает двойное усиление за счет расположения тензодатчиков в зоне растягивающих и сжимающих напряжений, а также температурную компенсацию. В данной установке для усиления сигнала

используется тензоусилитель 8АНЧ-7М. Цифровой вольтметр 6, преобразующий аналоговую информацию в цифровую, передает ее в ЭВМ 8 через блок сопряжений 7.

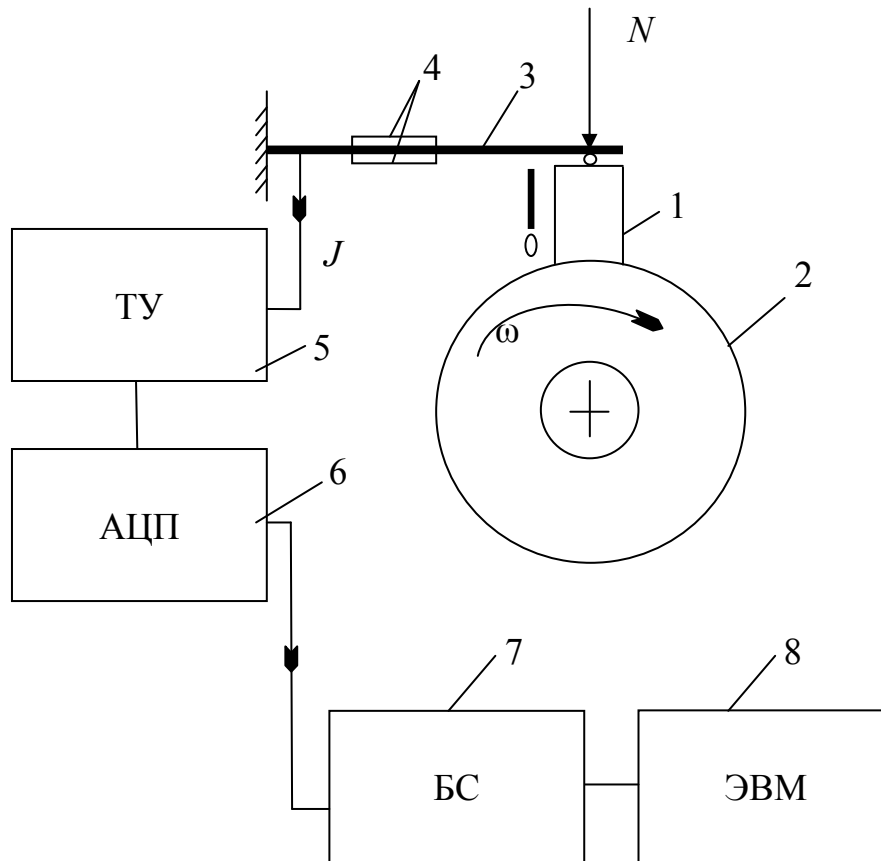


Рис. 1. Схема устройства для непрерывного измерения суммарного линейного износа:
 1 – колодка; 2 – ролик; 3 – тензобалка; 4 – тензодатчики;
 5 – тензоусилитель; 6 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
 7 – блок сопряжений; 8 – вычислительный комплекс

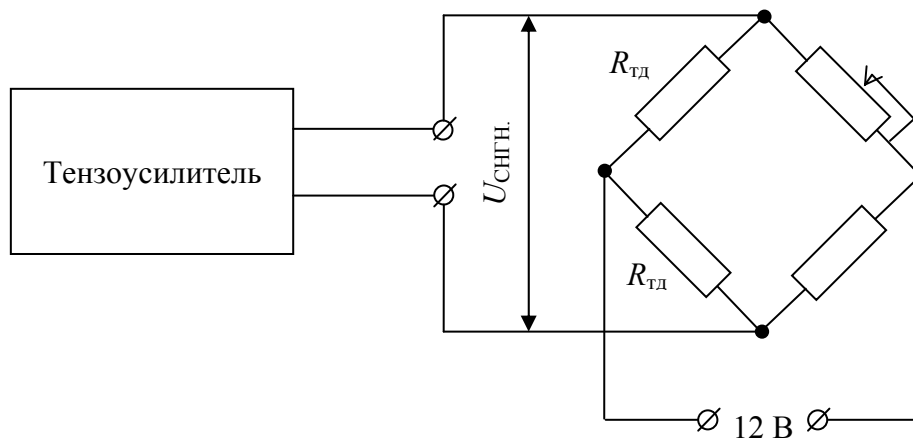
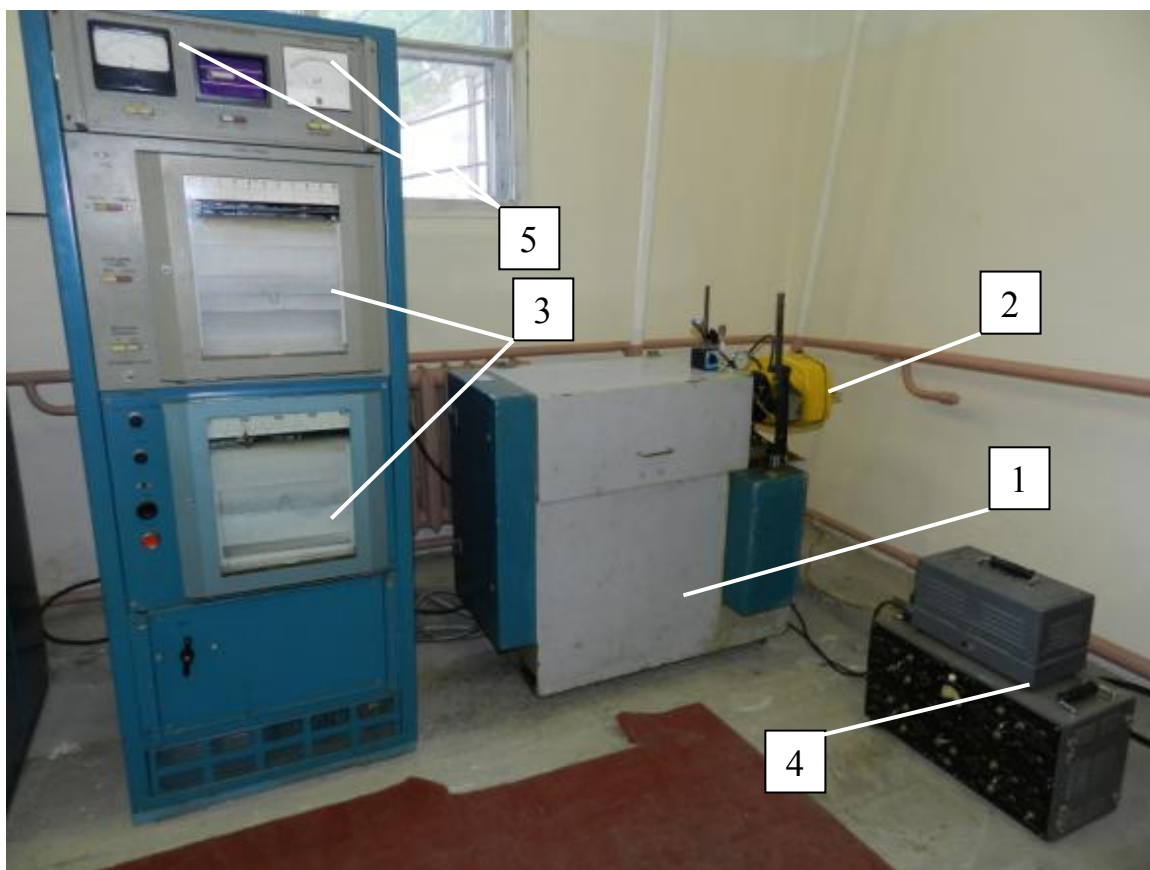


Рис. 2. Мостовая схема соединения тензодатчиков

После установки образцов в рабочее положение на корпус машины трения устанавливается датчик износа таким образом, чтобы предварительный прогиб тензобалки составил 1 мм, что примерно соответствует 3В по цифровой индикации вольтметра.

Определение систематической погрешности измерения износа производится при заданной скорости скольжения $V_{ск}$ и нулевой нагрузке, которые контролируются миллиамперметром 5 (рис. 3) [2].

Измерение момента трения осуществляется индуктивным датчиком 2 (рис. 3), сигнал с которого через усилитель 3 поступает на регистрирующий прибор.



*Рис. 3. Комплекс для проведения триботехнических исследований:
1 – машина трения СМТ-1; 2 – узел трения; 3 – КСП-4;
4 – тензоусилитель 8АНЧ-7М; 5 – приборы контроля
за частотой вращения и нагрузкой пары трения*

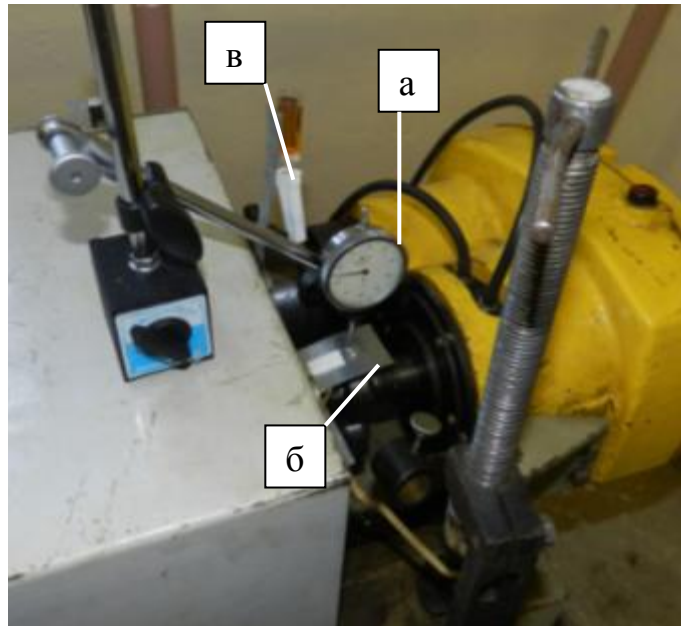


Рис. 4. Узел трения: а – индикатор; б – тензодатчик; в – установка подачи масла

Систематическая погрешность определяется как разность текущего U_T и базового U_B значений показаний ЦВ:

$$W_0 = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} U_{Ti} - U_{Bi}, \quad (1)$$

$$U_{Ti} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} X_i, \quad (2)$$

где X_i – показания ЦВ, соответствующие прогибу тензобалки в момент времени t . Время поступления сигнала с датчика определяется по характеристике ЦВ и составляет $t = 400$ мс [4].

Базовым значением при расчётах систематической погрешности является каждое предыдущее текущее значение:

$$U_{Bi} = U_{mi-1}. \quad (3)$$

Обработка и расчет автоматической погрешности осуществляется при помощи ПЭВМ [2].

После определения систематической погрешности производится нагружение образцов до заданного значения. Измерение начального размера пары трения (прогиба тензобалки) производится после стабилизации температуры и момента трения.

Измерение конечного размера трибопары происходит через время, соответствующее заданному пути трения. Значение износа корректируется на величину систематической погрешности по формуле:

$$W = W_2 - W_1 - W_0 \cdot \frac{H}{V_{\text{ск}} \cdot T}, \quad (4)$$

где W – величина суммарного линейного износа, мкм; H – путь трения, задаваемый оператором, м; $V_{\text{ск}}$ – скорость скольжения, м/с; T – время цикла между измерениями, с [5].

В случае если с момента начала измерений происходило отклонение температуры, производится поправка конечного значения на величину:

$$\Delta W_T = 0,074 \cdot (11,7 \cdot \Delta t + 0,0047 \cdot \Delta t^2), \quad (5)$$

где ΔW_T – температурные изменения размеров трибопары, мкм; Δt – отклонение температуры с момента начала измерения, °С.

Интенсивность изнашивания определяется по формуле:

$$J = \frac{W}{H}, \quad (6)$$

где J – интенсивность изнашивания, мкм/м.

Значение интенсивности изнашивания на данном режиме заносится в память ЭВМ. После накопления достаточной информации оператор даёт команду на обработку массива данных методом наименьших квадратов и построение графика зависимости интенсивности изнашивания от исследуемого фактора, например давления в трибоконтакте. Цифровой сигнал в мВ с тензодатчика поступает в ВК автоматически, а информация о величине прогиба тензобалки в мкм вводится с клавиатуры. Тарировка производится в диапазоне от 0 до 1 мм через равные промежутки. Полученные данные аппроксимируются степенным полиномом первой степени по методу наименьших квадратов:

$$U = a + b \cdot H, \quad (7)$$

где H – величина прогиба, мкм; U – величина сигнала тензодатчиков, мВ; a , b – коэффициенты полинома [1].

В качестве тарировочного коэффициента используется коэффициент b . Ошибка измерений определяется по формуле:

$$\Delta W = \frac{1}{k \cdot m} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n \sqrt{(\bar{U}_i - U_j)^2}, \quad (8)$$

где ΔW – погрешность измерения износа, мкм; \bar{U}_i – среднее значение сигнала тензодатчика на i -м шаге тарировки, мВ; U_j – значение сигнала при параллельных измерениях на i -м шаге тарировки, мВ; k – коэффициент тарировки, $k = b$; m – число шагов тарировки; n – число параллельных опытов на каждом шаге тарировки [3].

Погрешность измерения износа тензометрическим датчиком составляет $\Delta W = 0,15$ мкм, поэтому для получения результатов с относительной погрешностью не более 10% необходимо задавать путь трения, при котором суммарный износ пары трения составляет не менее 1,5 мкм [6].

Таким образом, для проведения экспериментальных исследований по определению повышения износостойкости сопряжений на базе машины трения СМТ-1 создан триботехнический комплекс, обеспечивающий автоматический съём триботехнических характеристик. Применение высокочувствительного датчика износа и обработка информации на ЭВМ позволили повысить достоверность испытаний и уменьшить время их проведения.

Список литературы

1. Комбалов, В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник / В.С. Комбалов; под ред. К.В. Фролова, Е.А. Марченко. – М.: Машиностроение, 2008. – 384 с.
2. Назаркин, В.Г. Восстановление деталей ВАТ лазерной наплавкой: дис. ... канд. техн. наук / В.Г. Назаркин; ВАТТ. – Л., 1991. – 159 с.

3. Чичинадзе, А.В. К вопросу выбора нагрузки при моделировании трения / А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун, Н.М. Михин // Трение твердых тел. – М.: Наука, 1961. – С. 45.

4. Романов, Д.В. Определение условий моделирования триботехнических процессов сопряжения типа «вал – втулка» на машине трения СМТ-1 / Д.В. Романов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/108-9138> (дата обращения: 23.10.2017).

5. Р 50-95-88. Обеспечение износостойкости изделий. Основные положения. – Взамен ГОСТ 23.001-77; введен 01.07.89. – М.: Госстандарт СССР, 1989. – 21 с.

6. Ильин, Н.Н. Структурно-логическая модель процесса нанесения прирабочных покрытий / Н.Н. Ильин, В.Л. Седова // Трение и износ. – 1990. – Т. 11. – № 5. – С. 842–856.

References

1. Kombalov V.S. *Metody i sredstva ispytanij na trenie i iznos konstrukcionnyh i smazochnyh materialov* (Methods and tools for testing on friction and wear of structural and lubricating materials), Moscow, Mashinostroenie, 2008, 384 p.

2. Nazarkin V.G. *Vosstanovlenie detalej VAT lazernoj naplavkoj* (Restoration of parts of Wat laser cladding), Leningrad, WATTS, 1991, 159 p.

3. Chichinadze A.V., Braun E.D., Mikhin N.M. *Trenie tverdyh tel*, Sbornik statej, Moscow, 1961, p. 45.

4. Romanov D.V. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*, 2013, no. 2.

5. R 50-95-88. *Obespechenie iznosostojkosti izdelij. Osnovnye polozhenija* (R 50-95-88. Ensuring of wear resistance of products. The main provisions), Moscow, Gosstandart SSSR, 1989, 21 p.

6. Ilyin N.N., Sedov V.L. *Trenie i iznos*, 1990, vol. 11, no. 5, pp. 842–856.