

СОГЛАСОВАНО

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



В.Н. Абрамов

«18» января 2024 г.

МП АПМ 58-23

«ГСИ. Машины координатно-измерительные портативные  
МСП.  
Методика поверки»

г. Москва  
2024 г.

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки машин координатно-измерительных портативных МСП (далее – КИМ), производства ООО «КСИЛЛЕКТ», г. Москва, используемых в качестве рабочих средств измерений и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.1 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Метрологические характеристики КИМ

Модель	Диапазон измерений, м	Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом), мм*	Пределы допускаемой абсолютной объемной погрешности измерений (при измерениях контактным щупом), мм*
МСП-6-2	от 0 до 2,0	$\pm 0,028$	$\pm 0,022$
МСП-6-2.5	от 0 до 2,5	$\pm 0,032$	$\pm 0,026$
МСП-6-3	от 0 до 3,0	$\pm 0,047$	$\pm 0,038$
МСП-6-3.5	от 0 до 3,5	$\pm 0,058$	$\pm 0,046$
МСП-6-4	от 0 до 4,0	$\pm 0,074$	$\pm 0,059$
МСП-6-4.5	от 0 до 4,5	$\pm 0,092$	$\pm 0,073$
МСП-6-5	от 0 до 5,0	$\pm 0,144$	$\pm 0,120$
МСП-6-6	от 0 до 6,0	$\pm 0,190$	$\pm 0,147$
МСП-6-7	от 0 до 7,0	$\pm 0,238$	$\pm 0,184$
МСП-6-9	от 0 до 9,0	$\pm 0,273$	$\pm 0,218$
МСП-7-2	от 0 до 2,0	$\pm 0,039$	$\pm 0,025$
МСП-7-2.5	от 0 до 2,5	$\pm 0,042$	$\pm 0,027$
МСП-7-3	от 0 до 3,0	$\pm 0,074$	$\pm 0,050$
МСП-7-3.5	от 0 до 3,5	$\pm 0,089$	$\pm 0,061$
МСП-7-4	от 0 до 4,0	$\pm 0,103$	$\pm 0,075$
МСП-7-4.5	от 0 до 4,5	$\pm 0,121$	$\pm 0,098$
МСП-7-5	от 0 до 5,0	$\pm 0,160$	$\pm 0,133$
МСП-7-6	от 0 до 6,0	$\pm 0,209$	$\pm 0,162$
МСП-7-7	от 0 до 7,0	$\pm 0,262$	$\pm 0,202$
МСП-7-9	от 0 до 9,0	$\pm 0,300$	$\pm 0,240$
МСП-Т7-2.5	от 0 до 2,5	$\pm 0,030$	$\pm 0,043$
МСП-Т7-3	от 0 до 3,0	$\pm 0,037$	$\pm 0,055$
МСП-Т7-4	от 0 до 4,0	$\pm 0,068$	$\pm 0,080$
МСП-Т7-5	от 0 до 5,0	$\pm 0,085$	$\pm 0,119$
МСП-Т7-6	от 0 до 6,0	$\pm 0,127$	$\pm 0,143$
МСП-Т7-7	от 0 до 7,0	$\pm 0,134$	$\pm 0,179$

Примечание: \*- при температуре окружающего воздуха от +18 °С до +22 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %

Таблица 2 – Метрологические характеристики КИМ МСП семиосевых с лазерным сканером МСП

Модель	Диапазон измерений, м	Пределы допускаемой абсолютной объемной погрешности измерений (при измерениях лазерным сканером МСП-СЛ), мм*		
		МСП-СЛ50	МСП-СЛ100	МСП-СЛ200
МСП-7-2	от 0 до 2,0	$\pm 0,040$	$\pm 0,055$	$\pm 0,070$
МСП-7-2.5	от 0 до 2,5	$\pm 0,042$	$\pm 0,057$	$\pm 0,072$
МСП-7-3	от 0 до 3,0	$\pm 0,065$	$\pm 0,080$	$\pm 0,095$



Модель	Диапазон измерений, м	Пределы допускаемой абсолютной объемной погрешности измерений (при измерениях лазерным сканером МСП-СЛ), мм*		
		МСП-СЛ50	МСП-СЛ100	МСП-СЛ200
МСП-7-3.5	от 0 до 3,5	±0,076	±0,091	±0,106
МСП-7-4	от 0 до 4,0	±0,090	±0,105	±0,120
МСП-7-4.5	от 0 до 4,5	±0,113	±0,128	±0,143
Примечание: *- при температуре окружающего воздуха от +18 °С до +22 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %				

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:

ГЭТ2-2021- ГПЭ единицы длины – метра 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 № 2840 от «29» декабря 2018 г.;

ГЭТ 192-2019 - ГПСЭ единицы длины в области измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба 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 № 472 от «06» апреля 2021 г.

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

## 2 Перечень операций поверки средств измерений

Для поверки КИМ должны быть выполнены операции, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – 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 средства измерений	-	-	10
Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях контактным щупом	Да	Да	10.1



Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение абсолютной погрешности измерений при измерениях контактным щупом	Да	Да	10.2
Определение абсолютной погрешности измерений при измерениях лазерным сканером МСП-СЛ	Да <sup>1), 2)</sup>	Да <sup>1), 2)</sup>	10.3
<sup>1)</sup> только для КИМ, оснащённых лазерным сканером, с указанием в сведениях о поверке информации о модели и заводском номере устройства; <sup>2)</sup> только при наличии в комплекте лазерного сканера, с обязательной передачей в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений информации об объеме проведенной поверки.			

### 3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающего воздуха, °С от +18 до +22;
- относительная влажность воздуха, %, не более 70

### 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 4.

Таблица 4 – 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 № 472 от «06» апреля 2021 г. – сфера	Меры для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm (рег. № 64593-16)
10.2, 10.3	Рабочий эталон единицы длины 4-го разряда	Меры длины концевые



Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	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 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2840 от «29» декабря 2018 г. - меры длины концевые плоскопараллельные	плоскопараллельные набор № 9, модель 240411 (рег. № 9291-91)
<b>Вспомогательное оборудование</b>		
8, 9, 10.1, 10.2, 10.3	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)
10.2, 10.3	Приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных (рисунок А.1 Приложения А)	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 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 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) «МС-ДМИС» выполняется в следующем порядке:

- запустить ПО «МС-ДМИС»;
- выбрать пункт «Об МС-ДМИС» («About МС-ДМИС»);
- считать идентификационные данные ПО.

Идентификация ПО «Metrolog X4» выполняется в следующем порядке:

- запустить ПО «Metrolog X4»;
- выбрать пункт «?» («Help»);
- выбрать пункт «О программе» («About this program»);
- считать идентификационные данные ПО.

Идентификация ПО «СММ-Manager» выполняется в следующем порядке:

- запустить ПО «СММ-Manager»;
- выбрать пункт «Справка» («Help»);
- выбрать пункт «О СММ-Manager» («About СММ-Manager»);
- считать идентификационные данные ПО.

Идентификация ПО «ArcoCAD» выполняется в следующем порядке:

- выбрать пункт «Справка» (Help);
- выбрать пункт «О ArcoCAD» (“About ArcoCAD”);
- считать идентификационные данные ПО.

Идентификация ПО «PolyWorks Inspector» выполняется в следующем порядке:

- запустить ПО «PolyWorks Inspector»;
- выбрать пункт «Помощь» (Help);
- выбрать пункт «О PolyWorks Inspector» («About PolyWorks Inspector»);
- считать идентификационные данные ПО.

Идентификация ПО «Verisurf» выполняется в следующем порядке:

- запустить ПО «Verisurf»;
- выбрать пункт «Помощь» («Help»);
- выбрать пункт «О Verisurf» («About Verisurf»);
- считать идентификационные данные ПО.

Идентификация ПО «Geomagic Design X» выполняется в следующем порядке:

- запустить ПО «Geomagic Design X»;
- выбрать пункт «Справка» (Help);
- выбрать пункт «О Geomagic Design X» (“About Geomagic Design X”)
- считать идентификационные данные ПО.



Идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать данным, приведённым в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО
Значение	МС-ДМИС	не ниже 1.0	-
	Metrolog X4	не ниже V10	-
	CMM-Manager	не ниже 1	-
	ArcoCAD	не ниже 3.7	-
	Polyworks Inspector	не ниже V2020 IR	-
	Verisurf	не ниже 2018	-
	Geomagic Design X	не ниже 1.0	-

Если перечисленные требования не выполняются, КИМ признают непригодным 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 при измерениях контактным щупом 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 А.2 Приложения А к настоящей методике поверки.

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

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

Рекомендуемая модель измерений включает (Рисунок 1):

- одну точку на вершине испытуемой сферы;
- четыре точки (равномерно распределенных) на 22° ниже вершины
- восемь точек (равномерно распределенных) на 45° ниже вершины и повернутых на 22,5° относительно предшествующей группы;
- четыре точки (равномерно распределенных) на 68° ниже вершины повернутых на 22,5° относительно предшествующей группы;
- восемь точек (равномерно расположенных) на 90° ниже вершины, т.е. на диаметре и повернутых относительно предыдущей группы на 22,5°.

10.1.5 Снять сферу, поочередно закрепить её на расстоянии 20 – 80% и 80 – 100% половины диапазона (радиуса) измерений от КИМ (рисунок А.2 Приложения А к настоящей методике поверки) и повторить действия по п. 10.1.4.

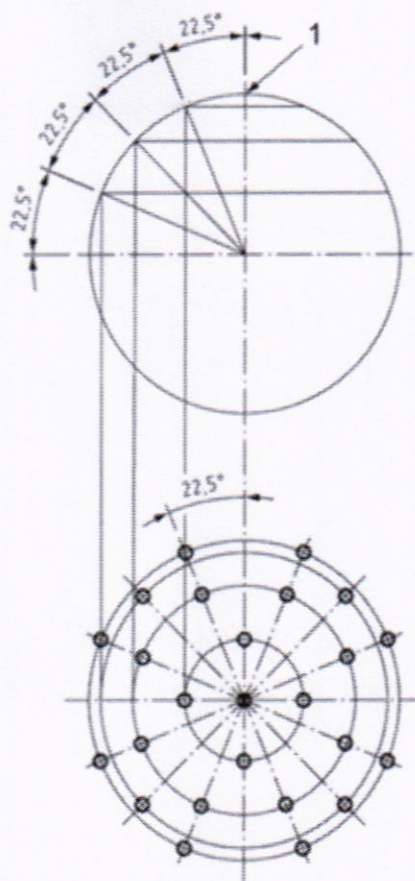


Рисунок 1 – Точки касания на сфере для определения повторяемости результата измерений координат точки

## 10.2 Определение абсолютной объемной погрешности измерений при измерениях контактным щупом

10.2.1 Абсолютная объемная погрешность измерений 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 абсолютной объемной погрешности измерений при измерениях лазерным сканером МСП-СЛ

10.3.1 Абсолютная объемная погрешность измерений при измерениях лазерным сканером определяется с помощью мер длины концевых плоскопараллельных (далее – меры). Провести определение ориентации КИМ сканированием нерабочих поверхностей. 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.

10.3.2 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.

10.3.3 Измерить каждую меру не менее 3 раз.

10.3.4 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.

10.3.5 Повторить действия по п. 10.3.4 ещё раз.

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

10.3.7 Повторить действия по п. п. 10.3.3 – 10.3.5.

10.3.8 Переместить меры в исходное положение и закрепить вертикально.

10.3.9 Повторить действия по п. 10.3.3.

### 11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях контактным щупом

Повторяемость определяется как сумма максимальных отклонений измеренного профиля в положительную и отрицательную области от средней сферы, рассчитанной по методу наименьших квадратов:

$$MPE_p = |\max(D_{i+})| + |\max(D_{i-})|,$$

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.

Значение повторяемости результатов измерений координат точки при измерениях контактным щупом не должна превышать значений, указанных в таблице 1 к настоящей методике поверки.

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

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

$$\Delta l_i = l_{i\text{изм}} - l_{i\text{ном}},$$

где  $\Delta l_i$  – абсолютная погрешность измерений при  $i$ -ой итерации;

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

$l_{i\text{ном}}$  – 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 объемной погрешности измерений не должно превышать значений, указанных в таблице 1.

11.3 Абсолютная объемная погрешность измерений геометрических параметров при измерениях лазерным сканером МСП-СЛ определяется по формуле:

$$\Delta l_i = l_{i\text{изм}} - l_{i\text{ном}},$$

где  $\Delta l_i$  – абсолютная погрешность измерений при  $i$ -ой итерации;

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



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

Значение абсолютной погрешности измерений не должно превышать значений, указанных в таблице 1.

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

## 12 Оформление результатов поверки

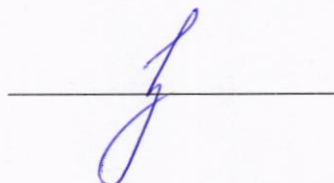
12.1 Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в виде сводной таблицы результатов поверки по каждому пункту разделов 7 - 11 настоящей методики поверки.

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)

### Приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных и схема проведения измерений

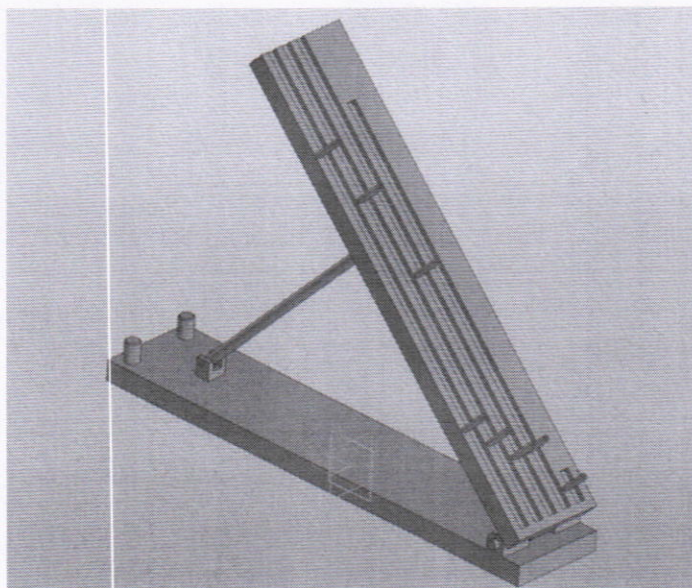


Рисунок А.1 – приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных

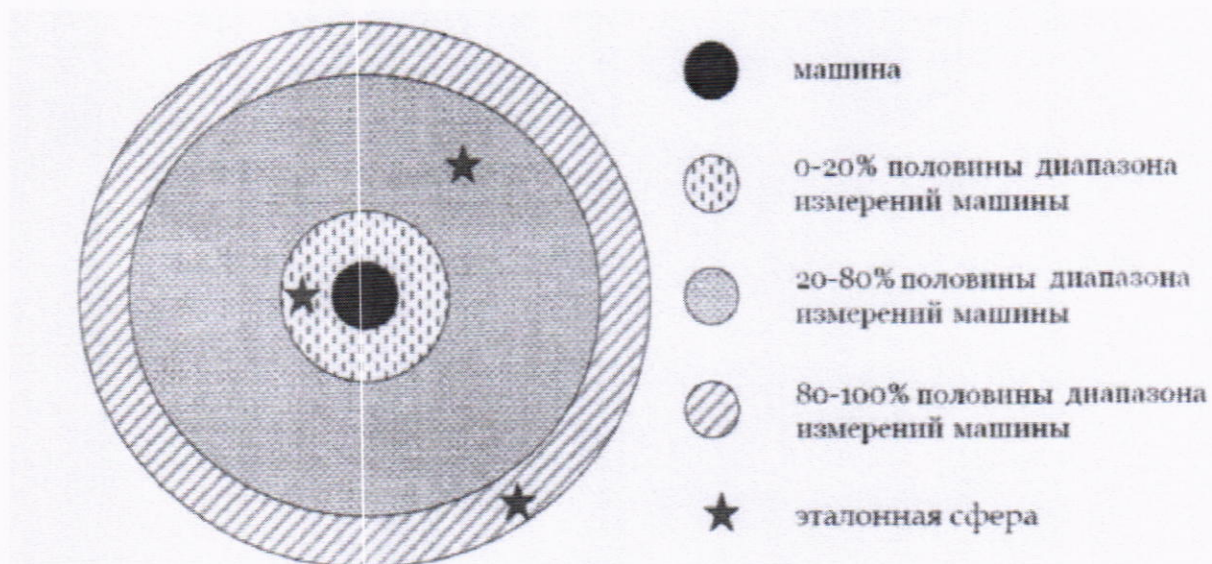


Рисунок А.2 – Схема взаимных расположений сферы на разном расстоянии относительно КИМ