//// CSM INSTRUMENTS

Техническое описание 2013

Вакуумный трибометр

HVTHT VTHT
HVTRB VTRB

Certified Management System
SQS
ISO 9001

SWISS MADE

www.csm-instruments.com

csm Instruments

//// CSM INSTRUMENTS

Вакуумный трибометр

//// Основные особенности

> Камера вторичного вакуума: до $10E^{-7}$ мбар

> Камера первичного вакуума: до $10E^{-2}$ мбар

> Контролируемая атмосфера: смесь газов

//// Уникальное решение для трения в вакууме

> Профессиональное решение совмещения вакуумной системы и трибометра

>.Специальные условия вакуума:
- Первичный вакуум
- Вторичный вакуум

>.Специальные решения:
- Комнатная температура
- Нагрев от 100°C до 400°C
- Повышенная температура до 800°C
- Высокая температура до 1’000°C

//// Отличное решение для Нано- и Микромеханических исследований в вакууме

> CSM Instruments производит также приборы для Индентирования и Скретч-тестирования в вакуумных и климатических камерах. Специальные решения и интеграция приборов CSM друг с другом.

csm Instruments

//// Содержание

//// Основные особенности 5

> Высокая точность измерения тангенциальной силы 5
> Дифференциальный рычаг с двумя датчиками (для VTHT) 5
> Уникальный серийный Вакуумный Трибометр 5
> Сила трения 10 Н (опционально 20 Н) 6
> Скорость вращения: до 500 об/мин (опционально до 1500 об/мин) 6
> Интегрированные процедуры калибровки 6

//// Общее описание 7

> Вакуумный трибометр включает: 7
> Габариты и Электропитание 7

//// Принцип измерений 7

//// Технические параметры 8

> Спецификация трибометра 8
> Данные о LVDT сенсоре (HBMW1E/L) 8

//// Вакуумная камера 9

> Камера из нержавеющей стали 9
> Турбомолекулярная вакуумная станция 9
>Вакуумные клапана 9
> Оборудование вакуумной камеры 9
> Система управления атмосферой 9
> Управление вакуумом 10

//// Применение 11

//// Специальные требования 11

//// Держатели статического партнера 11

> Держатель Шара 11
> Держатель штифта 11

//// Статические партнеры 12

> Шары 12
> Свойства шаров 12

//// Программное обеспечение трибометра 13

> Общие данные 13
> Настройка измерения 13
> Параметры регистрации данных 14
> Трибологические параметры 14
> Условия эксперимента 14
> Пары трения 14
> Процедуры калибровки 15
> Процесс измерения 15

> Конфигурация прибора 15
> Результаты эксперимента 16
> Analysis .....**Ошибка! Закладка не определена.**

//// Дополнительное оборудование (Опции)..... 17

> Высокотемпературный трибометр 17
> Измерение температуры 17

//// Контактные данные 18

//// Основные особенности

> Высокая точность измерения тангенциальной силы

LVDT датчик обеспечивает высокую точность и достоверность измерений тангенциальной силы и силы трения. Оригинальный дизайн Трибометра CSM Instruments обеспечивает стабильность и точность измерений в течение длительного периода времени.

> Дифференциальный рычаг с двумя датчиками (для VTHT)

Высокотемпературный трибометр имеет 2 LVDT датчика измерения силы для лучшей компенсации влияния температуры. Градиент температуры от печи к измерительному рычагу не вносит влияния на измерение коэффициента трения. Специальная конструкция обеспечивает стабильность измерений коэффициента трения даже при больших вариациях температуры.

> Уникальный серийный Вакуумный Трибометр

На основе многолетнего опыта и экспертных знаний в Трибологии CSM-Instruments производит приборы современного дизайна и прочной конструкции

Камера первичного вакуума с интегрированным Высокотемпературным трибометром (VTHT) или стандартным Трибометром (VTRB)

Глубокий вакуум* = $10E^{-2}$ мбар

Рабочий вакуум = $10E^{-1}$ мбар

Камера вторичного вакуума с интегрированным Высокотемпературным трибометром (VTHT) или стандартным Трибометром (VTRB)

Глубокий вакуум* = $10E^{-7}$ мбар

Рабочий вакуум = $10E^{-6}$ мбар

* *Наличие глубокого вакуума экспериментально подтверждено в отсутствие трибологических тестов*

Высоковакуумные трибометры CSM успешно функционируют во множестве лабораторий по всему миру.

> Сила трения 10 Н (опционально 20 Н)

Трибометры CSM позволяют измерить силу трения до 10 Н согласно стандарту G99 ASTM.

Рекомендуемые условия эксперимента читайте в стандарте 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.

→ Значение коэффициента трения 0.6 при вертикальной нагрузке 10 Н соответствует силе трения 6 Н.

Преимущество:
Возможность измерить силу трения до 10 Н в стандартном испытании позволяет исследовать не только покрытия с низким коэффициентом трения, но также материалы с более высоким коэффициентом трения, без каких либо ограничений, например сталь или алюмосодержащие стали.

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

Трибометр CSM Instruments позволяет проводить испытания при высокой скорости вращения и длительном времени. Скорость вращения мотора до 500 об/мин (опционально до 1500 об/мин).

> Интегрированные процедуры калибровки

Все процедуры калибровки происходят посредством программного обеспечения разработанном под системы семейства Windows. Скорость вращения, радиус следа и датчик силы трения можно автоматически откалибровать в программном обеспечении. Пользователь может откалибровать машину в любое время, процедура по калибровки занимает менее 5 минут.
Каждый Трибометр перед поставкой испытывается и калибруется в компании CSM Instruments. Датчик усилия остается стабилизированным и точным после долгого времени использования. Однако, периодически желательно проверять калибровку датчика силы трения. Калибровка проводится при помощи сертифицированного груза, и повторная калибровка датчика силы трения может быть выполнена за одну минуту.

Каждый пользователь может выполнить эти три калибровки за короткое время:

- Калибровку тангенциальной силы
- Калибровку скорости вращения
- Калибровку датчика радиуса следа износа

Преимущества: - Легкая и простая процедура проверки и калибровки датчика радиуса, скорости вращения и датчика силы трения.

//// Общее описание

Вакуумный трибометр CSM предназначен для определения «времени жизни» и коэффициента трения материалов или покрытий в течение различного времени, при различном контактном давлении, скоростью вращения, температуре, влажности и наличии смазки.

> Вакуумный трибометр включает:

Трибометр CSM r
Вакуумную камеру на специальной раме
Блок охлаждения (для опций VTHT, HVTHT)
Компрессор сжатого воздуха (4.5 б)
Персональный компьютер
Полный пакет программного обеспечения для управления и проведения измерений (Win 7)
Программное обеспечения управления вакуумом
Порты расширения *: 2 x ISO-KF DN40, 1 x ISO-K DN63 используемые для контроля температуры и анализа атмосферы
* *Возможно оборудование другими портами в зависимости от требований Заказчика*.

> Габариты и Электропитание

- Вакуумный трибометр: 1160 x 700 мм, высота 1570 мм (2360x1250 мм при открытой двери)
- Вакуумная камера: 480 x 430 мм, высота 380 мм
- Блок охлаждения (для опции VTHT) : 330 x 560 мм, высота 480 мм
- Однофазный ток 230 В 50 Гц **16 А**; 2900 Вт (Первичный вакуум); 3300 Вт (Вторичный вакуум)
- Вторая фаза 230 В 50 Гц 10А

//// Принцип измерений

- Плоское или сферическое контртело опускается на исследуемый образец с точно известной нагрузкой. Сила трения измеряется по небольшому прогибу упругого рычага, на котором закреплено контртело. Прогиб упругого рычага (без паразитного трения) обеспечивает квазификсированную точку контакта и, как следствие этого, стабильное положение контртела в канавке износа
- При вращении дискового образца между контртелом и образцом возникает сила трения, которая измеряется посредством минимального отклонения упругого рычага с датчиком LVDT
- Коэффициент износа контртела и образца вычисляется из объема изношенного материала при трении этих тел за определенное время
- •Этот просто метод облегчает определение и изучение трения и износом почти любого материала или покрытия, за разное время, при различной нагрузке, скорости, температуре, влажности, и наличии смазки…

//// Технические параметры

> Спецификация трибометра

- Скорость вращения : от1 до 500 об/мин (опционально до 1500 об/мин)
- Максимальный момент: 450 мНм
- Сила трения (датчик LVDT): до 20 Н
- Максимальные размеры образца: макс.∅ 55 мм; мин. ∅ 11мм; толщина до 10 мм
- Максимальная вертикальная нагрузка :10 Н (опционально до 60 Н при наличии грузов)
- Испытание согласно стандарту DIN 50324

> Данные о LVDT сенсоре (HBMW1E/L)

- Температура использования: до 130°C
- Диапазоны линейности: ± 1.0 мм
- Чувствительность: 0.08 мВ/В/мкм
- •Разрешение: 0.02 мкм
- Импеданс: 2 x 43 Ом
- Индуктивность: 2 x 10 мГенри
- Оптимальное напряжение: 5 В (5 кГц)

//// Вакуумная камера

> Камера из нержавеющей стали

- 1 смотровое окно в двери DN 160 ISO-K
- Порт пользователя 1: ∅ 40 мм ISO-KF
- Порт пользователя 2: ∅ 63 мм ISO-KF
- Вторичный вакуумный порт: ∅ 160 мм ISO-K
- Возможный предел по вакууму (обычно 1-2 x 10-7 м/бар) с лопастным LN2 и турбомолекулярным насосом.

> Турбомолекулярная вакуумная станция

- Первичный насос: Pfeiffer© duo 20M лопастной насос, масляный аслосодержащий 1.1 кВт; 20 $м^3$/час
- Вторичный насос: Pfeiffer© HiPace 700 : Турбомолекулярный; 700 л/сек
- Модуль охлаждения (воздух/вода для опций VTHT; HVTHT)
- Встроенный вакуумный контроллер с датчиком и управлением из программного обеспечения.

>Вакуумные клапана

- VAT© угловые клапана для первичной откачки, откачки, вентиляции
- VAT© шиберные клапаны для высокого вакуума

> Оборудование вакуумной камеры

- Датчик вакуума Пирани-Пеннинга :от атм. до 10^{-8} мбар
- Датчик Пирани для первичного вакуума: от атм. до 10^{-3} мбар
- Мониторинг положения клапанов

> Система управления атмосферой

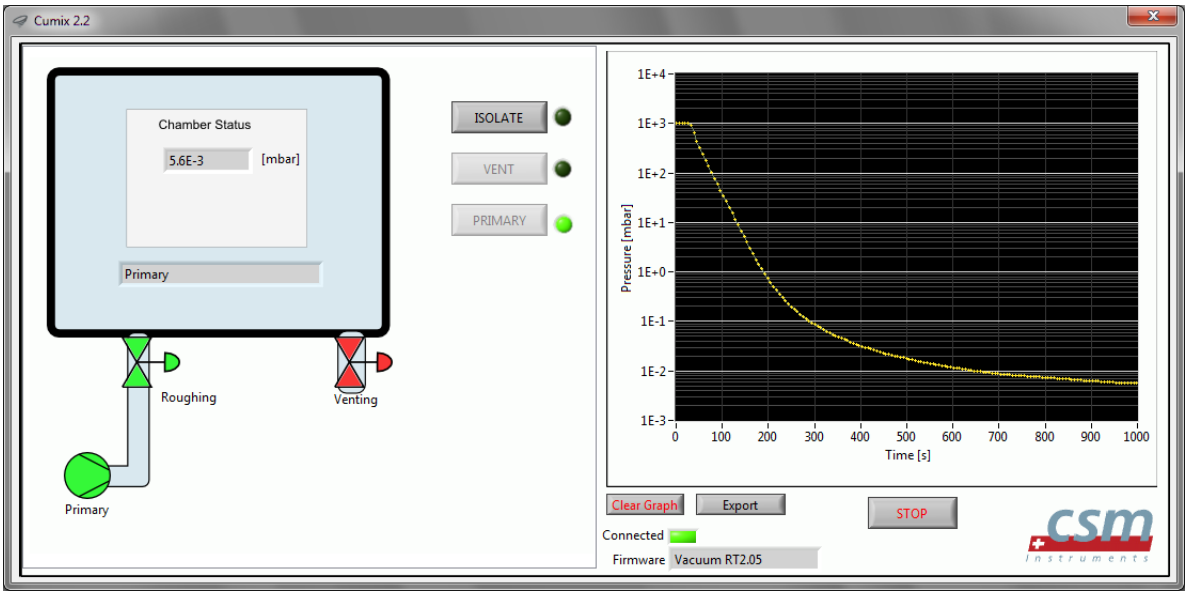
- Выходной фильтр на первичном насосе для понижения потерь масла на 99 %, имеет возможность присоединения к выходной линии выхлопа через патрубок 1 x ISO-KF 25

- 6 мм впускной коннектор для ввода газа. Имеется возможность наполнять камеру газом после вакуумирования.

- Опционально камера может быть оборудована впускными клапанами для ввода газов (до 3 вводов)
    - Настраиваемая скорость закачки в режиме работы
    - Проточный режим (точность ±1% от полной шкалы; Разрешение 0.1% от полной шкалы)
    - Режим давлений ; 50-450 мбар (точность ±2 мбар)
    - Опция: режим давления до 900 мбар.

> Управление вакуумом

Для управления откачкой камеры и отображения параметров в состав системы входит специальное программное обеспечение.



- Возможность остановки откачки при любом давлении и изоляции вакуумной камеры для работы при требуемом давлении.
- Отображение давления внутри камеры через канал пользователя трибометра и индикация состояния в окне программы трибометра во время измерения.
- В режиме первичного вакуума заданное давление (разряженная атмосфера) в камере достигается менее чем за 10 мин.
- В режиме вторичного вакуума, время достижения требуемого вакуума главным образом зависит от начального состояния в камере (температуры, дегазации, чистоты). Насос имеет значительный запас по производительности, чтобы уменьшить время достижения требуемого состояния в камере.
- Циклы дегазации при нагреве камеры позволяют минимизировать процесс откачки, при этом загрязнение газом образца будет минимальным.

<u>Обеспечение безопасности с различными уровнями безопасности:</u>

Уровень 0 (аппаратный уровень) механический: VAT© Электропневматические клапаны закрываются при остановке подачи напряжения или подачи воздуха, что изолирует камеру от внешней среды (в камере остается разряженная атмосфера). Этот уровень безопасности не относится к процессу работы, но обеспечивает надежность прибора.

Уровень 1 относится к управляющему компьютеру и обеспечивает правильную последовательность работы датчиков, насосов и клапанов, чтобы процесс откачки и тестирования проходил правильно.
Эта уровень имеет определенную последовательность действий, чтобы корректно перейти от уровня 0 при возникновении аварийных ситуаций (обесточивание, неполадки с насосами и др.).

Уровень 2 программный (пользовательский уровень) под управлением системы Windows 7. Этот уровень работает на основе информации от пользователя и его решениях (включает полные отчеты об нижних уровнях безопасности и ведет регистрацию событий в ПО и на приборе).

//// Применение

- Определение времени жизни покрытия в присутствии смазки или самосмазывающихся покрытий в условиях вакуума

- Тестирование в условиях сухого трения и исследование износа массивных материалов или твердых покрытий в условиях вакуума.

//// Специальные требования

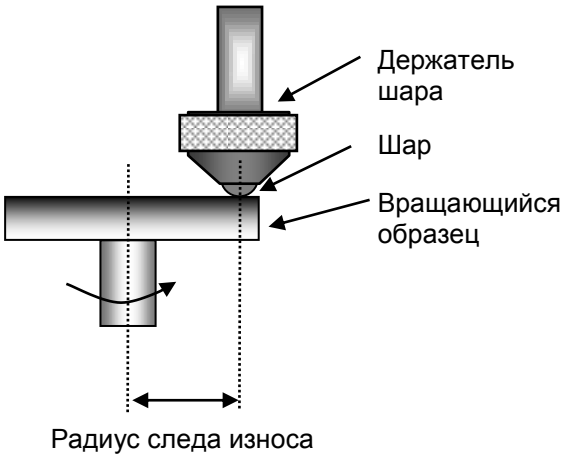
- Измерение профиля для измерений износа дисковых образцов (не включено)

- Микроскоп с малым увеличением для исследования износа контртела (не включен)

//// Держатели статического партнера

> Держатель Шара

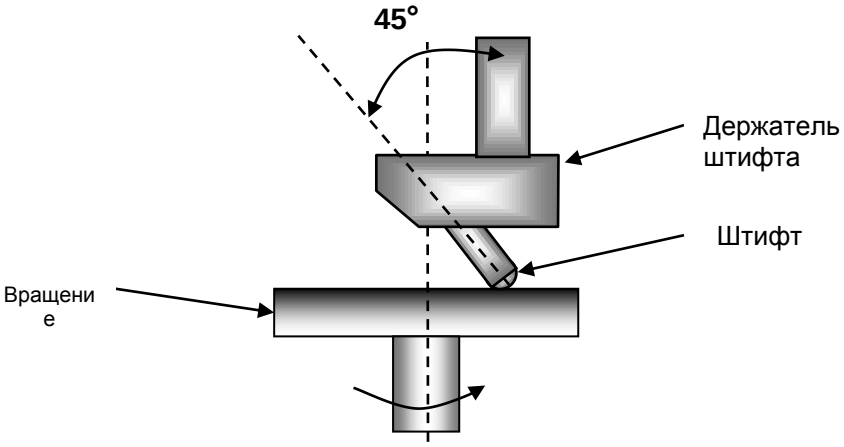
- Диаметр 3 мм
- Диаметр 6 мм
- Диаметр 10 мм



> Держатель штифта

- Диаметр 3 мм
- Диаметр 6 мм
- Диаметр 10 мм

Держатель для фиксации штифта под углом 45°, позволяет проводить несколько испытаний на одном штифте



//// Статические партнеры

> Шары

- Диаметром:
  - 3 мм
  - 6 мм
  - 10 мм

> Свойства шаров

Свойства	Един.	Сапфир	Рубин	Корунд	Нитрид кремния	Карбид кремния	Оксид циркония Y-TZP	Карбид вольфрама	Нерж. сталь
Кристаллизация	-	моно	моно	поли	поли	поли	поли	поли	поли
Состав (масс %)	-	Al_2O_3	99% Al_2O_3	Al_2O_3	Si_3N_4	SiC	ZrO2	WC(6T10)	-
Чистота	%	99.99	1% Cr_2O_3	99.80	90	(-)	90-95	WC94+Co6	-
Плотность	г/см^3	3.99	3.99	3.1-3.2	3.0-3.2	6.0	6.05	15	-
Твердсть HV	Виккерс	2300	2200 - 2400	1800	1500	2400 - 2800	1200	1400	600 - 800
Прочность на сжатие	Н/мм^2	2100	2100	2800	3000	1200-2900	1800	5300	1000
Прочность на растяжение	Н/мм^2	(-)	(-)	280	250	180	(-)	(-)	500-1500
Прочность на изгиб	Н/мм^2	390	390	470	600-800	300-600	700-1100	1600	450
Трещиностойкость	Мра.m½	1	1	4	6	4	10	(-)	30-80
Коэффициент эластичности	ГПа	430	430	380	320	310	200	610	200
Термическое расширение	$10^{-6}.K^{-1}$	5.3	5.3	8.1	3.2	4.1	10.5	5.5	10-12
Теплопроводность	Вт/м.К	36	36	29	40	85	2	50	50
Теплоемкость	Дж/кг.К	755	755	900	700	800	400	201	(-)
Условия использования макс. Т на возд.	°С	1800-2000	1800-2000	1500-1800	1200-1500	1600	1000	(-)	300-600
Химическая стойкость	кислоты щелочи	Отлично Хорошо	Отлично Хорошо	Отлично Хорошо	Отлично Хорошо	Хорошо Хорошо	Хорошо Хорошо	растворяется (-)	плохо плохо

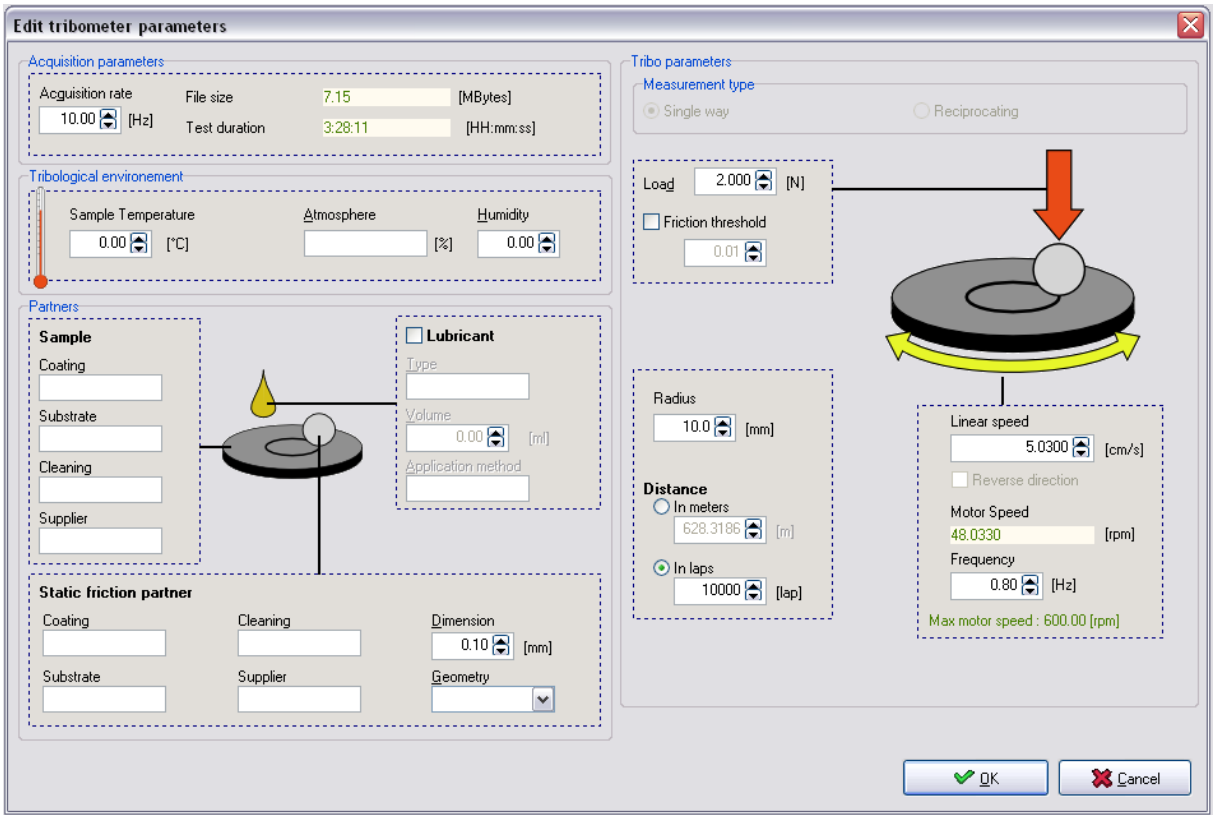
//// Программное обеспечение трибометра

> Общие данные

- Программное обеспечение для работы в системе Windows 7
- 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
    - калибровка радиуса следа
- Синхронизация первого круга: каждый тете можно начать с той же начальной позиции на окружности

> Настройка измерения

Окно установки параметров и условий эксперимента



Пользователь должен ввести некоторые важные параметры:

> Параметры регистрации данных

- Параметры (частоту дискретизации) регистрации данных

- “Частота дискретизации” (для 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, чем максимальная скорость 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 после окончания теста.

> Пары трения

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

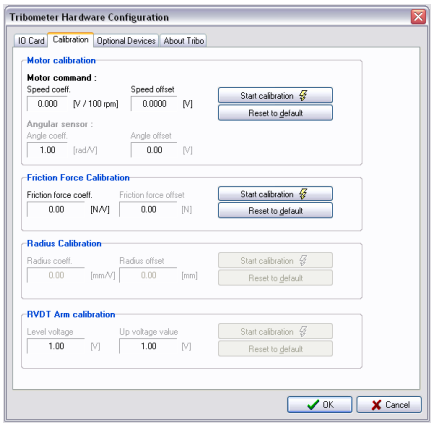
- Образец
  - Покрытие, субстрат, очистка, держатель
- Смазка
  - Тип, объем, способ применения…
- Статический партнер (шар, штифт…)
  - Покрытие, субстрат, очистка, держатель, размеры, геометрия

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

> 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).



> Процесс измерения

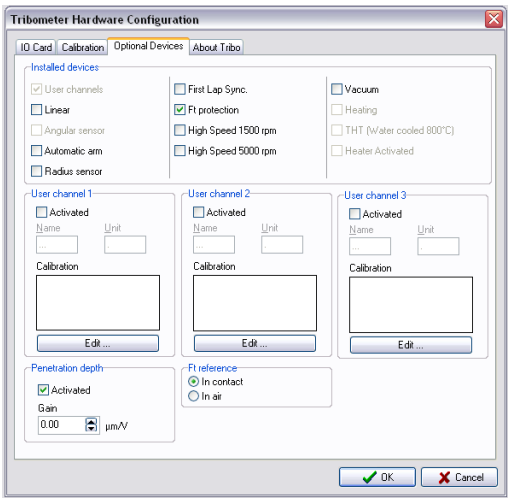
Во время процесса измерения в окне программного обеспечения в реальном времени выводятся все графики функциональных параметров прибора и измеренных данных.

> Конфигурация прибора

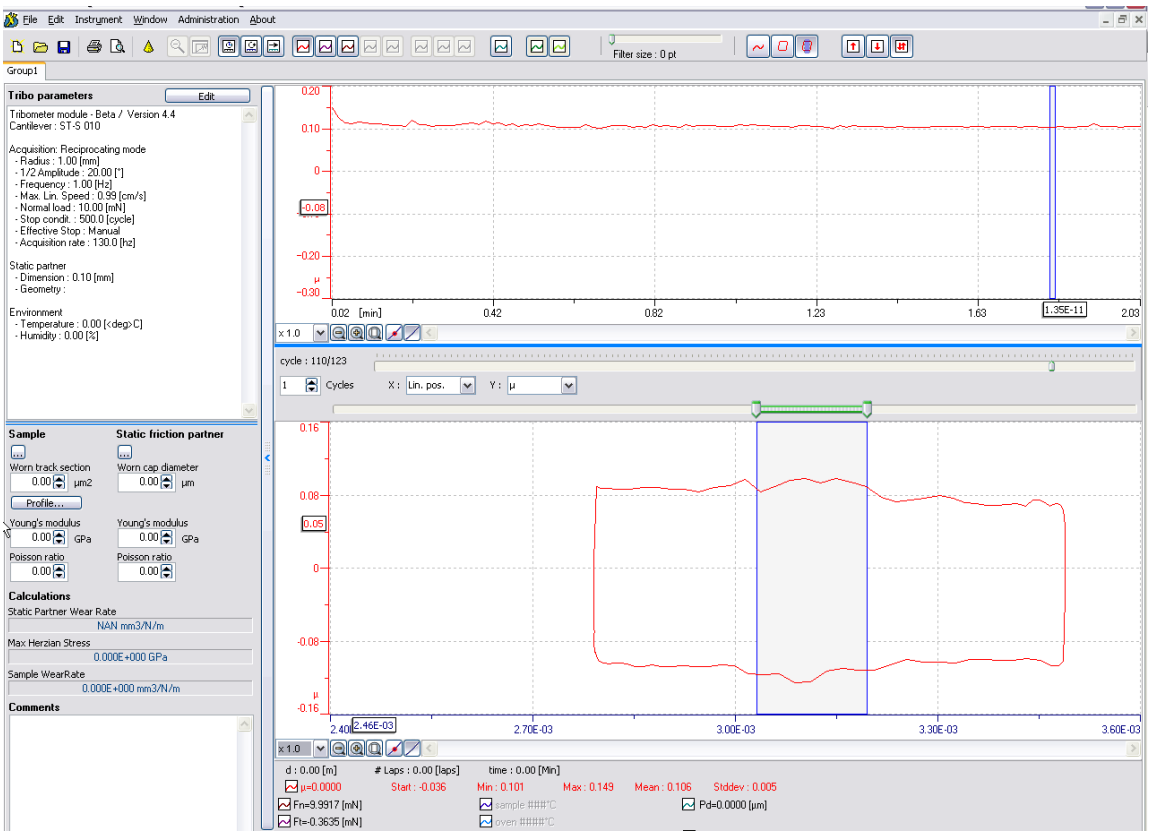
Имеется возможность установки конфигурации Трибометра для изменений и проверок:

- Линейный режим
- 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 (Вакуум, температура, влажность).



> Результаты эксперимента



Программа автоматически регистрирует следующие величины коэффициента трения:

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

> Анализ результатов

По окончании эксперимента, профиль износа образца и статического партнера можно определить при помощи профилометра. Измерив след износа на образце и статическом партнере при помощи модуля Юнга и коэффициента Пуассона обеих материалов, программа вычисляет следующие параметры:

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

//// Дополнительное оборудование (Опции)

> Высокотемпературный трибометр

Возможно комбинирование Трибометра в вакууме и нагрева образца.

Образец в высокотемпературном вакуумном трибометре может быть нагрет до 1000°C. Термопара, находящаяся в контакте с измеряемым образцом постоянно регистрирует его температуру. Программное обеспечение и регулятор температуры позволяют достичь требуемого значения.

В состав Высокотемпературного вакуумного трибометра входит водяная система охлаждения высокотемпературной печи.

> Измерение температуры

Система включает 2 термопары регистрирующие:

- Температуру в печи
- Температуру образца: одна термопара находится в контакте с образцом

Это позволяет постоянно отслеживать температуру образца

Если Вас интересуют другие специальные решения или другие опции, пожалуйста свяжитесь с нами или с нашим официальным представителем.

//// 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.

Тел. (812) 326-10-56,
Факс (812) 325-58-64

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

Copyright CSM Instruments.
Перевод ООО «Ниеншанц-Сайнтифик» 2013

Содержание данного описания может быть изменено без уведомления.