

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



В.Н. Абрамов

«18» января 2023 г.

МП АПМ 61-22

«ГСИ. Машины координатно-измерительные Мастер ЭВА.
Методика поверки»

г. Москва
2023 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Машины координатно-измерительные Мастер ЭВА, производства ООО «НОВОТЕКС СИСТЕМС», Россия (далее – КИМ) 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 подлежит первичной поверке, в процессе эксплуатации – периодической поверке.

1.3 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;

ГЭТ 2-2021- ГПЭ единицы длины – метра.

1.4 В методике поверки реализован следующий метод передачи единиц: метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки средств измерений

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки	Обязательность выполнения операции поверки 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	10	Да	Да
Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях контактным щупом	10.1	Да	Да
Определение абсолютной погрешности измерений геометрических параметров при измерениях контактным щупом	10.2	Да	Да
Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях лазерным сканером ЭВАСКАН	10.3	Да ¹⁾	Да ¹⁾
Определение абсолютной погрешности измерений геометрических параметров при измерениях лазерным сканером ТЮБОСКАН	10.4	Да ¹⁾	Да ¹⁾

Подтверждение средства метрологическим требованиям	соответствия измерений	11	Да	Да
--	---------------------------	----	----	----

¹⁾ только при наличии в комплекте лазерного сканера, с обязательной передачей в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений информации об объеме проведенной поверки, с указанием в сведениях о поверке информации о модели и заводском номере.

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться, следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от +18 до +22;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80.

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 и вспомогательные 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 (Пер. № 64593-16)
10.2	Рабочие эталоны 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 (Пер. № 9291-91)

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 – сфера	Меры для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm (Пер. № 64593-16)
10.4	Рабочие эталоны 3 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 – меры координат	Комплекты мер для поверки систем измерений параметров валов SCAN, (Пер. № 82333-21)
Вспомогательное оборудование		
10.1 – 10.4	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 (Пер. № 46434-11)
10.1	Приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных (рисунок Б.1 Приложения Б)	Приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных
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 и 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 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, КИМ признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

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

- запустить ПО «ЭВАСофт»;
- в левом верхнем углу рабочего окна ПО считать идентификационные данные.

Идентификация ПО «Axel 7» выполняется в следующем порядке:

- запустить ПО «Axel 7»;
- нажать значок «Application Button»;
- выбрать «Version Control»;
- выбрать «About»;
- считать номер версии в всплывающем окне.

Идентификация ПО «PolyWorks» выполняется в следующем порядке:

- запустить ПО «PolyWorks»;
- в меню выбрать «Справка»;
- выбрать «О PolyWorks»;
- считать номер версии в всплывающем окне.

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

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение		
	ЭВАСофт	Axel 7	PolyWorks
Идентификационное наименование ПО			
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже v1.0.0.1	не ниже ver 7.01	не ниже 2019 IR5.1
Цифровой идентификатор ПО	-		

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

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях контактным щупом

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 В.1 Приложения В к настоящей методике поверки, и при 5 различных ориентациях КИМ относительно сферы (рисунок В.2 Приложения В к настоящей методике поверки).

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

10.1.4 Произвести измерения сферы в 5 точках, одна точка – на полюсе, четыре точки должны быть расположены на диаметре сферы (рисунок В.3 Приложения В к настоящей методике поверки). По полученным точкам с помощью ПО рассчитать координаты $\{x, y, z\}_{ср.i}$ центра сферы. Повторить измерения для каждой ориентации КИМ относительно сферы.

10.1.5 Снять сферу, поочередно закрепить её на расстоянии 20 – 80% и 80 – 100% половины диапазона (радиуса) измерений от КИМ (рисунок В.1 Приложения В к настоящей методике поверки) и повторить действия по п. 10.1.4.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений геометрических параметров при измерениях контактным щупом

10.2.1 Абсолютная погрешность измерений геометрических параметров 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 длины мер: 50, 500, 1000 мм.

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

КИМ должна располагаться на перпендикуляре к геометрическому центру мер.

10.2.3 Измерить каждую меру не менее 3 раз, собрав не менее 5 точек на каждом торце меры – по углам и в центре.

10.2.4 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.

Измерить каждую меру три раза собрав не менее 5 точек на каждом торце меры – по углам и в центре.

10.2.5 Повторить действия по п. 10.2.4 ещё раз.

10.2.6 Вернуть меры в начальное положение и закрепить на приспособлении под углом 45°.

10.2.7 Повторить действия по п. п. 10.2.3 – 10.2.5.

10.2.8 Переместить меры в исходное положение и закрепить вертикально.

10.2.9 Повторить действия по п. 10.2.3.

10.3 Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях лазерным сканером ЭВАСКАН

10.3.1 Повторяемость положения координат центра сферы при измерениях лазерным сканером определяется с помощью сферы, закрепленной на виброустойчивом основании, путем сканирования сферы и вычисления координат её центра.

10.3.2 Произвести измерения на 3-х различных расстояниях сферы относительно КИМ,

как показано на рисунке В.1 Приложения В к настоящей методике поверки при различных ориентациях КИМ относительно сферы.

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

10.3.4 Произвести сканирование сферы ориентируя сканер относительно сферы в соответствии с рисунком В.2 Приложения В к настоящей методике поверки. При сканировании сферы требуется получить равномерно не менее 75% точек, равноудаленных друг от друга. После полученного облака точек необходимо выполнить фильтрацию случайно полученных точек методом аппроксимации и наложением спец фильтров, которые доступны в ПО. По результатам сканирования с помощью ПО рассчитать координаты $\{x, y, z\}_{cp.i}$ центра сферы. Повторить измерения 5 раз.

10.3.5 Снять сферу, поочередно закрепить её на расстоянии 20 – 80% и 80 – 100% половины диапазона (радиуса) измерений от КИМ (рисунки В.1 Приложения В к настоящей методике поверки) и повторить действия по п. п. 10.3.4.

10.4 Определение абсолютной погрешности измерений геометрических параметров при измерениях лазерным сканером ТЮБОСКАН

10.4.1 Абсолютная погрешность измерений геометрических параметров при измерениях лазерным сканером определяется с помощью мер координат из комплекта мер для поверки систем измерений параметров валов SCAN (далее – меры). Измеряется расстояние между двумя торцами меры с последующим вычислением отклонения от эталонного значения её длины. Необходимо использовать не менее любых двух мер из комплекта мер.

10.4.2 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.

КИМ должна располагаться на перпендикуляре к геометрическому центру мер.

10.4.3 Измерить каждую меру три раза, отсканировав торцы меры и 2 участка на боковой поверхности меры, расположенных ближе к концам меры.

10.4.4 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.

Измерить каждую меру три раза, отсканировав торцы меры и 2 участка на боковой поверхности меры, расположенных ближе к концам меры.

10.4.5 Повторить действия по п. 10.4.4 ещё раз.

10.4.6 Вернуть меры в начальное положение и закрепить под углом 45°.

10.4.7 Повторить действия по п. п. 10.4.3 – 10.4.5.

10.4.8 Переместить меры в исходное положение и закрепить вертикально.

10.4.9 Повторить действия по п. 10.4.3.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для каждого положения сферы относительно КИМ вычислить координаты среднего арифметического положения центра сферы по формуле:

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

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

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

Для каждого положения сферы относительно КИМ при каждой ориентации вычислить значения отклонений координат центра сферы от среднего арифметического значения по формуле:

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

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

$x_{cpi}, y_{cpi}, z_{cpi}$ – координаты среднего арифметического положения сферы, мм.

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

Значение повторяемости результатов измерений положения координат центра сферы при измерениях контактным щупом не должно превышать значений, указанных в приложении А к настоящей методике поверки

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

11.2 Абсолютная погрешность измерений геометрических параметров при измерениях контактным щупом определяется по формуле:

$$\Delta l_i = l_{iизм} - l_{ином},$$

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

$l_{iизм}$ – измеренное расстояние между торцами меры при i -ой итерации;

$l_{ином}$ – номинальное расстояние между торцами меры (действительная длина меры).

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

Значение абсолютной погрешности измерений не должно превышать значений, указанных в приложении А к настоящей методике поверки.

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

11.3 Для каждого положения сферы относительно КИМ вычислить координаты среднего арифметического положения центра сферы по формуле:

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

где x_{ki}, y_{ki}, z_{ki} – координаты центра сферы для k -ой ориентации КИМ относительно сферы, мм.

Для каждого положения сферы относительно КИМ при каждой ориентации вычислить значения отклонений координат центра сферы от среднего арифметического значения по формуле:

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

где $x_{cpi}, y_{cpi}, z_{cpi}$ – координаты среднего арифметического положения сферы, мм.

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

Значение повторяемости результатов измерений положения координат центра сферы при измерениях лазерным сканером не должно превышать значений, указанных в приложении А к настоящей методике поверки

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

11.4 Абсолютная погрешность измерений геометрических параметров при измерениях лазерным сканером определяется по формуле:

$$\Delta l_i = l_{iизм} - l_{ином},$$

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

$l_{iизм}$ – измеренное расстояние между торцами меры при i -ой итерации;

$l_{ином}$ – номинальное расстояние между торцами меры (действительная длина меры).

Значение абсолютной погрешности измерений не должно превышать значений, указанных в приложении А к настоящей методике поверки.

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

12 Оформление результатов поверки

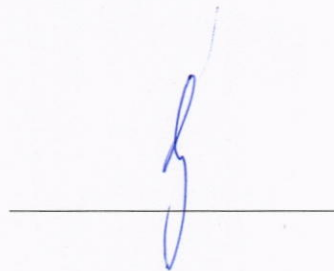
12.1 Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в виде сводной таблицы результатов поверки по каждому пункту разделов 7 - 11 настоящей методики поверки.

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, представляющего 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, представляющего средства измерений на поверку, выдается 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 с шестью осями вращения

Модификация КИМ	Диапазон измерений, мм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений геометрических параметров (при измерениях контактным щупом), мм	Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом), мм
Мастер ЭВА 6 2.0	от 0 до 2000	$\pm 0,022$	0,028
Мастер ЭВА 6 2.5	от 0 до 2500	$\pm 0,026$	0,032
Мастер ЭВА 6 3.0	от 0 до 3000	$\pm 0,038$	0,047
Мастер ЭВА 6 3.5	от 0 до 3500	$\pm 0,046$	0,058
Мастер ЭВА 6 4.0	от 0 до 4000	$\pm 0,059$	0,074
Мастер ЭВА 6 4.5	от 0 до 4500	$\pm 0,073$	0,092
Мастер ЭВА 6 5.0	от 0 до 5000	$\pm 0,120$	0,144
Мастер ЭВА 6 6.0	от 0 до 6000	$\pm 0,147$	0,190
Мастер ЭВА 6 7.0	от 0 до 7000	$\pm 0,184$	0,238
Мастер ЭВА 6 9.0	от 0 до 9000	$\pm 0,218$	0,273

Таблица А.2 – Метрологические характеристики КИМ с семью осями вращения

Модификация КИМ	Диапазон измерений, мм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений геометрических параметров (при измерениях контактным щупом), мм	Повторяемость результата измерений координат точек (при измерениях контактным щупом), мм	Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях лазерным сканером), мм		
				ЭВАСКАН 50	ЭВАСКАН 100	ЭВАСКАН 200
Мастер ЭВА 7 2.0	от 0 до 2000	$\pm 0,025$	0,039	0,035	0,038	0,040
Мастер ЭВА 7 2.5	от 0 до 2500	$\pm 0,027$	0,042	0,039	0,041	0,043
Мастер ЭВА 7 3.0	от 0 до 3000	$\pm 0,050$	0,074	0,050	0,053	0,055
Мастер ЭВА 7 3.5	от 0 до 3500	$\pm 0,061$	0,089	0,060	0,063	0,065
Мастер ЭВА 7 4.0	от 0 до 4000	$\pm 0,075$	0,103	0,072	0,075	0,078
Мастер ЭВА 7 4.5	от 0 до 4500	$\pm 0,098$	0,121	0,082	0,084	0,090
Мастер ЭВА 7 5.0	от 0 до 5000	$\pm 0,133$	0,160	-	-	-
Мастер ЭВА 7 6.0	от 0 до 6000	$\pm 0,162$	0,209	-	-	-
Мастер ЭВА 7 7.0	от 0 до 7000	$\pm 0,202$	0,262	-	-	-
Мастер ЭВА 7 9.0	от 0 до 9000	$\pm 0,240$	0,300	-	-	-

Таблица А.3 – Метрологические характеристики КИМ с семью осями вращения с лазерным сканером ТЮБОСКАН

Модификация КИМ	Диапазон измерений, мм	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений геометрических параметров (при измерениях лазерным сканером ТЮБОСКАН), мм		
		ТЮБОСКАН 80	ТЮБОСКАН 150	ТЮБОСКАН 200
Мастер ЭВА 7 2.0	от 0 до 2000	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Мастер ЭВА 7 2.5	от 0 до 2500	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Мастер ЭВА 7 3.0	от 0 до 3000	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Мастер ЭВА 7 3.5	от 0 до 3500	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Мастер ЭВА 7 4.0	от 0 до 4000	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Мастер ЭВА 7 4.5	от 0 до 4500	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Мастер ЭВА 7 5.0	от 0 до 5000	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Мастер ЭВА 7 6.0	от 0 до 6000	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Мастер ЭВА 7 7.0	от 0 до 7000	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Мастер ЭВА 7 9.0	от 0 до 9000	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$

Приложение Б
(обязательное)

Приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных

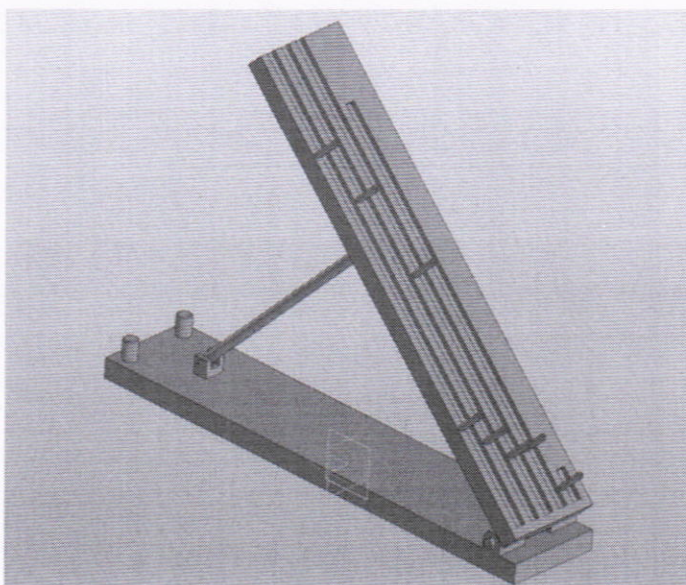


Рисунок Б.1 – приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных

Приложение В
(Обязательное)
Схемы проведения измерений

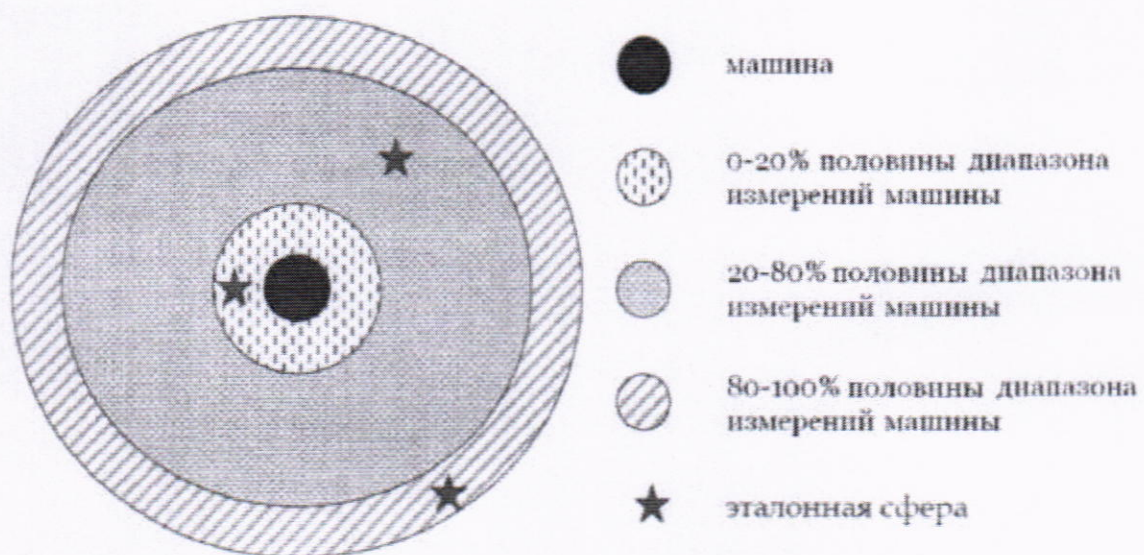


Рисунок В.1 – Схема взаимных расположений сферы на разном расстоянии относительно КИМ

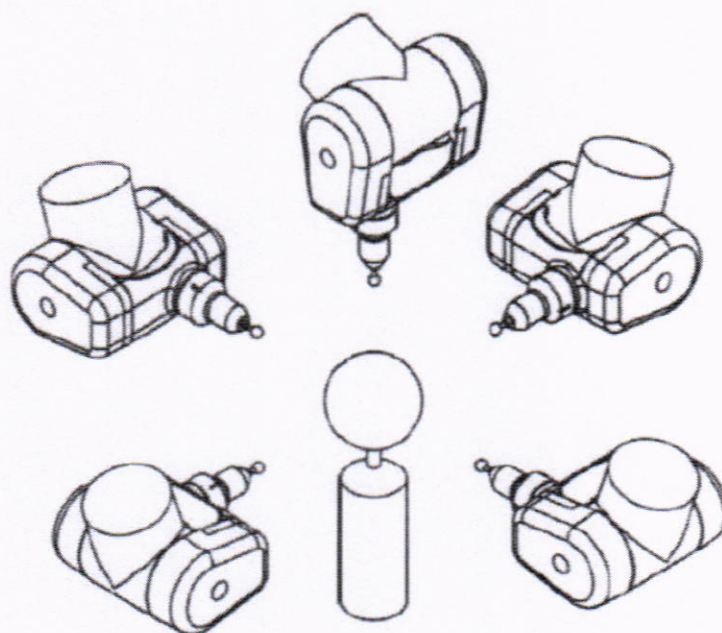


Рисунок В.2 – Схема ориентации сегментов КИМ относительно сферы при измерениях

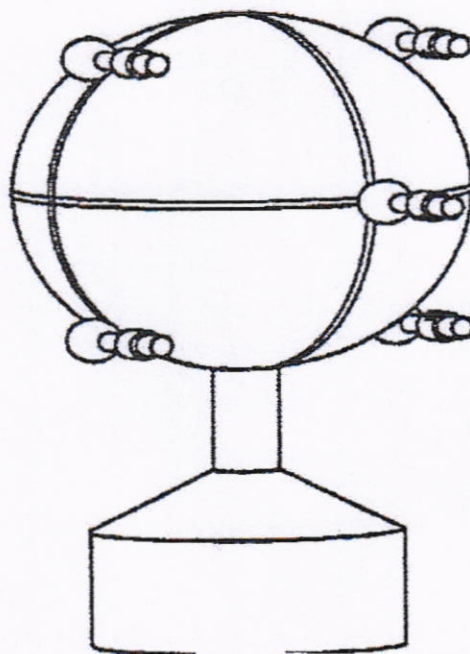


Рисунок В.3 – Точки касания щупа по сфере при определенной ориентации КИМ