

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГБУ «ВНИИМС»)

СОГЛАСОВАНО



Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»

М.П.

А.Е. Коломин

«28» 05 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ
И ИЗНОСА MFT-5000

МП 204/3-43-2024

г. Москва
2024 г.

Прибор для измерений коэффициента трения и износа MFT-5000

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-43-2024

1. Общие положения

Настоящая методика распространяется на прибор для измерений коэффициента трения и износа MFT-5000 (далее - трибометр), изготовленный RTEC INSTRUMENTS INC, США, и устанавливает методику его первичной и периодической поверок.

Прибор для измерений коэффициента трения и износа MFT-5000 (далее - трибометр) предназначен для измерений коэффициента трения скольжения, а также линейного износа при контактном воздействии перемещающихся поверхностей.

Принцип действия трибометра заключается в воспроизведении перемещения верхнего образца относительно нижнего подвижного образца в условиях заданного значения скорости нагружения. Трибометр воспроизводит заданные значения линейного перемещения, силы прижатия образцов друг к другу, частоту вращения и момент, измеряет эти величины и пересчитывает их в значения коэффициента трения скольжения, а также в линейный износ образца.

Прибор представляет собой напольную установку, состоящую из трибометра с измерительным устройством и компьютера и состоит из высокоплотной виброзащитной металлической станины, встроенного электропривода верхней подвижной каретки, верхнего и нижнего приводных модулей для имитации вращательных движений, модуля колебательных и линейных движений нижнего привода, тензометрических датчиков силы и момента, системы вытяжки, а также системы управления трибометром.

Диапазон измерений сил и моментов определяется применяемым набором сменных тензометрических датчиков. Сила прижима воспроизводится в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Измерение перемещения верхнего образца при испытаниях и позиционировании производится с помощью датчика положения вала нагружающего мотора.

Заводской номер трибометра, представленный в буквенно-цифровом формате, наносится на верхнюю панель методом наклейки.

Место нанесения знака поверки на корпусе трибометра не предусмотрено.

Пломбирование трибометра не предусмотрено.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений силы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22.10.2019 г. № 2498, Локальной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне значений от 0 до 50 м, утвержденной ФГБУ «ВНИИМС», и Государственной поверочной схемой для средств измерений угловой скорости и частоты вращения, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01.09.2022 г. № 2183.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость:

- к ГЭТ 32-2011 по Государственной поверочной схеме для средств измерений силы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22.10.2019 г. № 2498;

- к ГЭТ 2-2021 по Локальной поверочной схеме для средств измерений длины в диапазоне значений от 0 до 50 мм, утвержденной ФГБУ «ВНИИМС»;

- к ГЭТ 108-2019 по Государственной поверочной схеме для средств измерений угловой скорости и частоты вращения, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01.09.2022 г. № 2183.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, указанные в Приложении А.

Методика поверки не допускает возможность проведения поверки средства измерений для меньшего числа измеряемых величин.

2. Операции поверки

2.1. При проведении первичной и периодической поверок трибометра выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	нет
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	10		
Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных перемещений	10.1	да	да
Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений силы прижима	10.2	да	да
Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений момента	10.3	да	да
Определение относительной погрешности измерения частоты вращения	10.4	да	да
Определение допускаемой относительной погрешности измерений коэффициента трения скольжения	10.5	да	да

2.2. При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится и результаты оформляются в соответствии с п. 10.2.

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C 20 ± 5
- относительная влажность окружающего воздуха, % 60 ± 20
- атмосферное давление, кПа 101 ± 4

3.2. Перед проведением поверки трибометр должен быть подготовлен к работе в соответствии эксплуатационной документацией.

3.3. Средства поверки, вспомогательные средства и поверяемый трибометр должны иметь защитное заземление.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1. К поверке допускаются лица имеющие необходимые навыки по работе с подобными средствами измерений, включая перечисленные в таблице 2, и ознакомленными с эксплуатационной документацией на трибометр и данной методикой поверки.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1. При проведении поверки необходимо применять средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
3	Средство измерений температуры от -10 °C до +60 °C с погрешностью не более ± 1 °C; Средство измерений относительной влажности от 10 % до 95 %, с погрешностью не более ± 3 %.	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
10.1	РЭ по Локальной поверочной схеме для средств измерений длины в диапазоне значений от 0 до 50 мм	Головка измерительная цифровая ABSOLUTE серии 543 (рег. № 54125-13)
10.2-10.3	РЭ 2-го разряда по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2498 от 22.10.2019 г. (в диапазоне от 200 до 700 Н, с погрешностью не более $\pm 0,4$ %)	Динамометр электронный АЦД/2С-20/4И-0,5 (рег. №50083-12)
10.4	РЭ 1-го разряда частоты вращения от 1 до 3 000 об/мин по приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2183 от 01.09.2022 г.	Тахометры оптические ДО-03-04 (рег. № 41173-15)
Примечания: 1) Все средства поверки должны быть поверены или аттестованы (иметь действующую запись в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений);		

2) Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим и техническим требованиям;

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1. К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

6.2. При работе со средствами поверки и поверяемым трибометром должны быть соблюдены требования безопасности, оговоренные в соответствующей эксплуатационной документации.

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1. При внешнем осмотре устанавливают соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа, комплектности и маркировки, а также отсутствие механических повреждений корпусов, соединительных кабелей и разъемов

7.2. В случае несоответствия хотя бы одному из выше указанных требований, трибометр считается непригодным к применению, поверка не производится до устранения выявленных замечаний.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1. Перед началом поверки трибометр и средства поверки должны быть выдержаны без упаковки при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ не менее двух часов. После включения трибометр должен прогреться не менее 30 минут до начала измерений. Проверяют работоспособность трибометра в соответствии с эксплуатационной документацией.

8.2. Все средства измерений должны быть прогреты и подготовлены к работе в соответствии со своим руководством по эксплуатации.

8.3. Проверяют условия проведения поверки на соответствие требованиям п. 3.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

Проводят поверку идентификационных данных программного обеспечения. При поверке (по документации фирмы производителя) программного обеспечения смотрятся наименование и версия ПО. Данные версии ПО должны быть не ниже указанных в таблице 3.

Таблица 3 - Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Rtec Instruments Control
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Не ниже MFT 22.9.26.23269

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям

10.1. Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных перемещений.

Закрепить на неподвижной станине трибометра индикатор часового типа таким образом, чтобы измерительный наконечник индикатора упирался в подвижную часть каретки трибометра.

При помощи программного обеспечения воспроизвести перемещение каретки в следующих точках 1, 2, 3, 4 и 5 мм.

Значение абсолютной погрешности измерений линейных перемещений рассчитать по формуле:

$$\Delta_l = l_{\text{изм}} - l_z, \text{ мм} \quad (1)$$

где: $l_{\text{изм}}$ – значение перемещения, воспроизведенное трибометром;

l_z – значение перемещения, измеренное при помощи индикатора часового типа.

10.2. Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений силы прижима.

Установить динамометр на неподвижной станине трибометра таким образом, чтобы ось прижима совпадала с измерительной осью динамометра.

При помощи программного обеспечения воспроизвести силу прижима в следующих точках:

- вертикальном направлении: 1, 10, 100, 1000, 5000, 8500 Н;

- в горизонтальном направлении: 1, 10, 50, 100, 250 Н

Значение абсолютной погрешности измерений силы прижима рассчитать по формуле:

$$\Delta_F = F_{\text{изм}} - F_z, \text{ Н} \quad (2)$$

где: $F_{\text{изм}}$ – значение силы, воспроизведенной трибометром;

F_z – значение силы, измеренное при помощи динамометра.

10.3. Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений момента.

Установить динамометр в специальное приспособление, закрепленное неподвижно на станине трибометра таким образом, чтобы ось вращения подвижной каретки трибометра была перпендикулярна измерительной оси динамометра. Измерительный наконечник динамометра упереть в рычаг специального приспособления.

При помощи программного обеспечения воспроизвести значение момента в следующих точках: 0,005, 1, 10, 30 и 60 Н·м.

Значение момента, измеренное при помощи динамометра, рассчитать по формуле:

$$T_z = F_z \cdot h, \text{ Н·м} \quad (3)$$

где: F_z – значение силы, измеренное при помощи динамометра;

h – длина рычага.

Значение абсолютной погрешности измерений момента рассчитать по формуле:

$$\Delta_T = T_{\text{изм}} - T_3, \text{ Н} \quad (4)$$

где: $T_{\text{изм}}$ – значение момента, воспроизведенное трибометром;
 T_3 – значение момента, измеренное при помощи динамометра.

10.4. Определение допускаемой относительной погрешности измерений частоты вращения.

Измерений частоты вращения подвижной каретки трибометра провести при помощи тахометра.

При помощи программного обеспечения воспроизвести значение частоты вращения в следующих точках: 1, 10, 100, 1000 и 3000 об/мин.

Значение относительной погрешности измерений частоты вращения рассчитать по формуле:

$$\delta_x = \frac{X_{\text{изм}} - X_3}{X_3} \cdot 100, \% \quad (5)$$

где: $X_{\text{изм}}$ – значение частоты вращения, воспроизведенное трибометром;
 X_3 – значение частоты вращения, измеренное тахометром.

10.5. Определение допускаемой относительной погрешности измерений коэффициента трения скольжения.

10.5.1. Определение допускаемой относительной погрешности измерений коэффициента трения скольжения при схеме воспроизведения «кольцо-диск».

Используя данные, полученные в предыдущих пунктах методики поверки, рассчитать коэффициент трения при схеме воспроизведения «кольцо-диск» по формуле:

$$\mu = \frac{T_{\text{изм}}}{F_{\text{изм}} \cdot h} \quad (6)$$

где: $F_{\text{изм}}$ – значение силы, воспроизведенной трибометром (п. 10.2 Методики поверки);
 $T_{\text{изм}}$ – значение момента, воспроизведенное трибометром (п. 10.3 Методики поверки);
 h – длина рычага (п. 10.3 Методики поверки).

Значение относительной погрешности измерений коэффициента трения скольжения при схеме воспроизведения «кольцо-диск» рассчитать по формуле:

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{\Delta_F}{F_3}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_T}{T_3}\right)^2} \cdot 100, \% \quad (7)$$

10.5.2. Определение допускаемой относительной погрешности измерений коэффициента трения скольжения при схеме воспроизведения «палец (шар)-диск».

Используя данные, полученные в предыдущих пунктах методики поверки, рассчитать коэффициент трения при схеме воспроизведения «палец (шар)-диск» по формуле:

$$\mu = \frac{F_T}{F_B} \quad (8)$$

где: $F_{\text{г}}$ – значение силы, воспроизведенной трибометром в горизонтальном направлении (п. 10.2 Методики поверки);

$F_{\text{в}}$ – значение силы, воспроизведенной трибометром в вертикальном направлении (п. 10.2 Методики поверки).

Значение относительной погрешности измерений коэффициента трения скольжения при схеме воспроизведения «палец (шар)–диск» рассчитать по формуле:

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{\Delta F_{\text{гор}}}{F_{\text{зг}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta F_{\text{вертик}}}{F_{\text{зв}}}\right)^2} \cdot 100, \% \quad (9)$$

где: $\Delta F_{\text{гор}}$ – значение абсолютной погрешности измерений силы прижима в горизонтальном направлении, (п. 9.2 Методики поверки);

$\Delta F_{\text{вертик}}$ – значение абсолютной погрешности измерений силы прижима в вертикальном направлении, (п. 9.2 Методики поверки);

$F_{\text{зг}}$ – значение силы, воспроизведенной трибометром в горизонтальном направлении (п. 10.2 Методики поверки);

$F_{\text{зв}}$ – значение силы, воспроизведенной трибометром в вертикальном направлении (п. 10.2 Методики поверки).

10.6. Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям.

Трибометр считается пригодным к применению (соответствующим метрологическим требованиям) если он прошел поверку по каждому пункту данной методики и все максимальные значения допускаемой абсолютной погрешности измерений линейного перемещения, допускаемой абсолютной погрешности измерений силы прижима, допускаемой абсолютной погрешности измерений момента, допускаемой относительной погрешности измерений частоты вращения и допускаемой относительной погрешности измерений коэффициента трения скольжения не превышают допустимых значений, указанных в таблице А.1.

11. Оформление результатов поверки

11.1. Трибометр, прошедший поверку с положительным результатом, признается пригодным и допускается к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений.

11.2. При отрицательных результатах поверки в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ на трибометр оформляется извещение о непригодности к применению.

11.3. Результаты поверки трибометра передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела 204
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Г. Волченко

Приложение А.1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений коэффициента трения скольжения	от 0,01 до 2
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений коэффициента трения, %	± 3
Диапазон измерения линейного перемещения, мм	от 0 до 5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных перемещений, мкм, в поддиапазонах: - от 0 до 0,1 мм включ. - св. 0,1 до 5 мм включ.	± 3 ± 5
Диапазон измерений силы прижима, Н: - в вертикальном направлении - в горизонтальном направлении	от 1 до 8500 от 1 до 250
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы прижима, Н: - в диапазоне от 1 до 8500 - в диапазоне от 1 до 250	$\pm 0,5$ $\pm 0,1$
Диапазон измерений момента, Н·м	от 0,005 до 60
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений момента, Н·м	$\pm 0,05$
Диапазон измерений частоты вращения, об/мин	от 1 до 3000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты вращения, %	± 1