

УДК 620.178.16

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТРИБОМОНИТОРИНГА ИЗНАШИВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ С УЧЕТОМ ИХ ДИЛАТАЦИИ

А. В. ПОТЕХА¹, В. Л. ПОТЕХА²⁺

В статье по итогам многолетней эксплуатации анализируются достоинства и недостатки трибодилатометра PCLW-01. Рассматривается усовершенствованная конструкция трибодилатометра (PCLW-02), отличающаяся повышенной надежностью и удобством в эксплуатации. Приводятся его технические характеристики, результаты сравнительных испытаний и практического использования трибодилатометрических методик для решения разнообразных задач в области триботехнического материаловедения.

Ключевые слова: трибодилатометр, износ, дилатация, надежность, внедрение трибодилатометрических методик.

Введение. Трибодилатометрия лежит в основе многих методик, предметом которых является оценка линейного изнашивания сопряжений с учетом того влияния, которое оказывает на размеры испытываемых трибоэлементов дилатация³.

Создание простых в обслуживании и эффективных диагностических приборов было и остается одной из актуальных задач трибодилатометрии [1—6]. Более чем семилетние испытания трибодилатометра PCLW-01 [5, 6], разработанного совместно белорусскими и польскими трибологами, показали, что он с успехом может быть использован для решения задач триботехники, связанных с прецизионной оценкой изнашивания материалов. Повышение точности измерений износа обусловливается не только учетом дилатации, но и возможностью устранения того негативного влияния, которое оказывает на определяемые величины дилатации и износа радиальные биения элементов испытываемых сопряжений. Как для модельных, так и для реальных узлов трения радиальные биения, в основном, определяются точностью операций технологического процесса изготовления трущихся деталей. Так, например, при изготовлении точных машиностроительных деталей с применением операций чистового шлифования, тонкого обтачивания и растачивания допуск на величину радиального биения сопрягаемых деталей составляет от 12 до 20 мкм [7]; ГОСТ 23.204 допускает при проведении износных испытаний материалов величину биения образующей ролика до 10 мкм. Совершенно очевидно, что оценка линейного износа и дилатации трибосистем с микронной точностью при величинах радиального биения трущихся элементов в несколько десятков микрометров, представляется, по существу, нереальной задачей.

Длительная эксплуатация трибодилатометра модели PCLW-01 позволила установить некоторые причины возникновения погрешностей измерений, обусловленных конструкцией измерительного устройства. В первую очередь, к ним следует отнести износ трущихся деталей трибодилатометра и пластическую деформацию (смятие) контактных поверхностей, работающих в условиях

1 Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Беларусь, 246746, г. Гомель, пр. Октября, 48, faplex@tut.by.

2 НИРУП “Гомельский областной центр информационных ресурсов и технологий” НАН Беларуси, Беларусь, 246050, г. Гомель, пр. Ленина, 3, cit@tut.by

+ Автор, с которым следует вести переписку.

3 В свете современных физических представлений дилатация может определяться не только температурой, но и физико-химическим взаимодействием материалов, состоянием окружающей среды, особенностями конструкции исследуемых систем и т. д.

ударных и нормально приложенных нагрузок. Наибольшему износу был подвержен основной стержень, а пластической деформации — боковой упор дополнительного стержня и контактирующие с ним поверхности основного стержня и регулируемого упора.

Цель работы — создание усовершенствованной конструкции трибодилатометра, отличающегося повышенной надежностью, простотой технического обслуживания и эксплуатации.

Описание конструкции и работа устройства.

Устройство (рис. 1) содержит корпус 1, закрепленный на жестком неподвижном основании 2, являющимся базовой поверхностью для его монтажа на машине трения. На корпусе установлен основной блок 3 прибора, в котором расположен механизм, состоящий из пружины 4, втулок 5, 6, 7, 8 и уплотнительного элемента 9 для фиксации и перемещения вдоль оси датчика износа 10. Блок 3 выполнен в виде полого цилиндра, имеющего на поверхности ряд технологических отверстий, предназначенных, например, для смазывания и установки деталей, необходимых для оптимизации его работы. Датчик 10 может быть выполнен на основе индуктивных или оптических систем, прецизионных механических устройств, например, индикаторов часового типа и др.

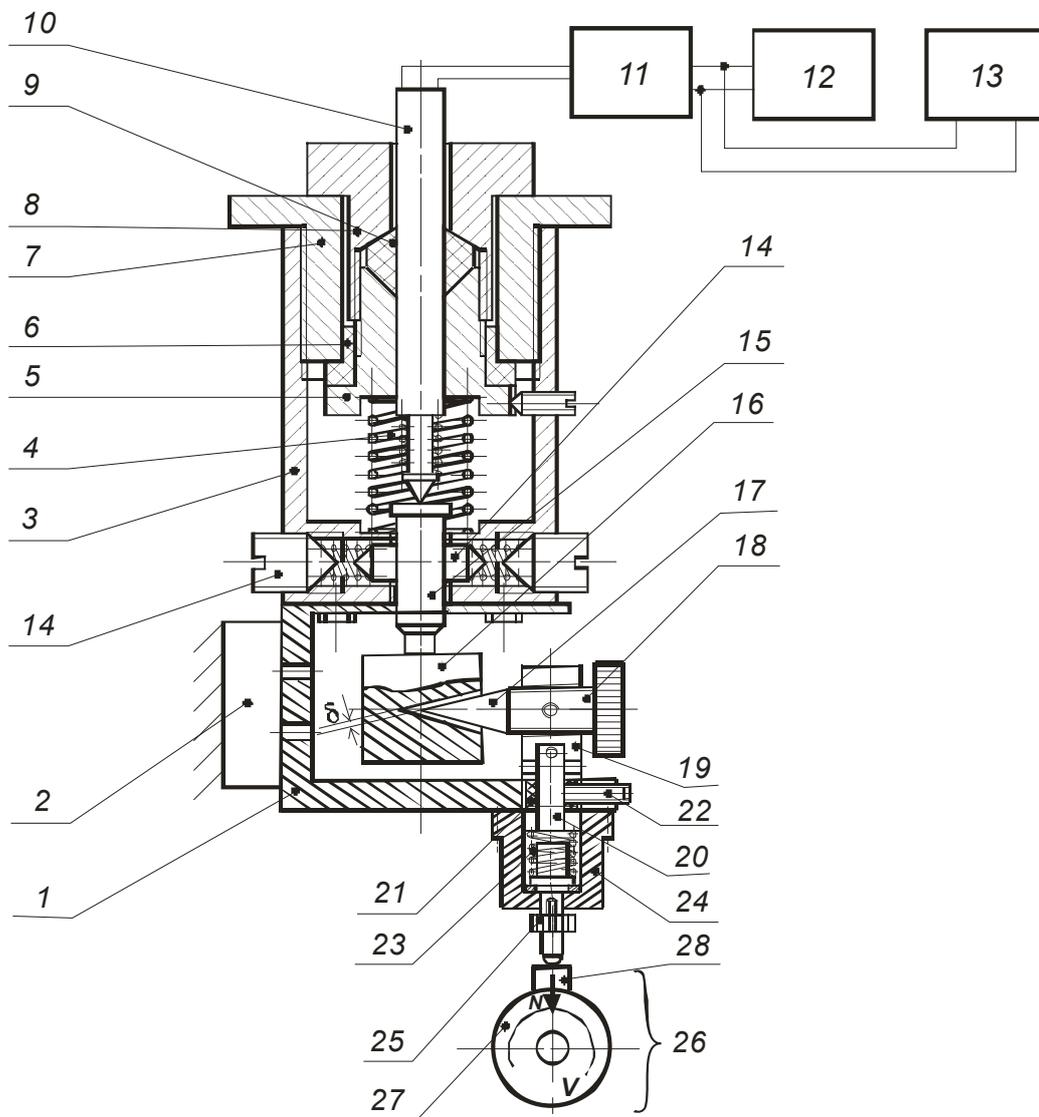


Рис. 1. Схема трибодилатометра PCLW-02: 1 — корпус; 2 — жесткое неподвижное основание; 3 — основной блок; 4 — пружина; 5, 6, 7, 8 — втулки; 9 — уплотнительный элемент; 10 — датчик износа; 11 — усилитель; 12 — регистратор; 13 — компьютер; 14, 22 — фрикционные системы; 15 — основной стержень; 16 — цилиндрическая втулка узла настройки измерительной схемы; 17 — коническая поверхность регулируемого упора; 18 — регулируемый упор; 19, 20 — валы; 21 — втулка; 23 — пружина; 24 — фланец; 25 — наконечник; 26 — испытываемая трибосистема; 27 — вал; 28 — вкладыш

При проведении исследований с использованием трибодилатометра модели PCLW-02 применялся индуктивный измеритель линейных перемещений, соединенный через усилитель 11 с регистратором 12 и/или компьютером 13, служащими для записи, обработки и хранения информации. В блоке 3 при помощи фрикционной системы 14 закреплен основной стержень 15, который своей верхней опорной поверхностью контактирует с чувствительной частью датчика износа 10, а нижней — сопряжен с узлом настройки измерительной схемы. Последний, в отличие от предыдущей модели, состоит из цилиндрической втулки 16, закрепленной на нижней части основного стержня 15, и имеющей конусообразную выемку, идентичную по своей форме конической поверхности 17 регулируемого упора 18.

Путем горизонтального перемещения регулируемого упора 18 устанавливают рабочий зазор δ между его конической поверхностью 17 и поверхностью конусообразной выемки цилиндрической втулки 16. Регулируемый упор 18 крепится на корпусе 1 прибора при помощи жестко соединенных между собой двух валов 19, 20 и втулки 21. Вал 20 имеет возможность перемещения в вертикальной плоскости; при этом для установки и регулировки движения вала 20 используется дополнительная фрикционная система 22. Роль фрикционных систем 14, 22 в обеспечении работоспособности прибора описана в работах [5, 6]. В нижней части вала 20 установлена пружина 23, закрытая фланцем 24, и наконечник 25, контактирующий с испытываемым узлом трения 26, например, состоящим из вала 27 и вкладыша 28.

Изготовление узла регулировки рабочего зазора δ в виде двух контактирующих друг с другом конических поверхностей цилиндрической втулки 16 и регулируемого упора 17, позволяет повысить надежность работы измерительной схемы трибодилатометра. Повышение надежности достигается путем значительного снижения ($\geq 50\%$ — значение зависит от величины угла конуса) значений ударных нагрузок на рабочие поверхности втулки и упора и, соответственно, степени их повреждения: износа и деформации.

Кроме того, такая конструкция узла настройки измерительной схемы обеспечивает большую компактность и, за счет крепления валов 19 и 20 непосредственно на корпусе устройства, большую жесткость узла, т. е. отсутствие в нем значительных деформаций элементов, оказывающих негативное влияние на точность измерений.

В новой конструкции трибодилатометра существенно облегчается установка и регулировка рабочих зазоров (δ) в узле настройки измерительной схемы, соответственно, она отличается не только повышенной надежностью, но и простотой технического обслуживания и эксплуатации.

Работа трибодилатометра осуществляется следующим образом. При вращении вала 27, входящего в испытываемую трибосистему 26, перемещения, обусловленные ее износом, деформацией, дилатацией, а также радиальными биениями передаются посредством наконечника 25, валов 20 и 19 на узел настройки измерительной схемы. Настройка узла предусматривает установку оптимальной для данных условий испытаний величины зазора δ . При величине зазора δ несколько меньшей максимальной амплитуды радиальных биений происходит практически полное устранение их негативного влияния на измеряемые величины дилатации и износа трибосистем. Физическая сторона обеспечения работоспособности прибора заключается в суммировании двух колебательных процессов, имеющих сдвиг по фазе $\approx 90^\circ$. Перемещения верхней опорной поверхности основного стержня 15 фиксируются при помощи датчика износа 10, записываются регистратором 12, обрабатываются, анализируются и сохраняются компьютером 13.

Трибодилатометр представляет собой прибор, содержащий в своем составе несколько функциональных блоков, каждый из которых для оптимального использования подлежит настройке и периодическим регулировкам. К числу таких главных функциональных блоков могут быть отнесены: основной блок, фрикционные элементы и узел настройки измерительной схемы. Следует отметить, что настройка функциональных блоков представляет собой непростую задачу, т. к. в значительной степени очень часто зависит от режимов, например скоростных, испытаний трибосистем.

Приведем основные технические характеристики трибодилатометра модели PCLW-02:

Типы используемых датчиков линейных перемещений: индуктивные,
механические,
оптические и др.

Коэффициент гашения радиальных биений ≤ 25

Технологическая совместимость с триботестерами практически не ограничена

Точность измерений (на 2,5 мм шкалы регистрирующего устройства), мкм..... 0,18; 0,44; 1,80 и 4,4

Количество информативных параметров ≥ 3

Питание — напряжение, В ~ 220

Габаритные размеры (без индуктивного датчика), мм ... 170×45×50

Масса, г < 250

Основной блок и входящие в его состав конструкционные элементы используются для калибровки измерительных и регистрирующих приборов. Точность выполнения этой операции во многом определяет погрешность результатов измерений износа и дилатации узлов трения. Использование в комплекте с трибодилатометром PCLW-02 показывающего прибора с индуктивными преобразователями (модель 275) позволяет регистрировать трибодилатометрические характеристики с достаточно высокой точностью. При этом точность измерений зависит от диапазона шкалы усилителя измерительного прибора (рис. 2).

Экспериментальная проверка работоспособности устройства.

Экспериментальная проверка работоспособности прибора производилась на парах трения скольжения сталь—сталь, сталь—бронза. Параллельно для сравнения произведены измерения износа трибосопрежений известным методом по стандарту ASTM G77. Поле рассеяния результатов экспериментов по обоим методам составляет $\approx \pm 2,0$ мкм (рис. 3).

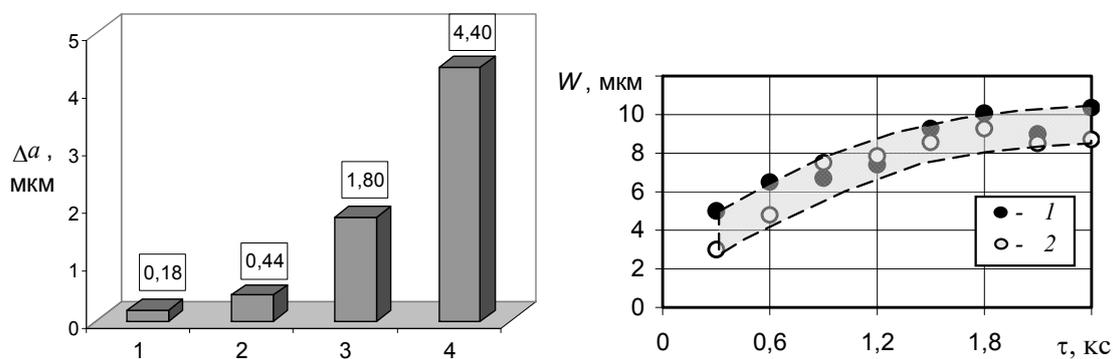


Рис. 2. Градуировочный график регистрирующего устройства: 1 — диапазон шкалы усилителя 10 мкм, 2 — 25, 3 — 100, 4 — 250 мкм

Рис. 3. Зависимость линейного износа от времени испытаний для сопряжений вал — вкладыш, измеренного при помощи трибодилатометра PCLW-02 (1) и по следу на поверхности образца в соответствии со стандартом ASTM G77 (ГОСТ 23204—78) (2); вал и вкладыш (куб со стороной 7 мм) — сталь ШХ-15, нагрузка — 750 Н, скорость — 0,4 м/с, смазывание — окунание вала в ванну с дизельным топливом М 62

Эффективность разработанной конструкции трибодилатометра определяется рядом принципов, которых придерживались в процессе выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Отметим некоторые из них.

Принцип методического единства предполагает, что создаваемые приборы должны использоваться в соответствии с разработанными методиками измерений. В данном случае — с методиками измерений износа, дилатации и деформации трибосистем, а также соответствующими методиками обработки полученных результатов эксперимента. Принципы совместимости и универсальности связаны с возможностями более широкого использования созданных трибодилатометров. Они должны иметь возможность достаточно несложной адаптации к машинам трения различных типов и, связанных с этим, условиям испытаний, конструкциям испытываемых узлов трения, типам исследуемых материалов, параметрам окружающей среды и др.

Достижимая трибодилатометром точность измерений (доли микрометра) позволяет эффективно использовать его при выполнении научных исследований. При относительно несложной модернизации его можно применять для контроля износа деталей и узлов самых разнообразных машин и механизмов в эксплуатационных условиях.

Практическое использование методик трибодилатометрических испытаний. Методики испытаний, предусматривающие использование трибодилатометров моделей PCLW-01 и -02 используются в ряде учебных, научно-инновационных и промышленных организаций Беларуси, России и Польши при оценке триботехнических свойств смазочных составов и композиционных полимерных материалов, оценки изнашивания прецизионных трибосопряжений.

В департаменте трибологии Института технологии эксплуатации (г. Радом, Польша) был проведен комплекс научных и опытно-конструкторских работ, в результате которых разработаны усовершенствованная методика трибодилатометрических испытаний машиностроительных материалов и конструкция трибоанализатора [6]. Результаты проведенных исследований позволили также разработать комплект конструкторской документации на трибоанализатор модели PCLW-01, выпустить опытную партию приборов и провести их длительные эксплуатационные испытания. Итогом работ явилось использование трибоанализатора, как непосредственно в департаменте трибологии Института технологии эксплуатации, так и при реализации контрактов по поставкам триботестеров в качестве их комплектующего элемента (рис. 4).



Рис. 4. Внешний вид компьютеризированного триботестера модели Т-05, оснащенного трибодилатометром PCLW-02. (1 — тестер Т-05; 2 — системный блок; 3 — персональный компьютер; 4 — трибодилатометр PCLW-02; 5 — усилитель.

Трибоанализаторы PCLW-01 и -02, а также методики трибодилатометрических испытаний прошли апробацию и используются в Гомельском государственном университете им. Ф. Скорины, Ростовском инженерном центре (Ростов-на-Дону, Россия) и Белорусском государственном университете транспорта. Разработанные методики прошли опытно-промышленную проверку и используются на Гомельском деревообрабатывающем заводе БелОСТО, ПО “Гомсельмаш”, ОАО “Гомельский подшипниковый завод”, РУП “Гомельторгмаш”. Длительные эксплуатационные испытания, проведенные на предприятиях, позволили подтвердить обоснованность применения методик трибодилатометрических испытаний для оценки долговечности (ресурса по износу) металлических и металлополимерных узлов трения.

Обозначения

W — износ; Δa — цена деления шкалы регистрирующего устройства; δ — рабочий зазор; τ — время.

Литература

1. Potekha V. L., Szczerek M. M. Metoda u urządzenie do precyzyjnego pomiaru zużycia elementów węzłów tarcia // Zjawiska w strefie tarcia: Komunikaty, cz. II, XVIII Jesienna Szkoła Tribologiczna, Kolobrzeg, 21-24 września 1992 r, Radom. — 1992, 145—154
2. Szczerek M., Potekha V., Piekoszewski W. Badanie cieplnozużycio-wych charakterystyk slizgowego skojarzenia stał-polimer // Tribologia. — 1993, N3, 63—66
3. Потеха В. Л., Невзоров В. В., Шчерек М. М. Исследование термоизносных характеристик металлополимерных подшипников скольжения с прецизионной точностью // Трение и износ. — 1994 (15), № 1, 78—83
4. Кирпиченко Ю. Е., Невзоров В. В., Котов В. Л., Пинчук Л. А. Устройство для прецизионного измерения износа полимерных материалов // Трение и износ. — 1987 (8), № 5, 921—923
5. Потеха В. Л. Трибодилатометрия. — Гомель: ГГТУ. — 2000
6. Urządzenie do pomiaru liniowego zużycia skojarzeń trących: Patent 169099 RP, G 01N 3/56 / V. Potekha, V. Nievzorov, M. Szczerek, W. Piekoszewski, 31.05.1996
7. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора: Справочник. — Л.: Машиностроение. — 1984

Поступила в редакцию

Potekha A.V., and Potekha V.L. **A new design of a wear tribomonitoring device for precise friction joints with account of dilatation.**

The advantages and disadvantages of PCLW-01 tribodilatometer are analyzed proceeding from its long-term operation results. A modification PCLW-02 of the tribodilatometer is considered, which is distinguished by improved reliability and serviceability. Its technical characteristics and comparative test results are presented for adoption of tribodilatometric approaches in deciding various problems of tribological materials science.