

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д.И. Менделеева»
Уральский научно-исследовательский институт метрологии - филиал
Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт
метрологии им. Д.И. Менделеева»
(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

СОГЛАСОВАНО

Директор УНИИМ - филиала
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Е.П. Собина

2025 г.



«ГСИ. Машина координатно-измерительная Ksitong Insight-564.
Методика поверки»

МП 95-233-2022

Екатеринбург
2025

Разработана: Уральским научно-исследовательским институтом метрологии – филиалом Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

Исполнители: И.о. заведующего лабораторией 233 Трибушевская Л.А.
Ведущий инженер лаборатории 233 Добренчикова Л.Г.

Согласована УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
«28 » апреля 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	4
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	4
3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ	5
4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	5
5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	6
6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	6
7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	7
8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	7
9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	8
10 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	8
11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	8
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	11

Государственная система обеспечения единства измерений

Машина координатно-измерительная Ksitong Insight-564

Методика поверки

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на машину координатно-измерительную Ksitong Insight-564, сер. № 564202109001 (далее – КИМ), предназначенную для измерений геометрических параметров деталей сложной формы. Поверка КИМ должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость КИМ к ГЭТ 2-2021 «Государственному первичному эталону единицы длины – метра» путем передачи единицы длины от рабочих эталонов 3-го разряда (мер длины концевых плоскопараллельных) 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.

1.3 В настоящей методике поверки реализован метод прямых измерений.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки машины координатно-измерительной Ksitong Insight-564, используемой в качестве рабочего средства измерений. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Верхний предел измерений длины, мм	
- по оси X	500
- по оси Y	600
- по оси Z	400
Пределы допускаемой абсолютной погрешности контактной измерительной головки, мкм	±1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины, мкм	±(2,4+L/300)*
Цена единицы наименьшего разряда, мм	0,0001

* где L - измеряемая длина, мм.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 В настоящей методике поверки использованы ссылки на следующие документы:

Приказ Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2840

Об утверждении 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

Приказ Росстандарта от 06 апреля 2021 г. № 472

Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба

Примечание - При использовании настоящей методики целесообразно проверить действие ссылочных документов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то раздел, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

3.1 При поверке машины должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первой проверке	периодиче- ской по- верке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	9
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	10
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			11
Определение абсолютной погрешности контактной измерительной головки	да	да	11.1
Определение абсолютной погрешности измерений длины	да	да	11.2

3.2 В случае невыполнения требований хотя бы к одной из операций проводится настройка КИМ в соответствии с руководством по эксплуатации (далее – РЭ). В дальнейшем все операции повторяются, в случае повторного невыполнения требований хотя бы к одной из операций поверка прекращается, КИМ бракуется.

4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C 20 ± 1 ;
- изменение температуры окружающего воздуха в течение 1 часа, °C, не более 0,5;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80;
- вибрация и тряска, которую определяют наблюдением за показаниями КИМ при опробовании, должны отсутствовать, показания должны быть стабильны.

5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

5.1 К проведению работ по поверке КИМ допускаются лица, прошедшие специальное обучение на поверителя, ознакомившиеся с эксплуатационной документацией на КИМ, работающие в метрологической службе предприятия, аккредитованной на право поверки средств измерений.

6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки применяют средства поверки согласно таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений: - температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 10 °C до 30 °C, $\Delta= \pm 0,5$ °C; - относительной влажности воздуха в диапазоне от 15 % до 90 %, $\Delta= \pm 3$ % Сфера калибровочная из комплектности КИМ с приспособлением для крепления сферы на рабочем столе КИМ	Прибор комбинированный Testo 608-H1, рег. № 38735-08 Сфера калибровочная из комплектности КИМ с приспособлением для крепления сферы на рабочем столе КИМ
п.11.1 Определение абсолютной погрешности контактной измерительной головки п.11.2 Определение абсолютной погрешности измерений длины	Рабочий эталон единицы длины в области измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы 1 разряда согласно Приказу Росстандарта от 06 апреля 2021 г. № 472 - сфера	Государственный рабочий эталон единицы длины в области измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы 1 разряда с номинальным значением диаметра 15,084 мм, рег. № 3.1.ZZB.0447.2023

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	<p>Рабочие эталоны единицы длины 3-го разряда согласно Приказу Росстандарта № 2840 от 29 декабря 2018 г.</p> <ul style="list-style-type: none"> - меры длины концевые плоскопараллельные в диапазоне значений от 0,5 до 100 мм <p>Рабочие эталоны единицы длины 3-го разряда согласно Приказу Росстандарта № 2840 от 29 декабря 2018 г.</p> <ul style="list-style-type: none"> - меры длины концевые плоскопараллельные в диапазоне значений от 125 до 500 мм 	<p>Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 3-го разряда длиной 100 мм, рег. № 9771-98</p> <p>Наборы мер длины концевые плоскопараллельные, набор № 8 рег. № 37335-08</p>
		Устройство для установки, закрепления и ориентации мер длины концевых в пространстве рабочей зоны КИМ
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6.2 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть поверены (аттестованы), средства измерений – поверены.

7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

7.1 При проведении поверки должны выполняться требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки и поверяемое СИ.

8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие КИМ следующим требованиям:

- наименование типа КИМ, наименование предприятия-изготовителя, серийный номер, год выпуска;
- токопроводящие кабели не должны иметь повреждений электрической изоляции;
- отсутствие внешних повреждений КИМ, влияющих на эксплуатационные свойства;
- наконечники шупов и сфера калибровочная не должны иметь сколов, царапин и других дефектов;

– надписи и отметки на органах управления должны быть четкими и легко читаемыми.

8.2 В случае, если при внешнем осмотре КИМ выявлены повреждения или дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, поверка может быть продолжена только после устранения этих повреждений или дефектов.

9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Проводят контроль условий поверки.

9.2 КИМ и средства поверки подготавливают к поверке в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдерживают в помещении, где проводят поверку, при температуре, указанной в п. 4.1, не менее 6 ч.

9.3 КИМ, щуп контактной измерительной головки и сферу из комплектности КИМ очищают от пыли и грязи сухой безворсовой салфеткой.

9.4 Включают КИМ и персональный компьютер, запускают программное обеспечение (ПО).

9.5 Проверяют взаимодействие частей на холостом ходу, перемещая подвижные узлы КИМ с помощью функций ПО на полные диапазоны измерений в направлении осей X, Y, Z. Перемещения должны быть плавными, без рывков и скачков.

9.6 Устанавливают на предметный стол КИМ сферу из комплекта КИМ, производят однократное измерение диаметра сферы в ручном режиме прощупыванием пяти точек, убеждаются, что КИМ осуществляет построение сферы и выводит результат измерений в виде диаметра сферы. Подобные измерения проводят, используя автоматический режим измерений.

10 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Версию и идентификационные данные ПО КИМ проверяют на мониторе персонального компьютера в верхнем левом углу рабочего окна ПО.

10.2 Идентификационные данные ПО должны соответствовать данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные	Значение
Идентификационное наименование ПО	RationalDMIS64
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2021.0
Цифровой идентификатор ПО	-

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

11.1 Определение абсолютной погрешности контактной измерительной головки

11.1.1 Эталонную сферу устанавливают на плите рабочего стола КИМ с помощью стойки. Для измерений используют самый жесткий щуп. Производят не менее трех циклов измерений формы сферы. В каждом цикле проводят ощупывание измерительной

поверхности сферы не менее чем в 25 равномерно расположенных точках. С помощью функций ПО КИМ производит обработку результатов измерений координат точек диаметрального сечения сферы с целью получения значений минимального, максимального и среднего диаметров сферы.

Рекомендуемая модель измерений включает:

- одну точку на вершине эталонной сферы;
- четыре точки, равномерно распределенные на окружности, расположенной на $22,5^\circ$ ниже вершины;
- восемь точек, равномерно распределенных на окружности, расположенной на 45° ниже вершины и повернутых на $22,5^\circ$ относительно предыдущей группы;
- четыре точки, равномерно распределенные на окружности, расположенной на $67,5^\circ$ ниже вершины и повернутых на $22,5^\circ$ относительно предшествующей группы;
- восемь точек, равномерно распределенных на окружности, расположенной на 90° ниже вершины, т.е. на диаметре и повернутых относительно предыдущей группы на $22,5^\circ$.

Измеряемые точки на сфере при определении погрешности контактной измерительной головки представлены на рисунке 1.

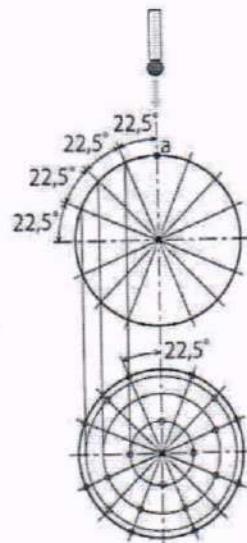


Рисунок 1 – Распределение точек на сфере для определения погрешности контактной измерительной головки

Погрешность контактной измерительной головки, A_i , мкм, определяют для каждого цикла измерений как сумму максимальных отклонений измеренного профиля в положительную и отрицательную области от действительного диаметра сферы

$$A_i = \max(D_{i+}) + \max(D_{i-}) \quad (1)$$

где D_{i+} - отклонение точки i от средней сферы в положительную область, мкм;

D_{i-} - отклонение точки i от средней сферы в отрицательную область, мкм.

Погрешность контактной измерительной головки для каждого цикла измерений не должна превышать значения, указанного в таблице 1 настоящей методики поверки.

11.2 Определение абсолютной погрешности измерений длины

11.2.1 Определение погрешностей объемных измерений производят при измерениях вдоль линий, параллельных координатным осям, и по одной пространственной

диагонали пространства измерений КИМ. Направления, вдоль которых производятся измерения в пределах измерительного пространства КИМ, представлены на рисунке 2.

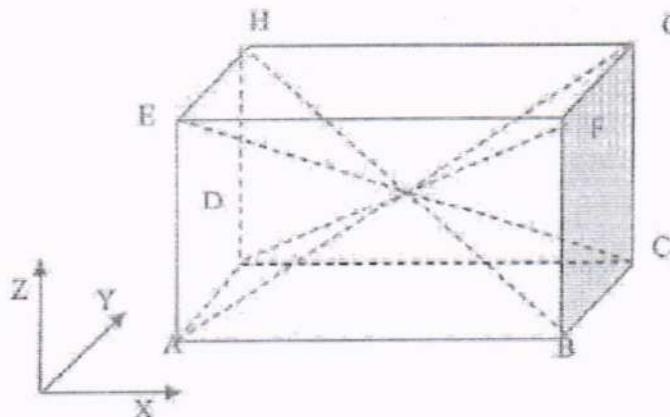


Рисунок 2 – Направления, вдоль которых производятся измерения в пределах измерительного пространства КИМ

11.2.2 Для каждого направления проводят измерения на отрезках, воспроизводимых устройством с концевыми мерами длины (далее – КМД). При этом должно быть измерено не менее четырех отрезков различной длины с максимальным размером не менее 0,8 верхнего предела измерений. Каждый отрезок измеряют три раза. Измерения производятся в автоматическом режиме.

11.2.3 Устройство с концевыми мерами длины устанавливают в пространстве измерений КИМ вдоль линии измерений. При установке устройства применяют теплоизолирующие перчатки. Осуществляют компенсацию погрешностей, связанных с отклонениями параметров окружающей среды от нормальных.

11.2.4 Проводят определение ориентации концевой меры длины в пространстве КИМ ощупыванием трёх точек на ней, разнесенных как можно дальше друг от друга. Далее проводят сбор точек с измерительных поверхностей концевой меры длины в автоматическом режиме.

11.2.5 Абсолютную погрешность результатов измерений (Δ_{jik} , мкм) рассчитывают по формуле

$$\Delta_{Ljk} = \frac{\sum_{i=1}^n (L_{ijk} - L_{djk})}{n}, \quad (2)$$

$$L_{djk} = L_{0j}(1 + K_t(t_{djk} - t_0)), \quad (3)$$

где L_{ijk} – i -ый результат измерений длины отрезка, воспроизводимого j -ой КМД, в k -ом положении, мкм;

L_{djk} – действительное значение длины отрезка, воспроизводимого j -ой КМД, в k -ом положении, мкм;

n – число измерений в k -ом положении;

L_{0j} – действительная длина отрезка, воспроизводимого j -ой КМД при температуре t_0 , мкм;

t_{djk} – температура j -ой КМД при проведении измерения в k -ом положении, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 – температура, при которой поверена КМД, °С;

K_t – интегральный коэффициент теплового расширения КМД.

По результатам измерений для наглядности строят графики пространственной погрешности измерений Δ_{Li} : по оси абсцисс откладывают номинальные значения КМД, L_{nk} в мм, по оси ординат – погрешность Δ_{Ljk} .

Строят график погрешностей объемных измерений КИМ - прямые линии:

$$\Delta_{Li} = A_3 + \frac{L_{hjk}}{K_3}, \quad \Delta_{Li} = -A_3 + \frac{L_{hjk}}{K_3} \quad (4)$$

где A_3, K_3 - указанные в таблице 1 значения постоянной и переменной составляющих погрешности объемных измерений.

11.2.6 Рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений длины должны находиться в пределах, указанных в таблице 1 настоящей методики поверки.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

12.2 При положительных результатах поверки средство измерений признают пригодным к применению и оформляют результаты поверки в соответствии с действующими на дату проведения поверки нормативными актами в области обеспечения единства измерений.

12.3 Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

12.4 При отрицательных результатах поверки средство измерений признают непригодным к применению и оформляют результаты поверки в соответствии действующими на дату проведения поверки нормативными правовыми актами в области обеспечения единства измерений

12.5 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с действующими на момент проведения поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

И.о. заместителя заведующего лабораторией 233
УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ

им. Д.И. Менделеева»

Ведущий инженер лаборатории 233 УНИИМ –
филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Л.А. Трибушевская

Л.Г. Добренчикова