

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	±0,028	±0,022
МСП-6-2.5	от 0 до 2,5	±0,032	±0,026
МСП-6-3	от 0 до 3,0	±0,047	±0,038
МСП-6-3.5	от 0 до 3,5	±0,058	±0,046
МСП-6-4	от 0 до 4,0	±0,074	±0,059
МСП-6-4.5	от 0 до 4,5	±0,092	±0,073
МСП-6-5	от 0 до 5,0	±0,144	±0,120
МСП-6-6	от 0 до 6,0	±0,190	±0,147
МСП-6-7	от 0 до 7,0	±0,238	±0,184
МСП-6-9	от 0 до 9,0	±0,273	±0,218
МСП-7-2	от 0 до 2,0	±0,039	±0,025
МСП-7-2.5	от 0 до 2,5	±0,042	±0,027
МСП-7-3	от 0 до 3,0	±0,074	±0,050
МСП-7-3.5	от 0 до 3,5	±0,089	±0,061
МСП-7-4	от 0 до 4,0	±0,103	±0,075
МСП-7-4.5	от 0 до 4,5	±0,121	±0,098
МСП-7-5	от 0 до 5,0	±0,160	±0,133
МСП-7-6	от 0 до 6,0	±0,209	±0,162
МСП-7-7	от 0 до 7,0	±0,262	±0,202
МСП-7-9	от 0 до 9,0	±0,300	±0,240
МСП-Т7-2.5	от 0 до 2,5	±0,030	±0,043
МСП-Т7-3	от 0 до 3,0	±0,037	±0,055
МСП-Т7-4	от 0 до 4,0	±0,068	±0,080
МСП-Т7-5	от 0 до 5,0	±0,085	±0,119
МСП-Т7-6	от 0 до 6,0	±0,127	±0,143
МСП-Т7-7	от 0 до 7,0	±0,134	±0,179

Примечание: *- при температуре окружающего воздуха от +18 °C до +22 °C 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	±0,040	±0,055	±0,070
МСП-7-2.5	от 0 до 2,5	±0,042	±0,057	±0,072
МСП-7-3	от 0 до 3,0	±0,065	±0,080	±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 °C до +22 °C 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 объемной измерений при измерениях контактным щупом	абсолютной погрешности измерениях	Да	Да	10.2
Определение объемной измерений при измерениях лазерным сканером МСП-СЛ	абсолютной погрешности измерениях	Да ^{1), 2)}	Да ^{1), 2)}	10.3

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 требованиям 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)
Вспомогательное оборудование		
8, 9, 10.1, 10.2, 10.3	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от +15 до +25 °C, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ °C 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 ректификатором 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 MC-DMIS»);
- 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 «CMM-Manager» выполняется в следующем порядке:

- запустить ПО «CMM-Manager»;
- выбрать пункт «Справка» («Help»);
- выбрать пункт «О CMM-Manager» («About CMM-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	MC-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 $22,5^\circ$ относительно предшествующей группы;
- четыре точки (равномерно распределенных) на 68° ниже вершины повернутых на $22,5^\circ$ относительно предшествующей группы;
- восемь точек (равномерно расположенных) на 90° ниже вершины, т.е. на диаметре и повернутых относительно предыдущей группы на $22,5^\circ$.

10.1.5 Снять сферу, поочерёдно 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.

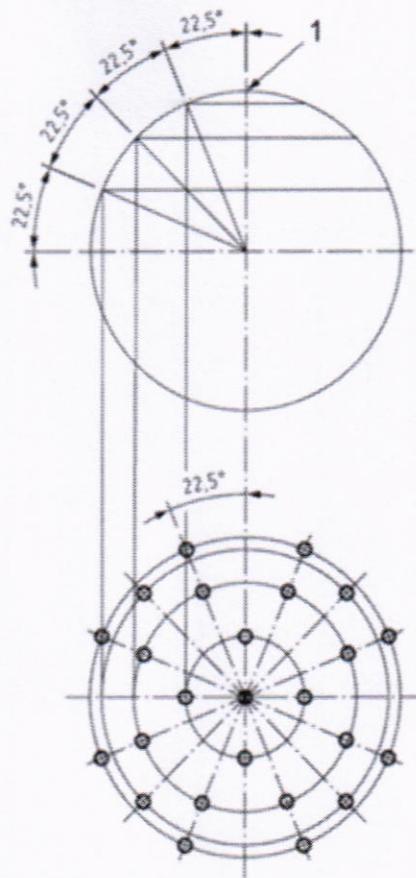


Рисунок 1 – Точки касания на сфере для определения повторяемости результата измерений координат точки

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 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.

10.2.3 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 КМД 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 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.

10.3.3 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 Δl_i – абсолютная погрешность измерений при i-й итерации;

$l_{i\text{изм}}$ – измеренное расстояние между торцами меры при i-й 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 Δl_i – абсолютная погрешность измерений при i-й итерации;

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

l_{nom} – 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, выдаётся 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

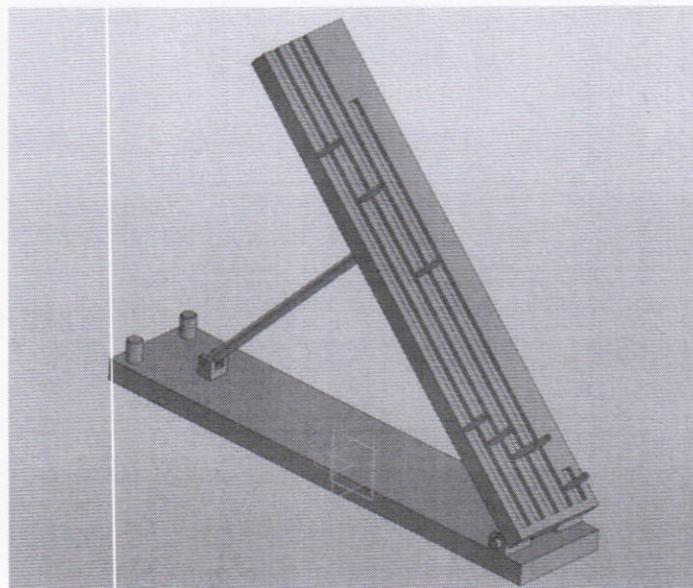


Рисунок А.1 – приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных

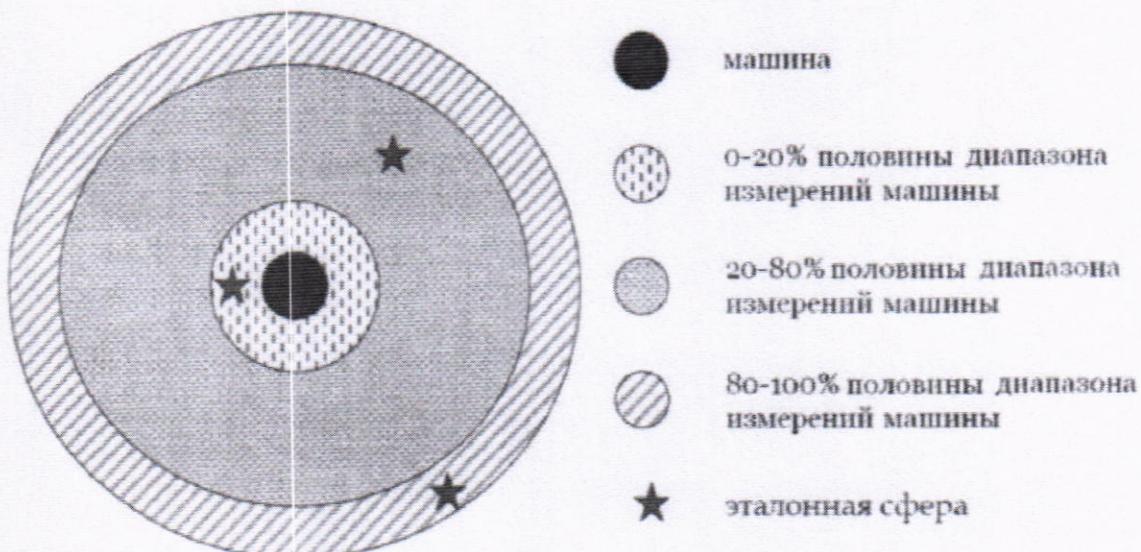


Рисунок А.2 – Схема взаимных расположений сферы на разном расстоянии относительно КИМ