//// CSM INSTRUMENTS

Техническое описание 2011

Высокотемпературный трибометр (THT)

THT

SWISS MADE

Certified Management System
SQS
ISO 9001

csm Instruments

//// Содержание

//// Основные особенности 4

> Высокоточное измерение тангенциальной силы 4
> Дифференциальный рычаг с двумя сенсорами 4
> Датчик радиуса следа износа 4
> 10 Н Сила трения (опция до 20 Н) 4
> Скорость вращения: до 500 об/мин (опция до 1500 об/мин) 5
> Интегрированные «он-лайн» процедуры калибровки 5
> Прочный и надежный прибор. Большой опыт работы с трибометрами 5
> Множество различных опций 5
> Малый размер прибора, компактная система 5
> Водяное охлаждение печи высокотемпературного трибометра 6
> Высокотемпературный трибометр 1000°C : двойная система нагрева 6
> Высокотемпературный трибометр 1000°C: внутренняя термопара в камере печи6

//// Общая информация 7

> Высокотемпературный трибометр в сборе включает: 7
> Размеры 7
> Рекомендации к месту установки 7

//// Принцип измерений 8

//// Измерительная система 8

> Описание 8

//// Электромеханические характеристики 9

> Спецификация Трибометра 9
> Параметры датчика LVDT sensor (HBMW1E/L) 9
> Измерение температуры 9

//// Типы испытаний 10

> Тестирование массивных материалов 10
> Тестирование покрытий 10

//// Размеры образцов 10

> Дисковые образцы 10
> Квадратные образцы 11
> Прямоугольные образцы 11

//// Держатель статического партнера 12

//// Статический партнер 13

> Шарф 13
> Свойства шаров 13
> Режимы тестирования: 13

//// Программное обеспечение Трибометра 14

> Общие характеристики 14
> Настройка параметров измерения.....14
> Параметры регистрации данных.....15
> Трибологические параметры.....15
> Условия эксперимента.....15
> Контртело 15
> Процедуры калибровки.....16
> Процесс измерения.....16
> Конфигурация трибометра 16
> Результаты измерения 18
> Специальные опции 18
> Дополнительные опции 18
> Датчик RVDT 19

IIII Контактные данные 20

//// Основные особенности

> Высокоточное измерение тангенциальной силы

Датчик LVDT датчик обеспечивает высокую точность измерения тангенциальной силы и, следовательно, коэффициента трением. Специальная конструкция трибометра CSM Instruments обеспечивает стабильность и достоверность измерений в длительный период времени.

> Дифференциальный рычаг с двумя сенсорами

Высокотемпературный трибометр имеет 2 датчика LVDT для точной компенсации влияния температуры. Температурный градиент между печью и измерительной системой не имеет влияния на измерение коэффициента трения. Эта специальная конструкция обеспечивает стабилизированное измерение коэффициента трения даже при высоких колебаниях температуры.

> Датчик радиуса следа износа

Датчик радиуса позволяет автоматически отображать положение контртела на образце.
Он позволяет быстро заменять образец и быстро подготовить и запустить новый эксперимент.

> 10 Н Сила трения (опция до 20 Н)

Трибометр CSM Instruments позволяет измерять силу трения до 10 Н согласно стандарту ASTM G99.

Рекомендуемые условия для испытаний по стандарту ASTM G99 “Standard Test Method for wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus”:

Results (ball) (disk)	Specimen Pairs			
	Steel-steel	Alumina-steel	Steel-alumina	Alumina-alumina
Ball wear scar diameter (mm)	2.11 ± 0.27 (2.11 ± 0.27)	NM	2.08 ± 0.35 (2.03 ± 0.41)	0.3± 0.06 (0.3 ± 0.06)
Ball wear volume (10^{-3} mm^3)	198 (198)	...	186 (169)	0.08 (0.08)
Number of values	102 (102)	...	60 (64)	56 (59)
Disk wear scar width (mm)	NM	0.64 ± 0.12 (0.64 ± 0.12)	NM	NM
Disk wear volume (10^{-3} mm^3)	...	480 (480)	...	...
Number of values	...	60 (60)	...	...
Friction coefficient	0.60 ± 0.11	0.76 ± 0.14	0.60 ± 0.12	0.41 ± 0.08
Number of values	109	75	64	76

[A] Test conditions: $F = 10$ N; $v = 0.1$ ms^{-1}, $T = 23$°C; relative humidity range 12 to 78 %; laboratory air; sliding distance 1000 m; wear track (nominal) diameter = 32 mm; materials: steel = AISI 52 100; and alumina = α-Al_2O_3.

Коэффициент трения около 0.6 с вертикальной нагрузкой 10 Н подразумевает силу трения 6 Н.

Преимущества:
Имеется возможность измерения силы трения до10 Н в стандартном тесте, что позволяет характеризовать не только покрытия с низким трением, но также материалы с более высоким трением, такие обычные системы как сталь-сталь или глинозем-сталь, без ограничений.

> Скорость вращения: до 500 об/мин (опция до 1500 об/мин)

Трибометр CSM Instruments имеет высокую скорость мотора для вращения образца и предназначен для долгосрочных измерений.
Скорость мотора: до 500 об/мин (опционально до 1500 об/мин)

> Интегрированные «он-лайн» процедуры калибровки

Все процедуры калибровки управляются программным обеспечением под управлением Windows. Скорость вращения, радиус следа износа и датчик силы трением можно автоматически откалибрировать в программном обеспечении. Оператор может калибрировать машину в любое время и процедура по калибровки занимает менее 5 минут.

Каждый трибометр испытан и откалибрирован на заводе CSM Instruments перед отправкой заказчику и установкой. Датчик силы трения остается стабилизированным и точным после долгих периодов использования. Однако периодически рекомендуется проверять калибровку датчиков силы трения. При наличии калибровочного груза поставляемого с приором, повторная калибровка датчика силы трения может быть выполнена оператором за одну минуту.

Каждый пользователь может провести 3 калибровки за короткий период времени:

- Калибровка тангенциальной силы (силы трения);
- Калибровка скорости вращения;
- Калибровка датчика радиуса.

Преимущество: Простая процедура проверки и калибровки датчиков радиуса, трения и скорости вращения

> Прочный и надежный прибор. Большой опыт работы с трибометрами

Трибометры CSM Instruments демонстрируют свою прочность и надежность в течение 30 лет (по всему миру установлено более 1' 000 трибометров).

Трибометры CSM Instruments (ранее трибометры CSEM) установлены и успешно работают в множестве лабораторий по всему миру.

> Множество различных опций

Каждую опцию можно установить на стандартный современный трибометр. Опция Измерения глубины следа износа уже установлена стандартно на высокотемпературный трибометр.

Специалисты CSM Instruments могут помочь вам определить ваши потребности и предоставить информацию об установке различных опций на имеющийся или новый прибор.

- Опции температуры с модулем нагрева
- Сопротивление электрического контакта
- Ячейка для тестирования смазок
-

> Малый размер прибора, компактная система

Трибометр THT CSM Instruments имеет размеры: 600 x 700 мм, высота 550 мм. Его можно установить на обычный стол и не требуется специального помещения.

> Водяное охлаждение печи высокотемпературного трибометра

Высокотемпературные трибометры (800°C и 1000°C) поставляются с системой для эффективного и безопасного охлаждения печи. Независимая циркуляция воды через систему нагрева обеспечивает стабилизированное управление температурой и эффективное охлаждение конструкции.

> Высокотемпературный трибометр 1000°C: двойная система нагрева

Двойная система нагрева высокотемпературного трибометра до 1000°C является уникальной разработкой CSM Instruments.

Она основано на 2 системах нагрева:

- Нагрев посредством печи: образец, зафиксированный в держателе, нагревается с боковых сторон и снизу;
- Нагрев крышки: крышка печи обеспечивает превосходную изоляцию внешней окружающей среды, и также контролируемо нагревается.

Печь нагревает образец от комнатной, до высокой температуры. При температуре выше 800°C, начинается нагрев крышки для поддержания температуры.

Так как образец нагревается сверху, сбоку и снизу, то это обеспечивает равномерный и наилучшим образом контролируемый нагрев тестируемого образца.
Благодаря этому перепад температур в образце незначителен.

> Высокотемпературный трибометр 1000°C: внутренняя термопара в камере печи

Для обеспечения полного контроля температуры в системе использованы 2 термопары:

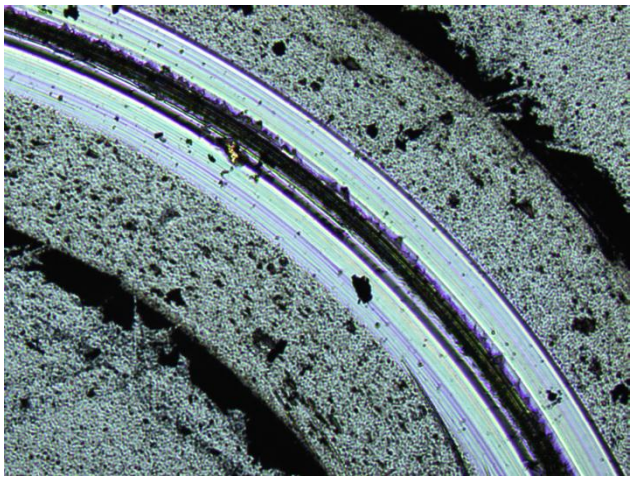
- Одна термопара внутри камеры печи;
- Одна термопара присоединяется к образцу.

В высокотемпературном трибометре версии нагрева до 1000°C, термопара введена в камеру от верхней части и измеряет температуру около поверхности образца.

Измеряется температура не только в печи, но и на поверхности образца.

//// Общая информация

Трибометры CSM Instruments предназначены для определения времени жизни покрытий при трении скольжения, эффективности смазки, коэффициента трения и износа защитных покрытий со временем, при заданном давлении в зоне контакта, скорости, температуре, влажности и наличию смазки.



> Высокотемпературный трибометр в сборе включает:

- Трибометр CSM Instruments (отдельный прибор)
- Полный пакет программного обеспечения для управления прибором, сбора и анализа данных.
- Аксессуары (держатель штифта, держатель шара, набор грузов, набор для калибровки)

Высокотемпературный трибометр может поставляться в двух версиях нагрева:
800°C или 1000°C

- Водяное охлаждение
- Нагреваемая крышка печи для версии 1000 °C
- Опционально: Вакуум

> Размеры

- Трибометр: 500 x 320 мм, высота 550 мм
- Компьютер: 500 x 300 мм, 50 мм
- Общая масса: ~ 50 кг

> Рекомендации к месту установки

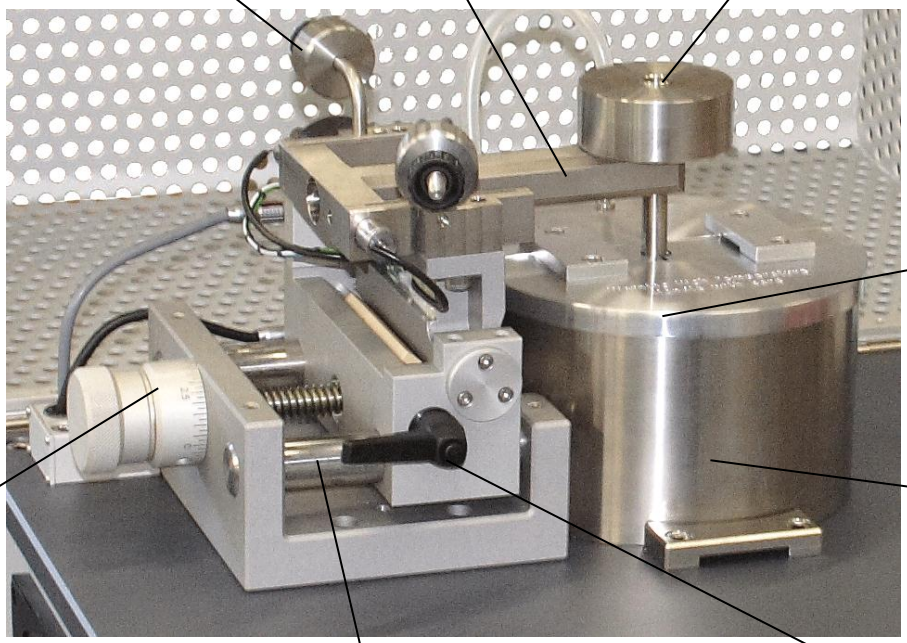
- Прибор устанавливается на поверхностях свободных от механических вибраций

//// Принцип измерений

- Плоский или сферический индентор прижимается к образцу с точно заданной нагрузкой
- Штифт или шар установлены на жестком рычаге, оборудованном датчиком силы без трения
- При вращении дискового образца, между штифтом (шаром) и образцом возникает результирующая сила трения, которая измеряется посредством двух LVDT датчиков за счет минимального отклонения рычага.
- Коэффициенты износа, как для штифта, так и для образца, рассчитываются из количества материала удаленного во время теста за счет трения и износа
- Этот простой метод облегчает определение и изучение трения и износа фактически любой комбинации материалов, при различной длительности опыта, давления контакта, скорости, температуры, влажности, наличием смазки, и др. …

//// Измерительная система

> Описание



1. Противовесы
2. Жесткий рычаг
3. Держатель шара с грузом
4. Крышка печи
5. Печь
6. Фиксатор
7. Миллиметровая шкала
8. Поворотная ручка настройки радиуса следа

//// Электромеханические характеристики

> Спецификация Трибометра

- Скорость вращения: от 1 до 500 об/мин (опционально1500 об/мин)
- Максимальный крутящий момент: 450 Н·мм
- Сила трения (Датчик LVDT): до 10 Н (опционально 20 Н)
- Макс. Диаметр диска: ∅ макс. 55 мм
- Размеры образца:

  1) Для образцов стандартной конфигурации, Обратитесь к следующим страницам данного описания
  (размер примерно ∅ 55 мм/ Высота h = 9.5 - 12 мм)
  2) Чаша для жидкостей:
  Около ∅ 20, 30 мм / высота до 20 мм для специальной чаши испытания в жидкости с температурой до 250°C
  3) Компания CSM Instruments может изготовить специальный держатель для образцов. Пожалуйста, при заказе укажите размер тестируемых образцов.
- Мак. Вертикальная нагрузка:10 Н (опционально до 60 Н)
- Шкала Вернье для регулировки радиуса:

1 оборот	смещение на 3 мм
1 градус	смещение на 0.05 мм

> Параметры датчика LVDT (HBMW1E/L)

• Диапазон температур:	до 130°C
• Линейный диапазон:	± 1.0 мм
• Чувствительность:	0.08 мВ/В/мкм
• Разрешение:	0.02 мкм
• Сопротивление:	2 x 43 Ом
• Индуктивность:	2 x 10 мГенри
• Оптимальное электропитание:	5 в (5 кГц)

> Измерение температуры

Прибор оборудован 2 термопарами:

- Температура в печи
- Температура образца: одна термопара в контакте с образцом для постоянной регистрации температуры образца

//// Типы испытаний

Прибор позволяет провести следующие испытания:

> Тестирование массивных материалов

- Коэффициент трения
- Износ диска с измерением профиля следа износа
- Износ шара, измеряя диаметр следа износа на шаре под микроскопом

> Тестирование покрытий

- То же, что и для массивных образцов, включая время износа покрытия

//// Размеры образцов

Высокотемпературный трибометр CSM Instruments позволяет исследовать образцы со следующий размерами. Для образцов других размеров, необходим специальный держатель.

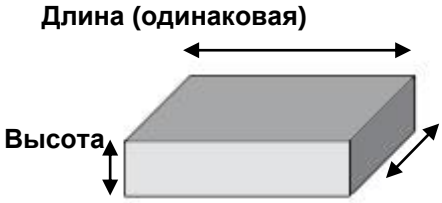
> Дисковые образцы

- Стандартная конфигурация (фиксированный диаметр)
    - Высота: 9.5 мм – 12мм
    - Диаметр диска: 54 мм – 54.9мм

- Стандартная конфигурация (переменная высота)
    - Высота: 5.5мм – 8 мм
    - Диски диаметром: 22 мм – 54.9 мм или 32 мм – 54.9 мм

- В чаше для жидкостей (смазок) с нагревом до 250 °C
    - Высота: 3 мм – 20 мм
    - Диски диаметром: 19мм – 20 мм или 29 мм – 30 мм

> Квадратные образцы



- Стандартная конфигурация (фиксированная длина грани)
  - Высота: 9.5 мм – 12 мм
  - Длина грани: 38.2 мм – 38.8 мм

- Стандартная конфигурация (переменная высота)
  - Высота: 5.5мм – 8 мм
  - Длина грани: 15.5 мм – 38.8 мм или 22.6 мм – 38.8 мм

- В чаше для жидкостей (смазок) с нагревом до 250 °C
  - Высота: 3 мм – 20 мм
  - Длина грани: 13.4 мм – 14.1 мм или 20.5 мм – 21.2 мм

> Прямоугольные образцы

Длина одной стороны должна быть эквивалетна *10 мм*

- Стандартная конфигурация (фиксированная длина грани)
  - Высота: 9.5 мм – 12 мм
  - Прямоугольный образцы с длиной грани: 53.1 мм – 53.9 мм

- Стандартная конфигурация (переменная высота)
  - Высота: 5.5мм – 8мм
  - Прямоугольный образцы с длиной грани: 19.6 мм – 53.9 мм или 30.4 мм – 53.9 мм

- In lubricant container up to 250°C
  - Высота: 3мм – 20мм
  - Прямоугольный образцы с длиной грани: 16.1 мм – 17.3 мм или 27.2 мм – 28.2 мм

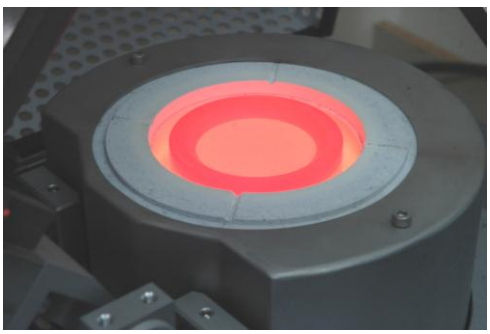
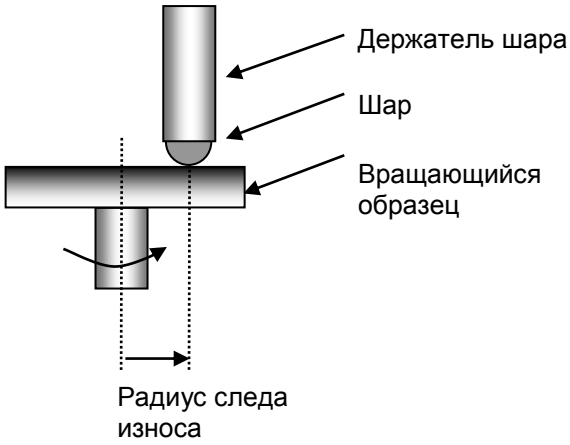


Fig.1 Трибологический тест при 800°C

//// Держатель статического партнера

Стандартный держатель шара:

- диаметр 1.5 мм
- диаметр 3 мм
- диаметр 6 мм
- диаметр 10 мм



Специальный держатель шара:

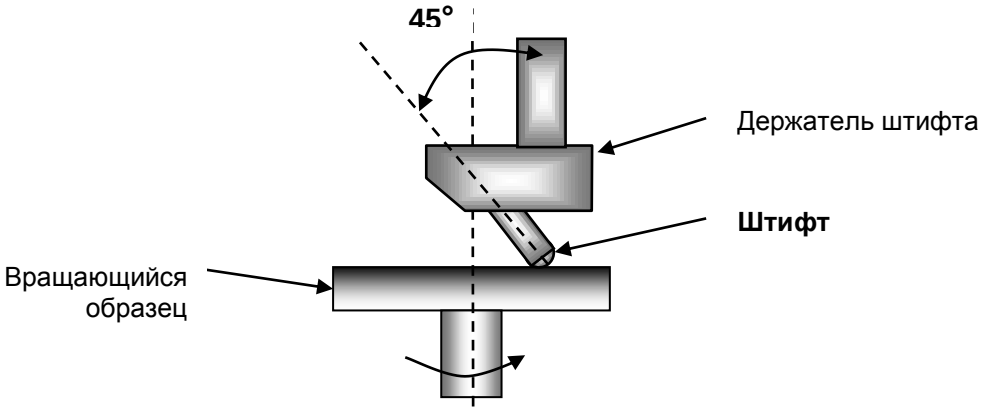
- диаметр 3 мм
- диаметр 6 мм

Специальный держатель шара выполнен из нержавеющей стали Inconel 600. Сплав Inconel 600 позволяет лучшее фиксировать шарик при высоких температурах (обычно выше 600°C), тепловое расширение стандартного держателя шара при высоких температурах имеет тенденцию ослаблять силу фиксации.

Держатель штифта:

- диаметр 1.5 мм
- диаметр 3 мм
- диаметр 6 мм
- диаметр 10 мм

Держатель, в котором штифт расположен под углом 45°, позволяет сделать несколько испытаний с одним штифтом.



//// Статический партнер

> Шарф

- Диаметр:1.5 мм
- Диаметр 3 мм
- Диаметр 6 мм (другие по запросу)
- Диаметр 10 мм

> Свойства шаров

СВОЙСТВА	*Ед. изм.*	*Сапфир*	Рубин	Алюминий	Нитрид кремния HP	Нитрид кремния (синт.)	Карбид кремния	Циркон Y-TZP	Циркон Mg-PSZ/ Y-PSZ	Карбид вольфрама	Сталь
Кристаллическая форма	-	Моно	Моно	Поли	Поли	Поли	Поли	Поли	Поли	Поли	Поли
Состав (масс. %)	-	Al_2O_3	99% Al_2O_3	Al_2O_3	Si_3N_4	Si_3N_4	SiC	ZrO2	ZrO2	WC(6T10)	
Чистота	%	99.99	1% Cr_2O_3	99.80	90	90	(-)	90-95	90-95	WC94+Co 6	
Плотность	г/см^3	3.99	3.99	3.1-3.2	3.0-3.2	3.0-3.2	6.0	6.05	5.8	15	
Твердость по Виккерсу	Н/мм^2	23000	23000	19000	16000	15500	24000-28000	11000-15000	15000	15500	5000-8000
Сопротивление сжатию	Н/мм^2	2100	2100	2800	3000	3000	1200 2900	1800	2000	5300	1000
Предел прочности	Н/мм^2	(-)	(-)	280	400	250	180	(-)	(-)	(-)	500-1500
Сопротивление изгибу	Н/мм^2	390	390	470	1000	600-800	300-600	700-1100	400-800	1600	450
Стойкость к излому	МПа*м½	1	1	4	6	6	4	10	8-10	(-)	30-80
Константа пластичности	ГПа	430	430	380	320	320	310	200	200	610	200
Тепловое расширение	$10^{-6}.K^{-1}$	5.3	5.3	8.1	3.2	3.2	4.1	10.5	10.5	5.5	10-12
Теплопроводность	Вт/м*К	36	36	29	40	40	85	2	2	50	50
Теплоемкость	Дж/кг.К	755	755	900	750	700	800	400	400	201	(-)
Максимальная температура использования на воздухе	°C	1800 -2000	1800-2000	1500-1800	1200-1500	1200-1500	1600	1000	800-900	(-)	300-600
Химическая устойчивость	Кислоты	Отличная	Отличная	Отличная	Отличная	Отличная	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Растворяется	Плохая
	Основания	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая		хорошая	хорошая	(-)	плохая

> Режимы тестирования:

- Штифт - диск
- Шар - диск
- Контакты другой геометрии по запросу

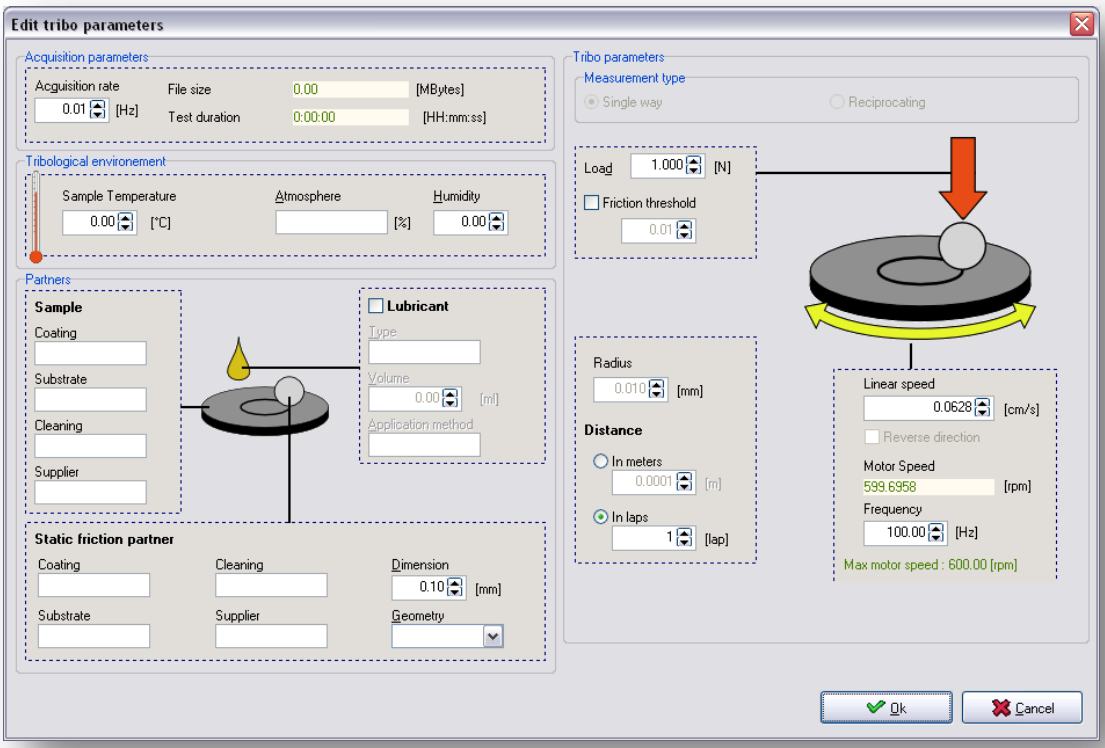
//// Программное обеспечение Трибометра

> Общие характеристики

- Программное обеспечение на базе Windows 7 или XP
- Постоянный сбор данных и их обработка в реальном времени по сигналу трения (Ft) на протяжении всего теста
    - Частота выборки Тангенциальной силы Ft в Герцах: частота регулируется
- Автоматическая генерация полного отчета по всем измерениям
- Процедуры автоматической калибровки:
    - калибровка измерения силы
    - калибровка скорости
- Синхронизация первого круга: каждый тете можно начать с той же начальной позиции на окружности

> Настройка параметров измерения

Окно программы для настройки параметров испытания



> Параметры регистрации данных

- Необходимо ввести параметры (частоту дискретизации) записи данных
- “Частота дискретизации” (д4ля тангенциальной силы Ft скорость записи): настраивается от 1 Гц до 100 Гц
- В соответствии с условиями эксперимента (расстояние в кругах или метрах), программное обеспечение автоматически рассчитывает “Размер файла” (в Мегабайтах) и “Продолжительность теста”.

> Трибологические параметры

- **Нагрузка:**

  Используется вертикальная нагрузка от 1 до 10 Н в стандартной конфигурации прибора (более высокие нагрузки - по запросу)
- **Порог силы терния:**

  Порог силы трения может быть зафиксирован: тест автоматически останавливается, если коэффициент трения достигает заданного предела. Порог силы трения отличается от принудительной защиты тангенциальной силы.
- **Радиус:**

  Датчик радиуса показывает позицию шара или штифта на балке относительно центра вращения образца.
- **Расстояние (длина пройденного пути):**

  Значение расстояния в метрах или число кругов, задаваемое при каждом тесте.
- **Линейная скорость:**

  Линейная скорость теста (см/сек) соответствует скорости вращения мотора (в об/мин и Гц). Линейная скорость не может быть установлена выше максимальной скорости вращения мотора.

> Условия эксперимента

- Эти параметры включают:
  - Температуру образца (°C)
  - Атмосферу (наличие или отсутствие инертного газа)
  - Относительную влажность(%)

Эти параметры являются существенными для трибологических тестов, но они не принимают участия в фактической записи кривой силы трения и вычислениях. Их можно ввести и после окончания теста.

> Контртело

Эта часть - описание статического партнера, образа и возможные используемые смазочные материалы. Следующие параметры экспериментальных условий могут быть введены в программу:

- Образец: Покрытие, субстрат, очистка, держатель
- Смазка: Тип, объем, способ применения…
- Статический партнер (шар, штифт…): Покрытие, субстрат, очистка, держатель, размеры, геометрия

Эти параметры являются существенными для трибологических тестов, но они не принимают участия в фактической записи кривой силы трения. Они могут быть введены после окончания теста.

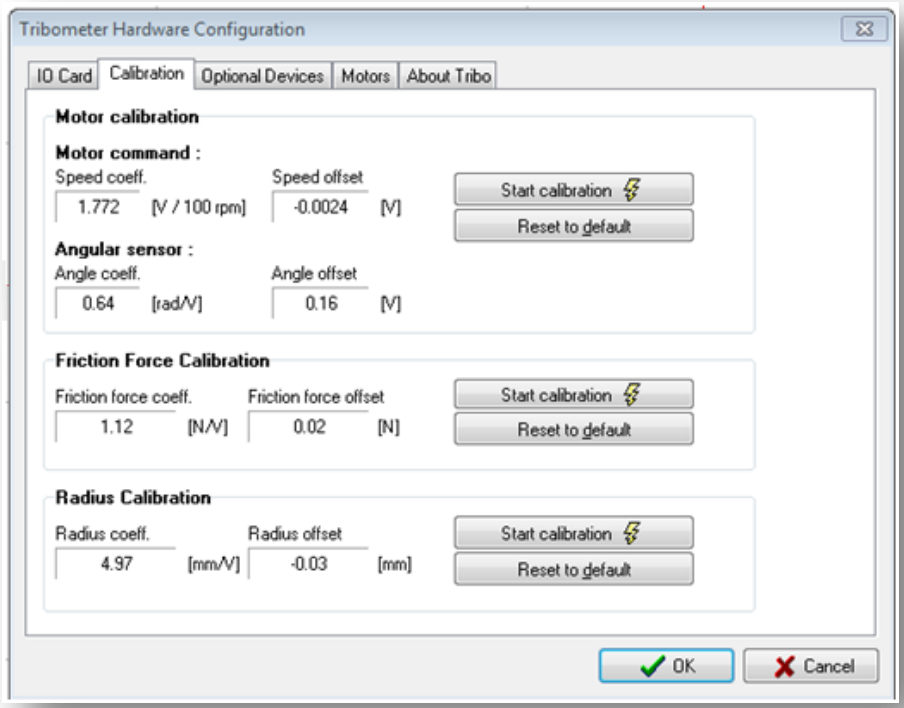
.

> Процедуры калибровки

Трибометры компании CSM Instruments проходят калибровку перед установкой.

Каждый пользователь может откалибровать скорость мотора, тангенциальную силу и радиус. Процедура калибровки отличается простотой и не требует много времени (менее5 минут).

Окно калибровки трибометра



> Процесс измерения

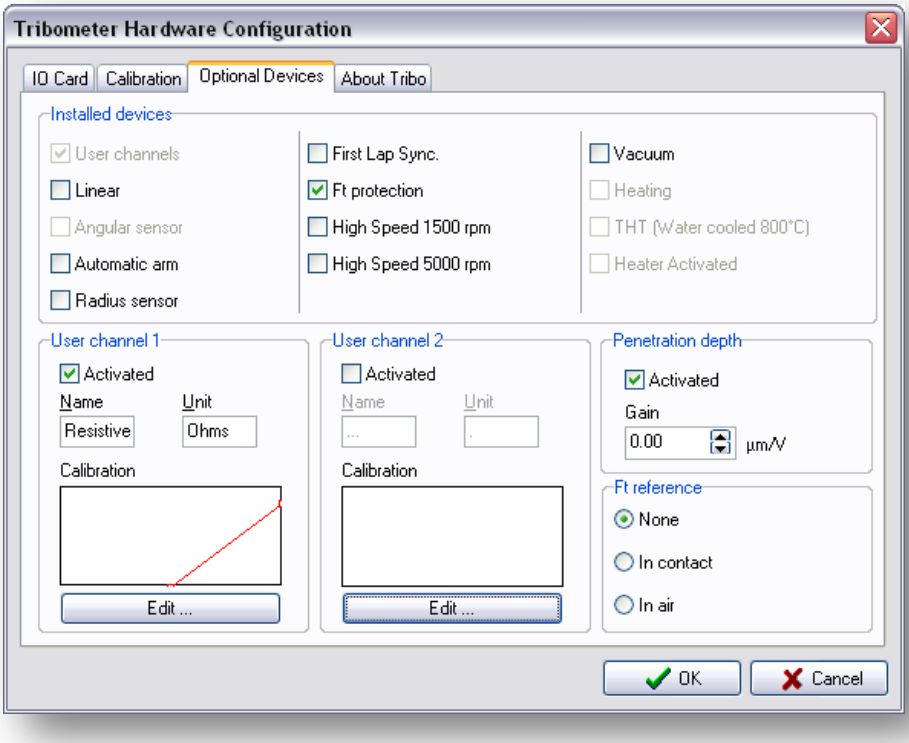
При проведении процесса измерений на экране ПК в реальном времени отображаются кривые снимаемых сигналов.

> Конфигурация трибометра

Имеется возможность установки конфигурации Трибометра для изменений и проверок:

- Датчик радиуса
- Устройства нагрева
- Синхронизация первого круга
- Защита Ft (защита перегрузки силы трения)
- Вакуум
- Высокоскоростной режим 1500 об/мин

Имеется 2 пользовательских канала для подключения дополнительных датчиков CSM Instruments или пользователя (температура, влажность).



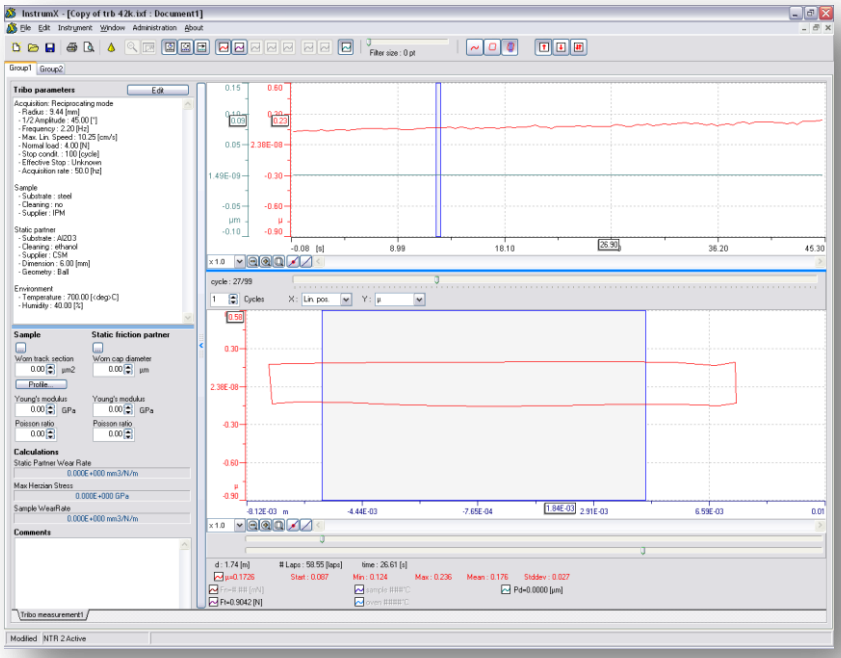
На стандартном трибометре установлены следующие системы

- *Датчик радиуса:* сенсор автоматически измеряет позицию контртела относительно центра вращения образца.

- *Синхронизация первого круга:* этот параметр позволяет синхронизировать положение стартовой точки на образце при проведении всех тестов. Эксперимент запускается с той же самой позиции на вращающемся образце.

- *Ft защита (защита тангенциальной силы)*: принудительная защита тангенциальной силы может быть активирована или деактивирована. Принцип защиты – процесс измерений останавливается при достижении тангенциальной силой заданной безопасной максимальной величины.

> Результаты измерения



Программа автоматически регистрирует следующие величины коэффициента трения:

- Стартовое значение.
- Среднее значение.
- Стандартное отклонение.
- Минимальное значение.
- Максимальное значение.

> Анализ

По окончании эксперимента, профиль износа образца и статического партнера можно определить при помощи профилометра. Введя измеренное значение следа износа на образце и статическом партнере, зная их модуль Юнга, и зная коэффициент Пуассона обеих материалов, программа вычисляет следующие параметры:

- Степень износа статического партнера.
- Степень износа образца.
- Максимум контактного напряжения по Герцу.

> Специальные опции

- Контактный профилометр для измерения профиля следа износа и, как следствие, коэффициента износа (не включен в стандартный комплект)
- Микроскоп небольшого увеличения для измерения следа износа на шаре (не включен в стандартный комплект)

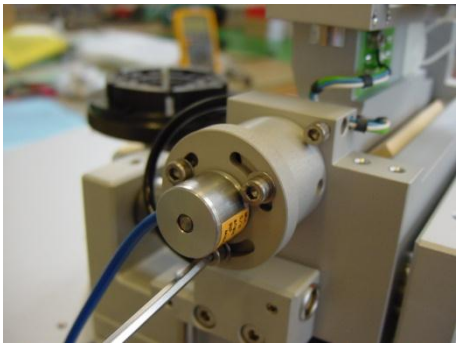
> Дополнительные опции

Для специальных применений имеется опция:

- «Он-лайн» измерение глубины следа износа

Глубина проникновения штифта или шара при контакте с образцом может постоянно измеряться время теста. Это происходит при помощи измерения вертикального перемещения балки, на которой укреплен штифт или шар.

> Датчик RVDT



- 12 битная плата измерений
- • Разрешение при:
  100 Гц - 1мкм
  10 Гц - 0.3 мкм
  1 Гц - 0.1 мкм
- • 0 V = 0 мм
- • 10 V = 2.09 мм
- • Максимальный диапазон смещения: +/- 2мм
- • Максимальная глубина следа: до 1.2 мм

При анализе нужно принимать во внимание различные механизмы износа. Нужно рассматривать три возможных ситуации при тестировании:

а) изнашивается только шар,

б) изнашивается только образец,

с) изнашивается образец и шар (контртело)

В случаях а) и б) ожидаемая степень износа пропорционален глубине следа износа на теле. В случае с) при вычислении значение коэффициента износа следует принять во внимание износ обоих тел: статического партнера и диска. В этом случае для получения коэффициента износа можно применять профилометр с измерительным щупом.

> Повышенная скорость вращения

В стандартной комплектации трибометр имеет максимальную скорость вращения до 500 об/мин. Опционально, имеется возможность поставки трибометра со скоростью вращения до 1500 об/мин. Также возможна модернизация трибометра от 500 до 1500 об минуту.

> Вакуумный трибометр

За специальной брошюрой о вакуумном трибометре обращайтесь в компанию CSM Instruments или к официальному дилеру.

//// Контактные данные

HEADQUARTER
//// CSM Instruments SA
Rue de la Gare 4
CH-2034 Peseux
Switzerland
info@csm-instruments.com
T: +41 32 557 56 00
F: +41 32 557 56 10

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СНГ

//// ООО «НИЕНШАНЦ-САЙНТИФИК»
193318, Санкт-Петербург,
ул. Ворошилова, д.2.

lab_equip@nnz.ru
www.medlab.nnz.ru

Copyright CSM Instruments.
Перевод ООО «Ниеншанц-Сайнтифик» 2012
Содержание данного описания может быть изменено без уведомления.