

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



Государственная система обеспечения единства измерений

Машины координатно-измерительные портативные РМТ
GAMMA+

Методика поверки

МП-987-2025

г. Чехов
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки машин координатно-измерительных портативных PMT GAMMA+ (далее – КИМ), производства PMT Technologies (Suzhou) Co., Ltd, Китай, применяемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Определение метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивает передачу единиц величин методом прямых измерений 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 через эталоны, заимствованные из Государственной поверочной схемы 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 Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2840 к следующему государственному первичному эталону: ГЭТ2-2021 - ГПЭ единицы длины – метра.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложения А к настоящей методике поверки.

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки средств измерений (далее – поверка) должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
Определение повторяемости результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом по сфере)	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров (при измерениях контактным щупом)	Да	Да	10.2
Определение отклонения положения координат центра сферы при многократных измерениях, при измерениях лазерным сканером	Да*	Да*	10.3

* для КИМ семиосевых модификаций при наличии сканера в комплекте поставки

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °C от плюс 18 до плюс 22
 - относительная влажность воздуха, % от 40 до 70

Примечание – При проведении измерений условия окружающей среды средствами поверки должны соответствовать требованиям, приведённым в их эксплуатационной документации.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемое средство измерений, средства поверки. Для проведения поверки достаточно одного поверителя.

5 Метрологические и технические требованиям к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8 – 10	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 18 °C до плюс 22 °C с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,2$ °C; Средства измерений относительной влажности окружающей среды в диапазоне измерений от 40 до плюс 70 % с абсолютной погрешностью не более ± 2 %;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7 (рег.№ 71394-18)
10.1, 10.3	Рабочий эталон 1-го разряда 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 06 апреля 2021 г. № 472 – мера для поверки систем координатно-измерительных (сфера) диаметром от 0,006 до 0,05 м, допускаемая абсолютная погрешность воспроизведения диаметра не более ± 1 мкм	Меры для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm (Рег. № 64593-16)
10.1	Рабочий эталон 4-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой 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 – меры длины концевые плоскопараллельные, с номинальными значениями длины от 50 до 1000 мм, границы абсолютных погрешностей $\pm(0,2+2 \cdot L)$ мкм, где L – длина, м	Меры длины концевые плоскопараллельные Туламаш (Рег. № 51838-12)

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений, средства поверки, правилам по технике безопасности, которые действуют на месте проведения поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие средства измерений следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- маркировки требованиям описания типа;
- отсутствие механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- комплектность, необходимая для проведения измерений, в соответствии с руководством по эксплуатации.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Перед проведением работ средство измерений и эталоны должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержаны не менее 2 часов при постоянной температуре, в условиях, приведённых в п. 3 настоящей методики.

8.2 Опробование

При опробовании проверить:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединённых деталей и элементов;
- плавность и равномерность движения подвижных частей;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность всех функциональных режимов и узлов.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Запустить программное обеспечение, дождаться его загрузки.

В главном окне программы нажать кнопку «Справка» (Help).

Далее нажать кнопку «О программе» (About)

Версия ПО отобразится на экране.

Результат проверки считают положительным, если:

- наименование ПО соответствует указанному в описании типа;
- номер версии ПО не ниже указанного в описании типа.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение повторяемости результата измерений координат точки (при измерениях контактным шупом по сфере)

10.1.1 Повторяемость результата измерений координат точки контактным методом определяется с помощью сферы, закрепленной на виброустойчивом основании, путем

вычисления координат центра сферы с предварительно определенными параметрами.

10.1.2 Произвести измерения на 3-х различных расстояниях сферы относительно КИМ, как показано на рисунке 1 при различных ориентациях КИМ относительно сферы.

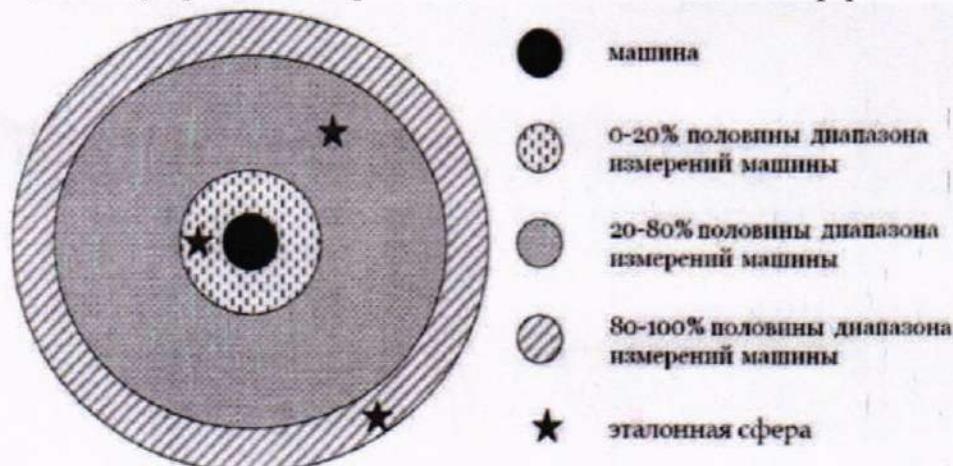


Рисунок 1 – Схема взаимных расположений сферы на разном расстоянии относительно КИМ

10.1.3 Сферу закрепить на расстоянии от 0 до 20 % половины диапазона (радиуса) измерений КИМ.

10.1.4 Произвести измерения на сфере в 5 точках: одна точка на полюсе, четыре точки должны быть расположены на диаметре сферы (рисунок 2).

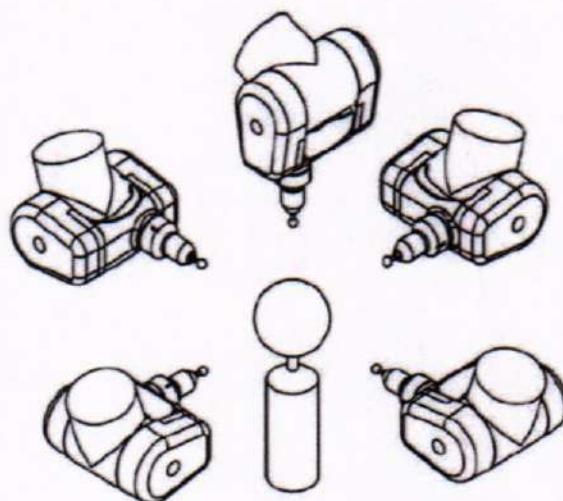


Рисунок 2 – Положение сегментов КИМ относительно сферы

10.1.5 По полученным точкам с помощью ПО определить координаты $\{x, y, z\}$ центра сферы в каждом измерении. Вычислить координаты среднего арифметического положения центра сферы на данном расстоянии от КИМ по формуле 1:

$$\{x, y, z\}_{cp.i} = \left\{ \frac{\sum_{k=1}^5 x_{ki}}{5}, \frac{\sum_{k=1}^5 y_{ki}}{5}, \frac{\sum_{k=1}^5 z_{ki}}{5} \right\} \quad (1)$$

где $\{x, y, z\}_{cp.i}$ – координаты среднего арифметического положения центра сферы на i -ом расстоянии от КИМ;

x_{ki}, y_{ki}, z_{ki} – координаты центра сферы для k -ой ориентации КИМ относительно сферы на i -ом расстоянии сферы от КИМ, мм.

10.1.6 Для каждой ориентации КИМ относительно сферы вычислить значения

отклонений координат центра сферы от среднего арифметического значения по формуле 2

$$S_{ki} = \sqrt{(x_{ki} - x_{cpi})^2 + (y_{ki} - y_{cpi})^2 + (z_{ki} - z_{cpi})^2} \quad (2)$$

где S_{ki} – отклонение координат центра сферы от среднего арифметического значения на i -ом расстоянии от КИМ;

x_{cpi} , y_{cpi} , z_{cpi} – координаты среднего арифметического положения сферы на i -ом расстоянии от КИМ, мм

10.1.7 Снять сферу, поочерёдно закрепить её на расстоянии 20 – 80% и 80 – 100% половины диапазона (радиуса) измерений от машины (рисунок 1) и повторить действия по п.п. 10.1.4 – 10.1.5.

10.1.8 За повторяемость результатов измерений принимается максимальное значение S_{kmax} отклонения полученных координат центра сферы от среднего арифметического значения.

Проверка диапазона измерений осуществляется одновременно с определением погрешности измерений методом проведения измерений во всём заявляемом диапазоне.

Значение повторяемости результатов измерений положения координат центра сферы не должно превышать значений, указанных в Приложении А к настоящей методике поверки.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров (при измерениях контактным щупом)

10.2.1 Абсолютная погрешность измерений линейных размеров при измерениях контактным щупом определяется с помощью мер длины концевых плоскопараллельных (далее – меры). Измеряется расстояние между двумя торцами меры с последующим вычислением отклонения от эталонного значения её длины. Необходимо использовать не менее трёх мер. Рекомендуемые номинальные значения размеров мер: 50 (100), 500, 1000 мм.

10.2.2 Меры устанавливаются и закрепляются на виброустойчивое основание в пространстве измерения КИМ в плоскости XY таким образом, чтобы наибольшая из измеряемых мер находилась в области от 60 до 100 % диапазона измерений КИМ.

10.2.3 КИМ должна располагаться на перпендикуляре к геометрическому центру мер.

10.2.4 Измерить каждую меру собрав не менее 5 точек на каждом торце меры – по углам и в центре. По данным точкам построить плоскости и определить расстояние между ними. Повторить процедуру не менее 3 раз.

10.2.5 Переместить меры на 120° по часовой стрелке от начального положения относительно центра КИМ. Вместо перемещения мер допускается поворот КИМ вокруг оси Z на тот же угол.

10.2.6 Измерить каждую меру собрав не менее 5 точек на каждом торце меры – по углам и в центре. По данным точкам построить плоскости, соответствующие рабочим поверхностям мер, и определить расстояние между ними. Повторить процедуру не менее 3 раз.

10.2.7 Повторить действия по п. 4.5.4 ещё раз.

10.2.8 Вернуть меры в начальное положение и закрепить на оснастку под углом 45° к горизонту.

10.2.9 Повторить действия по п. п. 4.5.3 – 4.5.5.

10.2.10 Переместить меры в исходное положение и закрепить вертикально.

10.2.11 Повторить действия по п. 4.5.3.

10.2.12 Вычислить значение абсолютной погрешности измерений геометрических параметров при измерениях контактным щупом по формуле 3

$$\Delta l_i = \overline{l_{i \text{ изм}}} - l_{i \text{ ном}} \quad (3)$$

где Δl – абсолютная погрешность измерений при i -ой итерации;

$\overline{l_{i\text{изм}}}$ – среднее значение измеренного расстояния между торцами меры при i -ой итерации;

$l_{\text{ном}}$ – номинальное расстояние между торцами меры (действительная длина меры);

Результаты испытаний признаются положительными, если ни одна из измеренных погрешностей не превысит допустимое значение абсолютной погрешности, указанное в Приложении А к настоящей методике поверки. При наличии хотя бы одного превышения, следует повторить измерение на этой позиции еще раз. В противном случае. считается, что средство измерений не прошло испытания.

10.3 Определение отклонения положения координат центра сферы при многократных измерениях, при измерениях лазерным сканером

10.3.1 Отклонения положения координат центра сферы при измерениях лазерным сканером проводиться для КИМ с 7 осями вращения, имеющих в комплекте лазерный сканер, определяется с помощью сферы, закрепленной на виброустойчивом основании, путем сканирования сферы и вычисления координат её центра.

10.3.2 Произвести сканирование на 3-х различных расстояниях сферы относительно машины, как показано на рисунке 1 при различных ориентациях машины относительно сферы.

10.3.3 Сферу закрепить на расстоянии от 0 до 20 % половины диапазона (радиуса) измерений машины.

10.3.4 Произвести сканирование сферы ориентируя сканер относительно сферы в соответствии с рисунком 2. По результатам сканирования с помощью ПО рассчитать координаты $\{x, y, z\}_i$ центра сферы. Повторить измерения 5 раз. Вычислить координаты среднего арифметического положения центра сферы на данном расстоянии от КИМ по формуле (1).

10.3.5 Для каждого положения сферы относительно КИМ вычислить значения отклонений координат центра сферы от среднего арифметического значения по формуле (2).

10.3.6 Снять сферу, поочерёдно закрепить её на расстоянии 20 – 80% и 80 – 100% половины диапазона (радиуса) измерений от машины (рисунок 1) и повторить действия по п. п. 4.6.4 – 4.6.5.

10.3.7 За отклонение положения координат центра сферы принимается максимальное значение $S_k \max$ отклонения полученных координат центра сферы от среднего арифметического значения.

Значение отклонения положения координат центра сферы не должно превышать значений, указанных в Приложении А к настоящей методике поверки.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результате и объёме поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки средство измерений признается пригодным к применению.

Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование средства измерений не производится.

11.3 При отрицательных результатах поверки, средство измерений признается непригодным к применению.

11.4 Выдача свидетельства о поверке или извещения о непригодности к применению средства измерений с указанием основных причин непригодности осуществляется в соответствии с действующим законодательством.

Ведущий инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

К.А. Ревин



Приложение А
(обязательное)

Метрологические характеристики

Таблица А.1 – Метрологические характеристики КИМ РМТ GAMMA+, серии Р с шестью осями вращения

Наименование характеристики	Значение						
Модификация	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Диапазон измерений, м	от 0 до 1,5	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом по сфере)*, мм	0,022	0,027	0,028	0,041	0,055	0,071	0,095
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров (при измерениях контактным щупом)*, мм	±0,020	±0,021	±0,023	±0,034	±0,046	±0,056	±0,072

* Температура окружающей среды от +18 до +22 °C

Таблица А.2 – Метрологические характеристики КИМ РМТ GAMMA+, серии Р с семью осями вращения

Наименование характеристики	Значение						
Модификация	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Диапазон измерений, м	от 0 до 1,5	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом по сфере)*, мм	0,033	0,035	0,039	0,067	0,084	0,092	0,116
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров (при измерениях контактным щупом)*, мм	±0,021	±0,023	±0,025	±0,044	±0,055	±0,070	±0,089
Допускаемое отклонение положения координат центра сферы при многократных измерениях, при измерениях лазерным сканером GH*, мм:	0,035	0,038	0,042	0,047	0,060	0,074	0,120
Допускаемое отклонение положения координат центра сферы при многократных измерениях, при измерениях лазерным сканером GS*, мм:	0,040	0,043	0,048	0,055	0,068	0,079	0,125

* Температура окружающей среды от +18 до +22 °C

Таблица А.3 – Метрологические характеристики КИМ РМТ GAMMA+, серии М с шестью осями вращения

Наименование характеристики	Значение						
	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Модификация							
Диапазон измерений, м	от 0 до 1,5	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом по сфере) [*] , мм	0,024	0,028	0,035	0,047	0,062	0,075	0,101
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров (при измерениях контактным щупом) [*] , мм	±0,022	±0,025	±0,027	±0,038	±0,051	±0,060	±0,082

* Температура окружающей среды от +18 до +22 °C

Таблица А.4 – Метрологические характеристики КИМ РМТ GAMMA+, серии М с семью осями вращения

Наименование характеристики	Значение						
	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Модификация							
Диапазон измерений, м	от 0 до 1,5	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом по сфере) [*] , мм	0,035	0,037	0,045	0,073	0,088	0,105	0,125
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров (при измерениях контактным щупом) [*] , мм	±0,025	±0,027	±0,029	±0,048	±0,062	±0,075	±0,092
Допускаемое отклонение положения координат центра сферы при многократных измерениях, при измерениях лазерным сканером GH [*] , мм:	0,038	0,040	0,045	0,052	0,065	0,081	0,131
Допускаемое отклонение положения координат центра сферы при многократных измерениях, при измерениях лазерным сканером GS [*] , мм:	0,045	0,050	0,055	0,062	0,076	0,090	0,139

* Температура окружающей среды от +18 до +22 °C

Таблица А.5 – Метрологические характеристики КИМ РМТ GAMMA+, серии Е с шестью осями вращения

Наименование характеристики	Значение						
	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Модификация							
Диапазон измерений, м	от 0 до 1,5	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом по сфере) [*] , мм	0,035	0,038	0,047	0,076	0,094	0,110	0,120
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров (при измерениях контактным щупом) [*] , мм	±0,034	±0,037	±0,041	±0,060	±0,076	±0,094	±0,113

* Температура окружающей среды от +18 до +22 °C

Таблица А.6 – Метрологические характеристики КИМ РМТ GAMMA+, серии Е с семью осями вращения

Наименование характеристики	Значение						
	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Модификация							
Диапазон измерений, м	от 0 до 1,5	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом по сфере) [*] , мм	0,048	0,052	0,058	0,091	0,115	0,140	0,158
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров (при измерениях контактным щупом) [*] , мм	±0,040	±0,045	±0,050	±0,070	±0,085	±0,105	±0,125
Допускаемое отклонение положения координат центра сферы при многократных измерениях, при измерениях лазерным сканером GH [*] , мм:	0,045	0,051	0,057	0,065	0,085	0,105	0,150
Допускаемое отклонение положения координат центра сферы при многократных измерениях, при измерениях лазерным сканером GS [*] , мм:	0,050	0,058	0,065	0,075	0,095	0,110	0,185

* Температура окружающей среды от +18 до +22 °C