

СОГЛАСОВАНО
Заместитель генерального директора,
Руководитель Метрологического центра
ООО «Автопрогресс-М»



В.Н. Абрамов

«07» марта 2023 г.

МП АПМ 82-20

«ГСИ. Машины координатно-измерительные Spark Plus.
Методика поверки»

г. Москва
2023 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки машин координатно-измерительных Spark Plus (далее – КИМ), производства Innovalia Metrology, Испания, используемых в качестве рабочих средств измерений и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

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

1.2 КИМ до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, в процессе эксплуатации – периодической поверке.

1.3 Первичной поверке подвергается каждый экземпляр КИМ.

1.4 Периодической поверке подвергается каждый экземпляр КИМ, находящегося в эксплуатации, через межповерочные интервалы.

1.5 Выполнение всех требований настоящей методики обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к следующим государственным первичным эталонам:

ГЭТ 192-2019 - ГПСЭ единицы длины в области измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба;

ГЭТ2-2021- ГПЭ единицы длины – метра.

1.6 В методике поверки реализован следующий метод передачи единиц: метод прямых

2 Перечень операций поверки средств измерений

Для поверки КИМ должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции 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
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик	-	-	10
Определение абсолютной погрешности измерительной головки/датчика МРЕ _Р	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений длины (пространственных измерений) МРЕ _Е	Да	Да	10.2
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от +18 до +22;
- допускаемое изменение температуры, °С, не более, в течении 1 ч 1,0;
- градиент температуры по объему, °С на метр, не более 1,0;
- относительная влажность воздуха, без конденсата, %, не более от 25 до 85.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются специалисты организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющие необходимую квалификацию, ознакомленные с руководством по эксплуатации и настоящей методикой поверки.

4.2 Для проведения поверки КИМ достаточно одного поверителя.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Основные средства поверки		
10.1	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 – сфера	Меры для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm (рег. № 64593-16)
10.2	Рабочий эталон единицы длины 3-го разряда согласно Государственной поверочной схеме 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 декабря 2018 г. № 2840 - меры длины концевые плоскопараллельные	Меры длины концевые плоскопараллельные набор № 9, модель 240411 (рег. № 9291-91)
Вспомогательное оборудование		
8, 9, 10.1, 10.2	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от +15 до +25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ °С Средство измерений относительной влажности воздуха: диапазон измерений от 0 до 98 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1$ %	Термогигрометр ИВА-6, модификация ИВА-6Н-Д (рег. № 46434-11)
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 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки, меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на КИМ и средства поверки, правилам по технике безопасности, действующим на месте проведения поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают соответствие КИМ следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида КИМ описанию типа средств измерений;
- наружные поверхности КИМ не должны иметь дефектов, влияющих на ее эксплуатационные характеристики;
- на рабочих поверхностях КИМ не должно быть царапин, забоин и других дефектов, влияющих на плавность перемещений подвижных узлов КИМ;
- наконечники щупов не должны иметь сколов, царапин и других дефектов;
- маркировка и комплектность должны соответствовать требованиям эксплуатационной документации.

Если перечисленные требования не выполняются, КИМ признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- с помощью термогигрометра проверить соответствие условий окружающей среды требованиям, приведенным в п.3;
- КИМ подготавливают к работе в соответствии с требованиями эксплуатационной документации;
- измерительные поверхности эталонных (образцовых) средств измерений: концевых мер длины очищают от смазки, промывают бензином или спиртом ректификатом и протирают чистой салфеткой;
- средства поверки выдерживают до начала измерений в помещении, где проводят поверку КИМ в течение 24 часов и 1 час в рабочем (измерительном) объеме КИМ.

8.2 При опробовании проверяют взаимодействие частей на холостом ходу перемещением подвижных узлов на полные диапазоны. Перемещения должны быть плавными, без рывков и скачков.

Если перечисленные требования не выполняются, КИМ признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Идентификация программного обеспечения (далее – ПО) «МЗ» выполняется в следующем порядке:

- на персональном компьютере запустить ПО для работы с КИМ «МЗ»;
- на верхней панели пользовательского интерфейса выбрать вкладку меню «Справка»;
- выбрать вкладку «О программе...»;
- на экране отображаются наименования и номер версии ПО.

Идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	МЗ
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 3.10

Если перечисленные требования не выполняются, КИМ признают

непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение абсолютной погрешности измерительной головки/датчика МРЕР

10.1.1 Определение абсолютной погрешности измерительной головки/датчика МРЕР с использованием контактного датчика

Установить сферу в центре рабочего объема КИМ с помощью стойки. Для измерений использовать самый жесткий щуп.

Произвести 3 цикла измерений в автоматическом режиме. В каждом цикле произвести измерения поверхности сферы в 25 равномерно расположенных на полусфере точках.

Рекомендуемая модель измерений включает:

- одну точку на вершине испытываемой сферы;
- четыре точки, равномерно распределенных на окружности, расположенной на $22,5^\circ$ ниже вершины (рис 1);
- восемь точек, равномерно распределенных на окружности, расположенной на 45° ниже вершины, и повернутых на $22,5^\circ$ относительно предшествующей группы;
- четыре точки, равномерно распределенных на окружности, расположенной на $67,5^\circ$ ниже вершины (рис 1), 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 $22,5^\circ$.

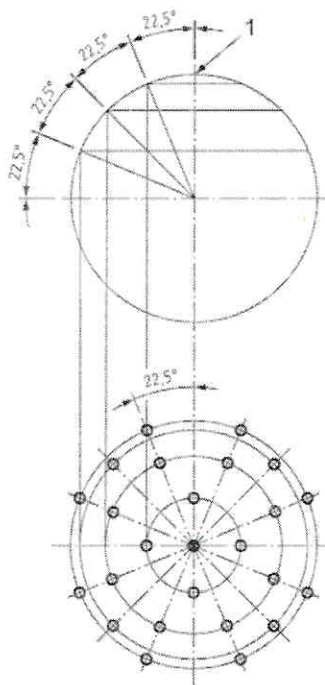


Рисунок 1 – Точки касания на сфере для определения абсолютной погрешности измерительной головки, МРЕР

10.1.2 Определение абсолютной погрешности измерительной головки/датчика МРЕР с использованием лазерного сканера

Установить сферу на плите в центре рабочего стола КИМ с помощью стойки. Проводится 10 циклов измерений в автоматическом режиме. В каждом цикле производится сканирование поверхности сферы в пяти направлениях (рис. 2): в горизонтальной плоскости четыре направления с поворотом сканера КИМ относительно центра сферы на 90° после каждого сканирования, пятое направление сканирования на полюсе сферы.

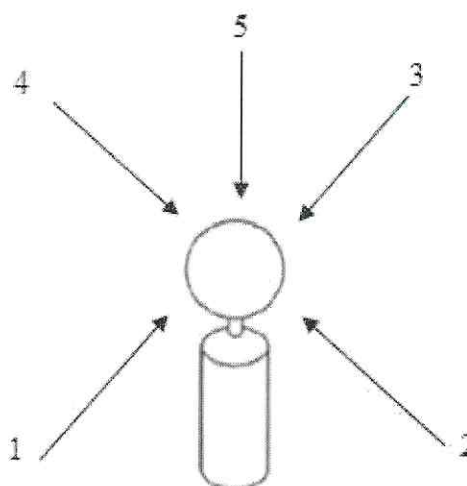


Рисунок 2 – Направления сканирования поверхности сферы для определения абсолютной погрешности измерительной головки/датчика МРЕ_Р с использованием лазерного сканера

10.2 Определение абсолютной объёмной погрешности МРЕ_Е

Определение абсолютной объёмной погрешности МРЕ_Е производится с помощью мер длины концевых плоскопараллельных 3-го разряда согласно Государственной поверочной схеме 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 декабря 2018 г. № 2840 из набора номиналом от 50 до 1000 мм.

Концевые меры длины устанавливаются в пространстве измерений КИМ вдоль линии измерений, используя теплоизолирующие перчатки. Обязательно осуществляется компенсация погрешностей, связанных с отклонениями параметров окружающей среды, отличающихся от нормальных.

При проведении поверки должно быть измерено не менее трех отрезков различной длины. Концевые меры длины выбирают таким образом, чтобы значение длины наибольшей из мер составляло не менее 75 % диапазона измерений вдоль данной оси, для КИМ с диапазоном измерений по выбранной оси более 1200 мм – в качестве наибольшей меры использовать меру длиной 1000 мм. В качестве наименьшей меры используют меру 50 мм.

При использовании контактного датчика провести определение ориентации КМД ощупыванием трех точек на ней, разнесенных как можно дальше друг от друга. Производится сбор точек с измерительных поверхностей КМД и определяется их длина.

При использовании лазерного сканера провести определение ориентации КМД сканированием нерабочих поверхностей. Производится сканирование измерительных поверхностей КМД и определяется их длина.

Измерения каждой меры на каждом участке выполнить три раза

Измерения должны проводиться в автоматическом режиме.

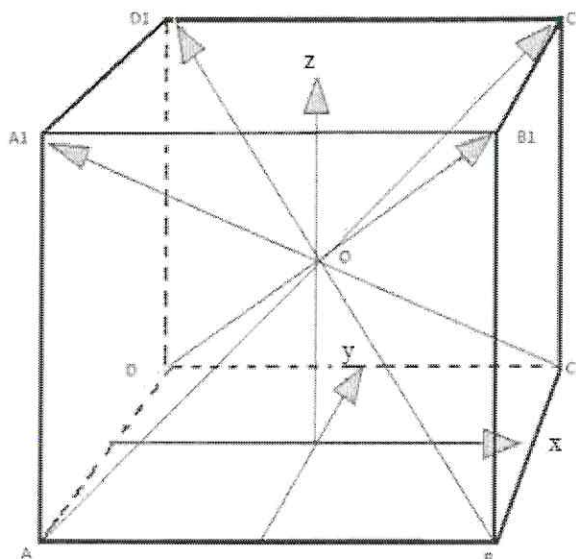


Рисунок 3 – Стандартные положения, в которых производят измерения в пределах объема КИМ

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1. Абсолютная погрешность измерительной головки/датчика МРЕ_р с использованием контактного датчика определяется как сумма максимальных отклонений измеренного профиля в положительную и отрицательную области от средней сферы, рассчитанной по методу наименьших квадратов:

$$\text{МРЕ}_р = |\max(D_{i+})| + |\max(D_{i-})|, \text{ мм, где:}$$

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

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

Абсолютная погрешность измерений не должна превышать значений, указанных в приложении А к настоящей методике поверки.

11.2 Абсолютная погрешность измерительной головки/датчика МРЕ_р с использованием лазерного сканера определяется как разность между измеренным значением диаметра сферы с помощью лазерного сканера ($D_{\text{изм. } n}$) и действительным значением диаметра сферы ($D_{\text{сф}}$):

$$\text{МРЕ}_р = D_{\text{изм. } n} - D_{\text{сф}},$$

где n – номер цикла измерений.

Абсолютная погрешность измерений не должна превышать значений, указанных в таблице 1.

11.3 Абсолютная объемная погрешность МРЕ_Е вычисляется по формуле:

$$\text{МРЕ}_Е = L_{jik} - L_{джик}, \text{ мм, где}$$

$L_{джик}$ – действительное значение длины КМД,

L_{jik} – результат измерений,

j – порядковый номер КМД,

i – порядковый номер измерений,

k – порядковый номер положения.

Результаты измерений абсолютной объемной погрешности МРЕ_Е должны соответствовать значениям, указанным в приложении А к настоящей методике поверки.

Если требования данного пункта не выполняются, КИМ признают непригодной к применению.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в виде сводной таблицы результатов поверки по каждому пункту разделов 7 - 11 настоящей методики поверки.

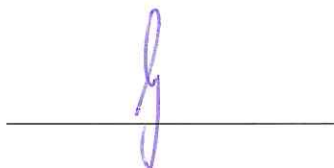
12.2 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки

должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.3 При положительных результатах поверки КИМ признается пригодной к применению и по заявлению владельца средств измерений или лица, предоставляющего средства измерений на поверку, выдается свидетельство о поверке установленной формы. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

12.4 При отрицательных результатах поверки, КИМ признается непригодной к применению и по заявлению владельца средств измерений или лица, предоставляющего средства измерений на поверку, выдаётся извещение о непригодности установленной формы с указанием основных причин.

Руководитель отдела
ООО «Автопрогресс – М»



М.А. Скрипка

Приложение А (Обязательное)

Метрологические характеристики

Таблица А.1 - Метрологические характеристики КИМ

Модификация	Диапазон измерений, мм			Пределы допускаемой абсолютной погрешности*, мкм ($\cdot L$ – измеряемая длина в мм)		Измерительная голова РН10MQ Plus с контактными датчиком TR7M		Измерительная голова РН10MQ Plus/РН10M Plus с контактными датчиком TR20/TR200		Измерительная голова РН20	
						Ось X	Ось Y	Ось Z	MPE _E	MPE _P	MPE _E
	Ось X	Ось Y	Ось Z	MPE _E	MPE _P	MPE _E	MPE _P	MPE _E	MPE _P	MPE _E	MPE _P
06.05.05	от 0 до 600	от 0 до 500	от 0 до 500	$\pm(2,3+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 2,3$	$\pm(1,2+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,2$	$\pm(0,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,2$	$\pm 0,9$	
08.07.05	от 0 до 800	от 0 до 700	от 0 до 500	$\pm(2,3+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 2,3$	$\pm(1,2+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,2$	$\pm(0,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,2$	$\pm 0,9$	
08.07.07	от 0 до 800	от 0 до 700	от 0 до 700	$\pm(2,6+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 2,6$	$\pm(1,3+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,3$	$\pm(1,0+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,3$	$\pm 1,0$	
10.07.05	от 0 до 1000	от 0 до 700	от 0 до 500	$\pm(2,3+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 2,3$	$\pm(1,2+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,2$	$\pm(0,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,2$	$\pm 0,9$	
10.07.07	от 0 до 1000	от 0 до 700	от 0 до 700	$\pm(2,8+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 2,8$	$\pm(1,4+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm 1,1$	
10.08.07	от 0 до 1000	от 0 до 800	от 0 до 700	$\pm(2,8+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 2,8$	$\pm(1,4+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm 1,1$	
10.07.10	от 0 до 1000	от 0 до 700	от 0 до 1000	$\pm(3,9+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 3,9$	$\pm(1,9+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,9$	$\pm(1,5+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,9$	$\pm 1,5$	
10.10.05	от 0 до 1000	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(2,8+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 2,8$	$\pm(1,4+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm 1,1$	
10.10.07	от 0 до 1000	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(3,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 3,3$	$\pm(1,7+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,7$	$\pm(1,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,7$	$\pm 1,3$	
10.10.10	от 0 до 1000	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(4,4+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 4,4$	$\pm(2,2+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 2,2$	$\pm(1,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 2,2$	$\pm 1,7$	
12.10.05	от 0 до 1200	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(2,8+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 2,8$	$\pm(1,4+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm 1,1$	
12.10.07	от 0 до 1200	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(3,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 3,3$	$\pm(1,7+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,7$	$\pm(1,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,7$	$\pm 1,3$	
12.10.10	от 0 до 1200	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(4,4+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 4,4$	$\pm(2,2+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 2,2$	$\pm(1,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 2,2$	$\pm 1,7$	
14.10.05	от 0 до 1400	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(2,8+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 2,8$	$\pm(1,4+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm 1,1$	
14.10.07	от 0 до 1400	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(3,6+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 3,6$	$\pm(1,8+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,8$	$\pm(1,4+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,8$	$\pm 1,4$	
14.10.10	от 0 до 1400	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(4,4+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 4,4$	$\pm(2,2+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 2,2$	$\pm(1,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 2,2$	$\pm 1,7$	
14.12.10	от 0 до 1400	от 0 до 1200	от 0 до 1000	$\pm(4,6+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 4,6$	$\pm(2,3+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 2,3$	$\pm(1,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 2,3$	$\pm 1,8$	
16.10.05	от 0 до 1600	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(2,8+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 2,8$	$\pm(1,4+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm 1,1$	
16.10.07	от 0 до 1600	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(3,9+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 3,9$	$\pm(1,9+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,9$	$\pm(1,5+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,9$	$\pm 1,5$	
16.10.10	от 0 до 1600	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(4,6+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 4,6$	$\pm(2,3+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 2,3$	$\pm(1,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 2,3$	$\pm 1,8$	
16.12.10	от 0 до 1600	от 0 до 1200	от 0 до 1000	$\pm(4,9+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 4,9$	$\pm(2,4+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 2,4$	$\pm(1,9+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 2,4$	$\pm 1,9$	
20.10.07	от 0 до 2000	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(4,1+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 4,1$	$\pm(2,1+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 2,1$	$\pm(1,6+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 2,1$	$\pm 1,6$	

Примечание: * - при температуре окружающего воздуха от +18 °С до +22 °С и относительной влажности воздуха от 25 % до 85 %;

MPE_E – абсолютная погрешность измерений длины (пространственных измерений);

MPE_P – абсолютная погрешность измерительной головки/датчика.

Продолжение таблицы А.1 – Метрологические характеристики КИМ

Модификация	Диапазон измерений, мм			Пределы допускаемой абсолютной погрешности*, мкм ($\cdot L$ – измеряемая длина в мм)					
				Измерительная головка РН10МQ Plus/РН10М Plus с контактным датчиком ТР7М		Измерительная головка РН10МQ Plus/РН10М Plus с контактным датчиком ТР20/ТР200		Измерительная головка РН20	
	Ось X	Ось Y	Ось Z	MPE _E	MPE _P	MPE _E	MPE _P	MPE _E	MPE _P
20.10.10	от 0 до 2000	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(4,6+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 4,6$	$\pm(2,3+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 2,3$	$\pm(1,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 1,8$
20.12.10	от 0 до 2000	от 0 до 1200	от 0 до 1000	$\pm(4,9+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 4,9$	$\pm(2,4+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 2,4$	$\pm(1,9+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 1,9$

Примечание: * - при температуре окружающего воздуха от +18 °С до +22 °С и относительной влажности воздуха от 25 % до 85 %;
MPE_E – абсолютная погрешность измерений длины (пространственных измерений);
MPE_P – абсолютная погрешность измерительной головки/датчика.

Таблица А.2 - Метрологические характеристики КИМ

Модификация	Диапазон измерений, мм			Ось Z	Пределы допускаемой абсолютной погрешности*, мкм ($\cdot L$ – измеряемая длина в мм)		
	Ось X	Ось Y	Ось Z		Измерительная голова РН10MQ Plus/РН10M Plus с контактным датчиком SP25M	Контактный датчик SP80	
06.05.05	от 0 до 600	от 0 до 500	от 0 до 500	$\pm(0,9+1,6 \cdot L/1000)$	MPE _P $\pm 0,9$	MPE _E $\pm(0,5+1,6 \cdot L/1000)$	MPE _P $\pm 0,5$
08.07.05	от 0 до 800	от 0 до 700	от 0 до 500	$\pm(0,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,9$	$\pm(0,5+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,5$
08.07.07	от 0 до 800	от 0 до 700	от 0 до 700	$\pm(1,0+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,0$	$\pm(0,6+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,6$
10.07.05	от 0 до 1000	от 0 до 700	от 0 до 500	$\pm(0,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,9$	$\pm(0,5+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,5$
10.07.07	от 0 до 1000	от 0 до 700	от 0 до 700	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,1$	$\pm(0,7+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,7$
10.08.07	от 0 до 1000	от 0 до 800	от 0 до 700	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,1$	$\pm(0,7+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,7$
10.07.10	от 0 до 1000	от 0 до 700	от 0 до 1000	$\pm(1,5+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,5$	$\pm(1,1+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,1$
10.10.05	от 0 до 1000	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,1$	$\pm(0,7+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,7$
10.10.07	от 0 до 1000	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(1,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,3$	$\pm(0,9+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 0,9$
10.10.10	от 0 до 1000	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(1,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,7$	$\pm(1,3+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,3$
12.10.05	от 0 до 1200	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,1$	$\pm(0,7+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,7$
12.10.07	от 0 до 1200	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(1,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,3$	$\pm(0,9+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 0,9$
12.10.10	от 0 до 1200	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(1,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,7$	$\pm(1,3+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,3$
14.10.05	от 0 до 1400	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,1$	$\pm(0,7+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,7$
14.10.07	от 0 до 1400	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(1,4+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$	$\pm(1,0+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 1,0$
14.10.10	от 0 до 1400	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(1,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,7$	$\pm(1,3+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,3$
14.12.10	от 0 до 1400	от 0 до 1200	от 0 до 1000	$\pm(1,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 1,8$	$\pm(1,4+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$
16.10.05	от 0 до 1600	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(1,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 1,1$	$\pm(0,7+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 0,7$
16.10.07	от 0 до 1600	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(1,5+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,5$	$\pm(1,1+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,1$
16.10.10	от 0 до 1600	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(1,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 1,8$	$\pm(1,4+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$
16.12.10	от 0 до 1600	от 0 до 1200	от 0 до 1000	$\pm(1,9+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 1,9$	$\pm(1,5+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 1,5$
20.10.07	от 0 до 2000	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(1,6+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,6$	$\pm(1,2+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 1,2$
20.10.10	от 0 до 2000	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(1,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 1,8$	$\pm(1,4+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 1,4$
20.12.10	от 0 до 2000	от 0 до 1200	от 0 до 1000	$\pm(1,9+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 1,9$	$\pm(1,5+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 1,5$

Примечание: * - при температуре окружающего воздуха от +18 °С до +22 °С и относительной влажности воздуха от 25 % до 85 %;
MPE_E – абсолютная погрешность измерений длины (пространственных измерений);
MPE_P – абсолютная погрешность измерительной головки/датчика.

Таблица А.3 - Метрологические характеристики КИМ

Модификация	Диапазон измерений, мм			Пределы допускаемой абсолютной погрешности*, мкм ($\cdot L$ – измеряемая длина в мм)					
				Лазерный сканер Optiscan 1015-L/HR		Лазерный сканер Optiscan 1040-L		Лазерный сканер Optiscan D1100-L	
	Ось X	Ось Y	Ось Z	MPE _E	MPE _P	MPE _E	MPE _P	MPE _E	MPE _P
06.05.05	от 0 до 600	от 0 до 500	от 0 до 500	$\pm(3,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 3,9$	$\pm(5,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 5,9$	$\pm(13,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 13,9$
08.07.05	от 0 до 800	от 0 до 700	от 0 до 500	$\pm(3,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 3,9$	$\pm(5,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 5,9$	$\pm(13,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 13,9$
08.07.07	от 0 до 800	от 0 до 700	от 0 до 700	$\pm(4,0+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 4,0$	$\pm(6,0+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 6,0$	$\pm(14,0+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 14,0$
10.07.05	от 0 до 1000	от 0 до 700	от 0 до 500	$\pm(3,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 3,9$	$\pm(5,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 5,9$	$\pm(13,9+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 13,9$
10.07.07	от 0 до 1000	от 0 до 700	от 0 до 700	$\pm(4,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 4,1$	$\pm(6,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 6,1$	$\pm(14,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 14,1$
10.08.07	от 0 до 1000	от 0 до 800	от 0 до 700	$\pm(4,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 4,1$	$\pm(6,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 6,1$	$\pm(14,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 14,1$
10.07.10	от 0 до 1000	от 0 до 700	от 0 до 1000	$\pm(4,5+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 4,5$	$\pm(6,5+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 6,5$	$\pm(14,5+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 14,5$
10.10.05	от 0 до 1000	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(4,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 4,1$	$\pm(6,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 6,1$	$\pm(14,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 14,1$
10.10.07	от 0 до 1000	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(4,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 4,3$	$\pm(6,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 6,3$	$\pm(14,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 14,3$
10.10.10	от 0 до 1000	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(4,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 4,7$	$\pm(6,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 6,7$	$\pm(14,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 14,7$
12.10.05	от 0 до 1200	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(4,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 4,1$	$\pm(6,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 6,1$	$\pm(14,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 14,1$
12.10.07	от 0 до 1200	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(4,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 4,3$	$\pm(6,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 6,3$	$\pm(14,3+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 14,3$
12.10.10	от 0 до 1200	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(4,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 4,7$	$\pm(6,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 6,7$	$\pm(14,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 14,7$
14.10.05	от 0 до 1400	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(4,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 4,1$	$\pm(6,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 6,1$	$\pm(14,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 14,1$
14.10.07	от 0 до 1400	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(4,4+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 4,4$	$\pm(6,4+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 6,4$	$\pm(14,4+1,8 \cdot L/1000)$	$\pm 14,4$
14.10.10	от 0 до 1400	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(4,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 4,7$	$\pm(6,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 6,7$	$\pm(14,7+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 14,7$
14.12.10	от 0 до 1400	от 0 до 1200	от 0 до 1000	$\pm(4,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 4,8$	$\pm(6,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 6,8$	$\pm(14,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 14,8$
16.10.05	от 0 до 1600	от 0 до 1000	от 0 до 500	$\pm(4,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 4,1$	$\pm(6,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 6,1$	$\pm(14,1+1,6 \cdot L/1000)$	$\pm 14,1$
16.10.07	от 0 до 1600	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(4,5+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 4,5$	$\pm(6,5+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 6,5$	$\pm(14,5+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 14,5$
16.10.10	от 0 до 1600	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(4,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 4,8$	$\pm(6,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 6,8$	$\pm(14,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 14,8$
16.12.10	от 0 до 1600	от 0 до 1200	от 0 до 1000	$\pm(4,9+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 4,9$	$\pm(6,9+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 6,9$	$\pm(14,9+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 14,9$
20.10.07	от 0 до 2000	от 0 до 1000	от 0 до 700	$\pm(4,6+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 4,6$	$\pm(6,6+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 6,6$	$\pm(14,6+1,9 \cdot L/1000)$	$\pm 14,6$
20.10.10	от 0 до 2000	от 0 до 1000	от 0 до 1000	$\pm(4,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 4,8$	$\pm(6,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 6,8$	$\pm(14,8+2,0 \cdot L/1000)$	$\pm 14,8$
20.12.10	от 0 до 2000	от 0 до 1200	от 0 до 1000	$\pm(4,9+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 4,9$	$\pm(6,9+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 6,9$	$\pm(14,9+2,1 \cdot L/1000)$	$\pm 14,9$

Примечание: * - при температуре окружающего воздуха от +18 °С до +22 °С и относительной влажности воздуха от 25 % до 85 %;

MPE_E – абсолютная погрешность измерений длины (пространственных измерений);

MPE_P – абсолютная погрешность измерительной головки/датчика.