

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора по
метрологии
ФБУ «УРАЛТЕСТ»



Д.Г. Дедков

« 15 » июля 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

СИСТЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ

Методика поверки

МП 4303/0445-2025

Екатеринбург
2025

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки системы измерительной (далее – система), используемой в качестве рабочего средства измерений. Система является частью станка VARIAXIS i-1050T.

1.2 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемой системы к Государственному первичному эталону единицы длины-метра ГЭТ 2-2021 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 апреля 2021 г. № 472 (далее – ГПС).

1.3 Методика поверки реализуется методом прямых измерений и методом непосредственных сличений.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложении А.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки системы должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела (пункта) методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	-	-
Определение погрешности ошупывающей головки	10.1	да	да
Определение абсолютной погрешности измерений	10.2	да	да

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается, систему признают непригодной к применению.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 25 °С;
- допускаемое изменение температуры во время измерений 1,0 °С/ч;
- относительная влажность воздуха не более 75 %;
- атмосферное давление от 85 до 105 кПа.

3.2 Меры, интерферометр и сферу выдерживают в месте проведения поверки, в условиях по 3.1 не менее 8 ч, так же каждую меру перед проведением измерений выдерживают не менее 1 ч непосредственно на столе системы.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на систему, эталоны, средства измерений, применяемые при поверке, имеющие необходимую квалификацию, аттестованные в качестве поверителей.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8.1 Подготовка к поверке	Средства измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне от +15 до +25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,5 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 85 до 105 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
п.10.1 Определение погрешности ошупывающей головки	Рабочий эталон не ниже 1 разряда в соответствии с ГПС для средств измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 апреля 2021 г. № 472, номинальным диаметром 25,400 мм с допускаемыми отклонениями от номинального диаметра $\pm 2,50$ мкм, пределами допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения диаметра $\pm 1,00$ мкм	Мера для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm, рег. № 64593-16 (далее – сфера)
п.10.2 Определение абсолютной погрешности измерений	Рабочий эталон не ниже 3 разряда в соответствии с ГПС для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2840, в диапазоне от 100 до 1000 мм	Меры длины концевые плоскопараллельные, набор № 9, рег. № 37335-08 (далее – меры)
	Рабочий эталон не ниже 2 разряда в диапазоне измерений линейных перемещений от 0 до 50 м с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных перемещений $\pm(0,02+0,4 \cdot L)$ мкм (где L – измеренное перемещение, м) с ГПС для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2840	Интерферометр лазерный Lasertex HPI-3D, рег. № 75666-19 (далее – интерферометр)

5.2 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 5.1.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на систему и используемые средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра системы следует убедиться в отсутствии механических повреждений, следов коррозии, деформаций и других дефектов, влияющих на ее работоспособность.

7.2 Комплектность системы должна соответствовать описанию типа.

7.3 Внешний вид системы должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа.

7.4 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполняются требования, указанные в 7.1-7.3.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Проверяют соблюдение условий в соответствии с разделом 3.

8.1.2 Подготавливают к работе средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией.

8.1.3 Систему подготавливают к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.2 Опробование

8.2.1 Подготавливают систему к проведению измерений в соответствии с 5.1 руководства по эксплуатации.

8.2.2 Результаты опробования заносят в протокол поверки.

8.2.3 Результаты опробования считают положительными, если при опробовании не выявлены неисправности.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Проверку идентификационных данных встроенного программного обеспечения (далее – ПО) системы проводят путем считывания данных (идентификационное наименование и номер версии ПО) на вкладке «Подробно» окна «Свойства» экрана электронного блока управления системы.

9.2 Результаты проверки ПО считают положительными, если идентификационные данные встроенного ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Идентификационные данные встроенного ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	NC Gage
Номер версии (идентификационный номер) ПО	3.4.0.0

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение погрешности ошупывающей головки

10.1.1 Погрешность ошупывающей головки проводят методом прямых измерений с помощью сферы. Сферу устанавливают на столе системы. Проводят не менее десяти серий измерений верхней полусферы в автоматическом режиме, используя ПО системы. Измеренные значения диаметра сферы $d_{сф\ i}$, мм, заносят в протокол поверки.

10.1.2 Погрешность ошупывающей головки $\Delta_{сф\ i}$, мм, рассчитывают по следующей формуле

$$\Delta_{сф\ i} = d_{сф\ i} + d_{сф\ д}, \quad (10.1)$$

где $d_{сф\ i}$ – i -ое измеренное значение значения диаметра сферы, мм;

i – номер серии (i не менее десяти);

$d_{сф\ д}$ – действительное значение диаметра сферы, мм.

10.1.3 Значения, рассчитанные по формуле (10.1), заносят в протокол поверки.

10.1.4 Результаты поверки считают положительными, если полученные по формуле (10.1) значения соответствуют значениям, приведенным в таблице А.1.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений

10.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений по осям X, Y, Z и в плоскости XY проводят методом прямых измерений с помощью мер и интерферометра.

10.2.2 Абсолютную погрешность измерений длины по оси X определяют с помощью мер. На стол системы устанавливают меру с номинальным значением 100 мм и располагают ее вдоль измерительной оси X системы. Проводят не менее пяти измерений срединной длины меры посредством контактного датчика системы. Таким же образом проводят измерения срединной длины мер с градацией 100 мм вплоть до меры с номинальным значением 1000 мм, соответствующей верхнему пределу диапазона измерений системы. Измеренные значения l_{xjk} , мм, и действительные значения длин применяемых мер $l_{дк}$, мм, заносят в протокол поверки.

10.2.3 Абсолютную погрешность измерений длины по оси Y определяют с помощью мер. Повторяют измерения по 10.2.2, располагая меры на столе системы вдоль измерительной оси Y системы. Измеренные значения l_{yjk} , мм, и действительные значения длин применяемых мер заносят в протокол поверки.

10.2.4 Абсолютную погрешность измерений длины в плоскости XY определяют с помощью мер. На стол системы устанавливают меру с номинальным значением 100 мм и располагают ее по диагонали, в плоскости XY. Проводят не менее пяти измерений срединной длины меры посредством контактного датчика системы. Таким же образом проводят измерения срединной длины мер с градацией 100 мм вплоть до меры с номинальным значением 1000 мм. Измеренные значения l_{xyijk} , мм, и действительные значения длин применяемых мер $l_{дк}$, мм, заносят в протокол поверки.

10.2.5 Аналогично 10.2.4 проводят измерения, располагая меры на стойке, на высоте не менее 200 мм от стола системы.

10.2.6 Абсолютную погрешность измерений перемещений по оси Z определяют с помощью интерферометра. Устанавливают на стол системы лазерную головку и делитель луча из состава интерферометра, таким образом, чтобы лазерный луч преломлялся вдоль измерительной оси Z системы. На оправке системы закрепляют угловой отражатель из состава интерферометра. Юстируют измерительную схему так, чтобы лазерный луч был соосен перемещению системы по оси Z во всем диапазоне измерений системы. В нижнем пределе измерений по оси Z обнуляют показания системы и интерферометра. Далее, задают перемещения оси Z системы кратные 100 мм, вплоть до значения 900 мм, соответствующего

верхнему пределу диапазона измерений системы. Измеренные значения перемещений l_{zjk} , мм, и показания интерферометра l_{njk} , мм, заносят в протокол поверки.

10.2.7 Измерения по 10.2.6 проводят в прямом и обратном ходе.

10.2.8 Рассчитывают абсолютную погрешность измерений длины по осям X, Y $\Delta_{xjk}(\Delta_{yjk})$, мм, по следующей формуле

$$\Delta_{xjk}(\Delta_{yjk}) = l_{xjk}(l_{yjk}) - l_{dk}, \quad (10.2)$$

где $l_{xjk}(l_{yjk})$ – j -ое измеренное значение длины k -ой меры, мм;

l_{dk} – действительное значение длины применяемой k -ой меры, мм.

10.2.9 Рассчитывают абсолютную погрешность измерений длины в плоскости XY Δ_{xyijk} , мм, по следующей формуле

$$\Delta_{xyijk} = l_{xyijk} - l_{dk}, \quad (10.3)$$

где l_{xyijk} – j -ое измеренное значение длины в i -ой серии k -ой меры, мм;

i – номер серии (на столе системы, на стойке).

10.2.10 В случае проведения измерений по 10.2.2-10.2.5 при температуре окружающего воздуха отличной от (20 ± 2) °C, формулы (10.2)-(10.3) принимают следующий вид

$$\Delta_{xjk}(\Delta_{yjk}) = l_{xjk}(l_{yjk}) - (l_{dk} + \Delta l_{jk}), \quad (10.4)$$

$$\Delta_{xyijk} = l_{xyijk} - (l_{dk} + \Delta l_{ijk}), \quad (10.5)$$

где Δl_{jk} – поправочный температурный коэффициент при j -ом измерении длины k -ой меры, мм, определяемый по следующей формуле

$$\Delta l_{jk} = \alpha_{tk} \cdot l_{dk} \cdot (t_{jk} - t_{nk}), \quad (10.6)$$

где α_{tk} – температурный коэффициент линейного расширения материала применяемой k -ой меры, $1/^\circ\text{C}$;

t_{jk} – значение температуры окружающего воздуха при j -ом измерении длины k -ой меры, °C;

t_{nk} – значение температуры окружающего воздуха, при которой проведена поверка (аттестация) применяемой k -ой меры, °C;

Δl_{ijk} – поправочный температурный коэффициент при j -ом измерении длины в i -ой серии k -ой меры, мм, определяемый по следующей формуле

$$\Delta l_{ijk} = \alpha_{tk} \cdot l_{dk} \cdot (t_{ijk} - t_{nk}), \quad (10.7)$$

где t_{ijk} – значение температуры окружающего воздуха при j -ом измерении длины в i -ой серии k -ой меры, °C.

10.2.11 Рассчитывают абсолютную погрешность измерений перемещений по оси Z Δ_{zijk} , мм, по следующей формуле

$$\Delta_{zijk} = l_{zijk} - l_{nijk}, \quad (10.8)$$

где l_{zijk} – j -ое измеренное системой значение перемещения в i -ой серии k -ого отрезка, мм;

i – номер серии (прямой, обратный ход);

l_{nijk} – j -ое измеренное интерферометром значение перемещения в i -ой серии k -ого отрезка, мм.

10.2.12 Рассчитанные значения заносят в протокол поверки.

10.2.13 Результаты поверки считают положительными, если полученные значения абсолютной погрешности измерений соответствуют значениям, приведенным в таблице А.1.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 По результатам поверки системы оформляют протокол поверки в произвольной форме.

11.2 Положительные результаты поверки системы оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и, по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке.

11.3 Отрицательные результаты поверки системы оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и, по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

Приложение А

(обязательное)

Метрологические характеристики системы**Таблица А.1 – Метрологические характеристики системы**

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений длины по оси X, мм	от 0 до 1000
Диапазон измерений длины по оси Y, мм	от 0 до 1000
Диапазон измерений перемещений по оси Z, мм	от 0 до 900
Дискретность, мм	0,0001
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины в плоскости XY, мм	$\pm 0,070$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины по одной оси X, Y, мм	$\pm 0,020$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений перемещений по оси Z, мм	$\pm 0,015$
Погрешность осязательной головки, мм, не более	0,020