

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

«25» сентября 2023 г.

«ГСИ. Системы оптические координатно-измерительные
HyperScan. Методика поверки.»

МП-168-2023

г. Чехов
2023 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки систем оптических координатно-измерительных бесконтактных HyperScan (далее – приборы), производства ZG Technology Co., Ltd, Китай, применяемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Определение метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивает передачу единицы длины:

- при определении абсолютной погрешности измерений линейных размеров малогабаритных объектов, при определении абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений 9,6 м³, 17,6 м³ методом прямых измерений от рабочего эталона 4-го разряда 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 от «29» декабря 2018 г. № 2840, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному эталону (далее – ГПЭ): ГЭТ2-2021 - ГПЭ единицы длины – метра;

- при определении абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений без трекара, при определении абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений без трекара совместно с устройством PhotoShot Pro или PhotoShot Max, при определении абсолютной погрешности измерений линейных размеров крупногабаритных объектов при использовании системы совместно с устройством PhotoShot Pro или PhotoShot Max методом сличения от рабочего эталона 2-го разряда 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 от «29» декабря 2018 г. № 2840, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному эталону: ГЭТ2-2021 - ГПЭ единицы длины – метра;

- при определении абсолютной погрешности измерений отклонений от формы малогабаритных объектов методом прямых измерений от рабочего эталона 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 6 апреля 2021 г. № 472, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений через эталоны, заимствованные из государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2840 к следующему Государственному первичному эталону: ГЭТ2-2021 - ГПЭ единицы длины – метра;

- при определении абсолютной погрешности измерений отклонений от плоскостности малогабаритных объектов методом прямых измерений от рабочего эталона 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 марта 2021 г. № 314, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному эталону: ГЭТ130-2019 - ГПСЭ единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

2. Перечень операций поверки средств измерений

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций 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
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров малогабаритных объектов	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений 9,6 м ³	Да	Да	10.2
Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений 17,6 м ³	Да	Да	10.3
Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений без трекера	Да	Да	10.4
Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений без трекера совместно с устройством PhotoShot	Да*	Да*	10.5
Определение абсолютной погрешности измерений геометрических размеров крупногабаритных объектов при использовании системы совместно с устройством PhotoShot	Да*	Да*	10.6
Определение абсолютной погрешности измерений отклонений от формы малогабаритных объектов	Да	Да	10.7
Определение абсолютной погрешности измерений отклонений от плоскостности малогабаритных объектов	Да	Да	10.8
* - при наличии устройства PhotoShot в комплекте с прибором, 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 окружающей среды, °С от минус 20 до плюс 40.

Примечание: при проведении измерений условия окружающей среды средств поверки должны соответствовать требованиям, приведённым в их эксплуатационной документации.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемое средство измерений, средства поверки, и аттестованные в качестве поверителя средств измерений в установленном порядке. Для проведения поверки 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
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 20 до плюс 40 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7М-Д (рег.№ 71394-18)
п. 10.1 Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров малогабаритных объектов	Рабочий эталон 4-го разряда 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 Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2840 – меры длины концевые плоскопараллельные, набор № 9, границы абсолютных погрешностей $\pm(0,2+2 \cdot L)$ мкм, где L – длина, м;	Меры длины концевые плоскопараллельные 240101, 240111, 240121, 240131, 240211, 240221, 240231, 240301, 240311, 240321, 240331, 240401, 240411, 240421, 240431, 240501, 240511, 244111, 244121, 244131, 244211, 244221, 244231, 244301, 244311, 244411, 244421, 244431, 244511, 244521, 244531, (Рег. № 9291-91) Меры длины концевые плоскопараллельные 516, 611, 613 и ZERO CERA BLOCK, рег № 32668-14;
	Вспомогательное оборудование: Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 марта 2021 г. № 314 - плита поверочная размерами не менее 1000×1000 мм, допустимое отклонение от плоскостности не более 20 мкм;	Плиты поверочные и разметочные (Рег. № 76927-19)

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
<p>п. 10.2 Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений 9,6 м³</p> <p>п. 10.3 Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений 17,6 м³</p>	<p>Рабочий эталон 4-го разряда 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 Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2840 – меры длины концевые плоскопараллельные с номинальным значением длины 40, 500 и 1000 мм, границы абсолютных погрешностей $\pm(0,2+2 \cdot L)$ мкм, где L – длина, м;</p>	<p>Меры длины концевые плоскопараллельные 240101, 240111, 240121, 240131, 240211, 240221, 240231, 240301, 240311, 240321, 240331, 240401, 240411, 240421, 240431, 240501, 240511, 244111, 244121, 244131, 244211, 244221, 244231, 244301, 244311, 244411, 244421, 244431, 244511, 244521, 244531, (Пер. № 9291-91)</p> <p>Меры длины концевые плоскопараллельные 516, 611, 613 и ZERO CERA BLOCK, per № 32668-14;</p>
<p>п. 10.4 Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений без трекера</p> <p>п. 10.5 Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений без трекера совместно с устройством PhotoShot</p> <p>п. 10.6 Определение абсолютной погрешности измерений геометрических размеров крупногабаритных объектов при использовании системы совместно с устройством PhotoShot</p>	<p>Рабочий эталон 2-го разряда 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 от 29 декабря 2018 г. № 2840 – измерители линейных перемещений лазерные, диапазон измерений (10...10000) мм, допускаемая абсолютная погрешность измерений перемещений не более $\pm(10 \cdot L)$ мкм, где L – измеряемое перемещение, м;</p> <p>Вспомогательное оборудование: 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 6 апреля 2021 г. № 472 - сфера диаметром (20...100) мм, допускаемая абсолютная погрешность воспроизведения диаметра не более ± 1 мкм;</p>	<p>Системы лазерные измерительные XL-80 (Пер. № 35362-13)</p> <p>Меры для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm (Пер. № 64593-16);</p>

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Линейная направляющая, диапазон перемещения каретки от 0 до 10 м.	Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ исполнение А, (Пер. №56506-14)
п. 10.7 Определение абсолютной погрешности измерений отклонений от формы малогабаритных объектов	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 6 апреля 2021 г. № 472 - сфера диаметром (20...100) мм, допускаемая абсолютная погрешность воспроизведения диаметра не более ± 1 мкм;	Меры для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm (Пер. № 64593-16);
	Вспомогательное оборудование: Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 марта 2021 г. № 314 - плита поверочная размерами не менее 1000×1000 мм, допустимое отклонение от плоскостности не более 20 мкм;	Плиты поверочные и разметочные (Пер. № 76927-19)
п. 10.8 Определение абсолютной погрешности измерений отклонений от плоскостности малогабаритных объектов	Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 марта 2021 г. № 314 - плита поверочная размерами не менее 1000×1000 мм, допустимое отклонение от плоскостности не более 20 мкм;	Плиты поверочные и разметочные (Пер. № 76927-19)
<p>Примечания:</p> <p>1) Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть аттестованы или поверены в установленном порядке. Все средства измерений, применяемые при поверке, должны быть утвержденного типа и поверены в установленном порядке.</p> <p>2) Допускается применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.</p>		

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки, меры безопасности должны соответствовать требованиям по

технике безопасности согласно эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений, средства поверки, правилам по технике безопасности, которые действуют на месте проведения поверки.

7. Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие средства измерений следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- маркировки требованиям описания типа;
- отсутствие механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- комплектность, необходимая для проведения измерений, в соответствии с руководством по эксплуатации.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений).

Перед проведением работ средство измерений и эталоны должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержаны не менее 2 часов при постоянной температуре, в условиях, приведённых в п. 3 настоящей методики.

8.2 Опробование

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, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверка программного обеспечения HyperScan.

Запустить программное обеспечение.

В главном окне ПО нажать кнопку «HELP», далее «About». Версия программного обеспечения отобразится на экране.

Результат проверки считают положительным, если

- наименование ПО соответствует указанному в описании типа
- номер версии ПО не ниже указанного в описании типа.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение абсолютной погрешности измерений геометрических размеров объектов

Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров малогабаритных объектов осуществляется с использованием мер длины концевых плоскопараллельных и основано на измерении длины меры и нахождения разности полученного значения с действительным значением длины меры. При выполнении измерений лазерным сканером необходимо использовать

КМД изготовленные из керамики, или блоки КМД, состоящие из КМД изготовленной из стали с притёртыми к её измерительным поверхностям КМД изготовленным из керамики.

Концевые меры длины с номинальным значением 40, 500 и 1000 мм устанавливаются на штативе или поверочной плите в измерительном объёме системы. При использовании блоков КМД, элементы которых изготовлены из стали и керамики, допускается увеличение значений номинальных длин относительно рекомендуемых значений, но не более чем на 15 мм. В соответствии с руководством по эксплуатации проводится определение их длины. При выполнении измерений беспроводным измерительным щупом, на каждой рабочей поверхности концевой меры длины измеряется не менее 5 точек: по углам и в центре поверхности.

По данным точкам, используя функцию «Plane» во вкладке «Inspection» программного обеспечения (далее – ПО), построить плоскости, соответствующие рабочим поверхностям мер, и, с помощью функции «Distance» во вкладке «Inspection» ПО, определить расстояние между ними.

Абсолютная погрешность измерения линейных размеров малогабаритных объектов L определяется путем нахождения разности между измеренным значением меры длины концевой плоскопараллельной $L_{изм.}$ и её действительным значением $L_{действ.}$ согласно формуле (1):

$$L = L_{изм.} - L_{действ.} \quad (1)$$

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

Диапазон измерений должен быть не менее, а значение абсолютной погрешности измерений геометрических размеров объектов не более значений, указанных в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений 9,6 м³

Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений 9,6 м³ осуществляется с использованием мер длины концевых плоскопараллельных и основано на измерении длины меры и нахождения разности полученного значения с действительным значением длины меры. При выполнении измерений лазерным сканером необходимо использовать КМД изготовленные из керамики, или блоки КМД, состоящие из КМД изготовленной из стали с притёртыми к её измерительным поверхностям КМД изготовленным из керамики.

Перед выполнением измерений необходимо в соответствии с руководством по эксплуатации провести калибровку системы по входящим в комплект калибровочным объектам. Для этого в главном меню ПО выбрать пункт «TrackerCalibration» и далее последовательно выполнить отображаемые в окне действия, выбрав режим измерений 9,6 м³.

Концевая мера длины с номинальным значением 1000 мм устанавливается на штативе в пределах измерительного объёма системы, приведённого на рисунке А.1 Приложения А. При использовании блоков КМД, элементы которых изготовлены из стали и керамики, допускается увеличение значений номинальных длин относительно рекомендуемых значений, но не более чем на 15 мм. В соответствии с руководством по эксплуатации проводится измерение её длины в семи различных позициях. При выполнении измерений, беспроводным измерительным щупом на каждой рабочей поверхности концевой меры длины измеряется не менее 5 точек: по углам и в центре поверхности.

По данным точкам, используя функцию «Plane» во вкладке «Inspection» ПО, построить плоскости, соответствующие рабочим поверхностям мер, и, с помощью функции «Distance» во вкладке «Inspection» ПО, определить расстояние между ними. Рекомендуемая схема расположения меры в измерительном объёме системы приведена на рисунке 1.

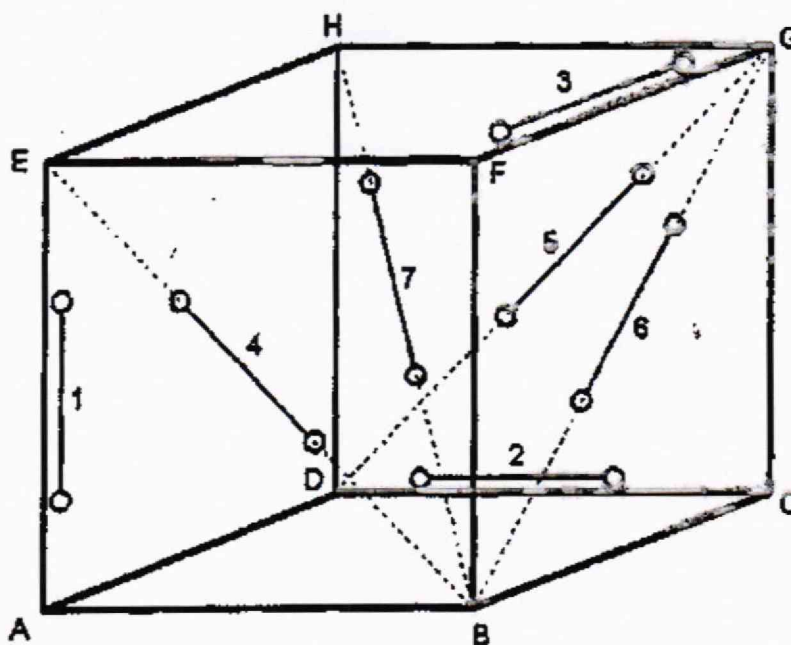


Рисунок 1. Рекомендация по взаимному расположению меры относительно оптической системы слежения при определении параметра погрешности при измерении длины D.

Для позиций 2 – 7 разделить диапазон измерений на участки 1000 мм с перекрытием не менее 50 мм и измерить длину меры на каждом участке.

Параметр погрешности при измерении длины D определяется путем нахождения разности между измеренным значением меры длины концевой плоскопараллельной $L_{\text{изм.}}$ и её действительным значением $L_{\text{действ.}}$, согласно формуле (1).

Проверка диапазона измерений осуществляется одновременно с определением абсолютной погрешности измерений методом проведения измерений во всём заявляемом диапазоне (измерительном объеме системы).

Диапазон измерений должен быть не менее, а значение абсолютной погрешности измерений геометрических размеров объектов не более значений, указанных в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10.3 Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений 17,6 м³

Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений 17,6 м³ проводится аналогично пункту 10.2 настоящего документа в измерительном объеме системы, приведённом на рисунке А.2 Приложения А, для этого при проведении калибровки системы выбрать режим измерений 17,6 м³.

10.4 Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров при выборе режима измерений без трекера

Для определения абсолютной погрешности измерений геометрических размеров объектов используют компаратор. В качестве компаратора может быть использована любая линейная направляющая (например, стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ, исполнение А, рег. №56506-14), позволяющая реализовать прямолинейной перемещение сканируемого объекта в диапазоне измерений приборов. Измерения проводить в следующей последовательности:

- привести компаратор в рабочее состояние, установить измеритель линейных перемещений лазерный (далее – ИЛП) вдоль оси компаратора. В качестве ИЛП может быть использована система лазерная измерительные XL-80. Установить необходимые для работы компоненты ИЛП и привести его в рабочее состояние согласно руководству по эксплуатации на ИЛП;

- установить на каретку ретро-рефлектор (отражатель) из комплекта ИЛП;
- установить на каретку меру для поверки систем координатно-измерительных (сферу) (далее - марку-сферу) диаметром не менее 20 и не более 100 мм;
- нанести светоотражающие метки (пример данных меток приведен на рисунке 2) на компаратор вдоль оси перемещения каретки согласно эксплуатационной документации на прибор;



Рисунок 2 - Общий вид меток и пример их нанесения на объект сканирования.

- включить прибор и дать ему прогреться 10 минут;
 - провести калибровку прибора по входящей в комплект калибровочной пластине согласно эксплуатационной документации;
 - установить каретку в нулевое положение;
 - обнулить показания ИЛП;
 - провести процедуру захвата меток, нанесенных на объект сканирования. При проведении сканирования меток необходимо выбрать условный центр зоны и начинать процедуру захвата меток в каждую из сторон поочередно;
 - провести сканирование установленной на каретку марки-сферы. Здесь и далее, при проведении сканирования, расстояние от прибора до сканируемой поверхности должно быть: 300 ± 125 мм;
- Расстояние контролировать по индикатору в ПО. Измерения проводить при световом индикаторе, находящемся в зеленой зоне на экране с запущенным программным обеспечением.
- переместить каретку на расстояние, соответствующее началу диапазона измерений прибором, провести сканирование установленной на каретку марки-сферы;
 - провести измерение ИЛП, занести значение в протокол;
 - переместить каретку на расстояние, близкое к середине диапазона измерений прибором, провести сканирование установленной на каретку марки-сферы;
 - провести измерение ИЛП, занести значение в протокол;
 - переместить каретку на расстояние, близкое к концу диапазона измерений прибором, провести сканирование установленной на каретку марки-сферы;
 - провести измерение ИЛП, занести значение в протокол;
 - сохранить данные, полученные при сканировании;
 - обработать данные, полученные при сканировании;
 - локализовать через ПО точки облака, относящиеся к отсканированной марке-сфере в каждой точке сканирования;
 - провести построение поверхности сферы и её геометрического центра в каждой точке сканирования (функция «Sphere» во вкладке «Inspection»);
 - произвести вычисление расстояния между нулевым положением геометрического центра марки-сферы и каждым последующим его положением S_i (функция «Distance, Two Sphere Centers» во вкладке «Inspection»);
 - произвести вычисление расстояния между нулевым положением геометрического центра отражателя и каждым последующим его положением S_{0i} ;

- повторять вышеописанные операции по сканированию объекта не менее 3 раз (приёмов);
- определить абсолютную погрешность измерений ΔS_i для каждого измерения.

Абсолютная погрешность измерений вычисляется как сумма систематической и случайной погрешности и определяется по формуле (2):

$$\Delta S_i = \pm \left[\left| \frac{\sum_{j=1}^n S_{ij}}{n} - S_{0i} \right| + 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left(S_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n S_{ij}}{n} \right)^2}{n-1}} \right], \quad (2)$$

где ΔS_i - абсолютная погрешность i -го измерения, мм. Знак абсолютной погрешности принимают тот же, что и при вычислении систематической погрешности измерений;

S_{0i} - эталонное (действительное) значение i -го расстояния измеренного ИЛП, мм;

S_{ij} - измеренное значение i -ого расстояния j -м приёмом, мм;

n - число приёмов измерений i -ого расстояния.

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

Диапазон измерений должен быть не менее, а значение абсолютной погрешности измерений геометрических размеров объектов не более значений, указанных в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10.5 Определение абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений без трекера совместно с устройством PhotoShot

Для определения абсолютной погрешности измерений геометрических размеров объектов используют компаратор. В качестве компаратора может быть использована любая линейная направляющая (например, стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ, исполнение А, рег. №56506-14), позволяющая реализовать прямолинейное перемещение сканируемого объекта в диапазоне измерений приборов. Измерения проводить в следующей последовательности:

- привести компаратор в рабочее состояние, установить измеритель линейных перемещений лазерный (далее – ИЛП) вдоль оси компаратора. В качестве ИЛП может быть использована система лазерная измерительные XL-80. Установить необходимые для работы компоненты ИЛП и привести его в рабочее состояние согласно руководству по эксплуатации на ИЛП;
- установить на каретку ретро-рефлектор (отражатель) из комплекта ИЛП;
- установить на каретку меру для поверки систем координатно-измерительных (сферу) (далее - марку-сферу) диаметром не менее 20 и не более 100 мм;
- нанести светоотражающие метки (пример данных меток приведен на рисунке 1) на компаратор вдоль оси перемещения каретки согласно эксплуатационной документации на прибор;
- расположить специальные масштабные меры и кодированные метки (входящих в комплект PhotoShot) в зоне сканирования. Масштабные меры и кодированные метки должны быть размещены на объекте сканирования или в непосредственной близости от него, располагаясь равномерно по его длине. Метки должны быть расположены в хаотичном порядке с расстоянием от 0,2 до 0,5 м между соседними метками.
- включить устройство PhotoShot в соответствии с руководством по эксплуатации;
- провести калибровку устройства PhotoShot по входящим в комплект калибровочным элементам согласно эксплуатационной документации на устройство PhotoShot;
- выполнить фотографирование меток и мер, нанесённых вдоль оси перемещения каретки согласно эксплуатационной документации на устройство. Фотографирование производится с рук оператора. Рекомендуются, чтобы камера находилась на расстоянии около 2 м от объекта сканирования. Необходимо отрегулировать фокусное расстояние, чтобы сделать изображение

четким, и зафиксировать его для съемки фотографий. Не допускается корректировка фокусного расстояния в процессе съемки. Съемку объекта начинать со средней части. Относительно первой фотографии камеру следует повернуть на 90° , а затем сделать вертикальный снимок. Каждый последующий снимок должен захватывать не менее одной третьей части объекта с предыдущего снимка. При необходимости получения снимков со всех сторон объекта, фотографирование производится по кругу, при этом при замыкании съемки последний кадр должен захватывать кодированные метки из первого кадра.

- сохранить данные, полученные при сканировании;
- с помощью программного обеспечения обработать данные, полученные при сканировании; провести построение базовой модели позиционирования (функция «Import targets» во вкладке «Advanced»);

- загрузить полученную информацию в проект проведения измерений, для использования в качестве основной системы позиционирования;

- включить прибор и дать ему прогреться 10 минут;
- провести калибровку прибора по входящей в комплект калибровочной пластине согласно эксплуатационной документации;

- установить каретку в нулевое положение;
- обнулить показания ИЛП;
- провести процедуру захвата меток, нанесенных на объект сканирования. При проведении сканирования меток необходимо выбрать условный центр зоны и начинать процедуру захвата меток в каждую из сторон поочередно;

- провести сканирование установленной на каретку марки-сферы. Здесь и далее, при проведении сканирования, расстояние от прибора до сканируемой поверхности должно быть 300 ± 125 мм;

Расстояние контролировать по индикатору в ПО. Измерения проводить при световом индикаторе, находящемся в зеленой зоне на экране с запущенным программным обеспечением;

При выполнении измерений беспроводным измерительным щупом, на поверхности сферы измерятся не менее 15 точек, равномерно расположенных на сканируемой поверхности.

- переместить каретку на расстояние, соответствующее началу диапазона измерений прибором, провести сканирование установленной на каретку марки-сферы;

- провести измерение ИЛП, занести значение в протокол;
- переместить каретку на расстояние, близкое к середине диапазона измерений прибором, провести сканирование установленной на каретку марки-сферы;

- провести измерение ИЛП, занести значение в протокол;
- переместить каретку на расстояние, близкое к концу диапазона измерений прибором, провести сканирование установленной на каретку марки-сферы;

- провести измерение ИЛП, занести значение в протокол;
- сохранить данные, полученные при сканировании;
- обработать данные, полученные при сканировании;
- локализовать через ПО точки облака, относящиеся к отсканированной марки-сфере в каждой точке сканирования;

- провести построение поверхности сферы и её геометрического центра в каждой точке сканирования (функция «Sphere» во вкладке «Inspection»);

- произвести вычисление расстояния между нулевым положением геометрического центра марки-сферы и каждым последующим его положением S_i (функция «Distance, Two Sphere Centers» во вкладке «Inspection»);

- произвести вычисление расстояния между нулевым положением геометрического центра отражателя и каждым последующим его положением S_{0i} ;

- повторять вышеописанные операции по сканированию объекта не менее 3 раз (приёмов);
- определить абсолютную погрешность измерений ΔS_i для каждого измерения.

Абсолютная погрешность измерений вычисляется как сумма систематической и случайной погрешности и определяется по формуле (2).

Проверка диапазона измерений осуществляется одновременно с определением абсолютной

погрешности измерений методом проведения измерений во всём заявляемом диапазоне.

Диапазон измерений должен быть не менее, а значение абсолютной погрешности измерений геометрических размеров объектов не более значений, указанных в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10.6 Определение абсолютной погрешности измерений геометрических размеров крупногабаритных объектов при использовании системы совместно с устройством PhotoShot

Для определения абсолютной погрешности измерений геометрических размеров объектов используют компаратор. В качестве компаратора может быть использована любая линейная направляющая (например, стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ, исполнение А, рег. №56506-14), позволяющая реализовать прямолинейной перемещение сканируемого объекта в диапазоне измерений приборов. Измерения проводить в следующей последовательности:

- привести компаратор в рабочее состояние, установить измеритель линейных перемещений лазерный (далее – ИЛП) вдоль оси компаратора. В качестве ИЛП может быть использована система лазерная измерительные XL-80. Установить необходимые для работы компоненты ИЛП и привести его в рабочее состояние согласно руководству по эксплуатации на ИЛП;

- установить на каретку ретро-рефлектор (отражатель) из комплекта ИЛП;

- установить на каретку меру для поверки систем координатно-измерительных (сферу) (далее - марку-сферу) диаметром не менее 20 и не более 100 мм;

- нанести светоотражающие метки (пример данных меток приведен на рисунке 1) на компаратор вдоль оси перемещения каретки согласно эксплуатационной документации на прибор;

- расположить специальные масштабные меры и кодированные метки (входящих в комплект PhotoShot) в зоне сканирования. Масштабные меры и кодированные метки должны быть размещены на объекте сканирования или в непосредственной близости от него, располагаясь равномерно по его длине. Метки должны быть расположены в хаотичном порядке с расстоянием от 0,2 до 0,5 м между соседними метками.

- включить устройство PhotoShot в соответствии с руководством по эксплуатации;

- провести калибровку устройства PhotoShot по входящим в комплект калибровочным элементам согласно эксплуатационной документации на устройство PhotoShot;

- выполнить фотографирование меток и мер, нанесённых вдоль оси перемещения каретки согласно эксплуатационной документации на устройство. Фотографирование производится с рук оператора. Рекомендуется, чтобы камера находилась на расстоянии около 2 м от объекта сканирования. Необходимо отрегулировать фокусное расстояние, чтобы сделать изображение четким, и зафиксировать его для съёмки фотографий. Не допускается корректировка фокусного расстояния в процессе съёмки. Съёмку объекта начинать со средней части. Относительно первой фотографии камеру следует повернуть на 90°, а затем сделать вертикальный снимок. Каждый последующий снимок должен захватывать не менее одной третьей части объекта с предыдущего снимка. При необходимости получения снимков со всех сторон объекта, фотографирование производится по кругу, при этом при замыкании съёмки последний кадр должен захватывать кодированные метки из первого кадра.

- сохранить данные, полученные при сканировании;

- с помощью программного обеспечения обработать данные, полученные при сканировании; провести построение базовой модели позиционирования;

- загрузить полученную информацию в проект проведения измерений, для использования в качестве основной системы позиционирования;

- включить прибор и дать ему прогреться 10 минут;

- провести калибровку прибора по входящей в комплект калибровочной пластине согласно эксплуатационной документации;

- установить каретку в нулевое положение;

- обнулить показания ИЛП;
- провести процедуру захвата меток, нанесенных на объект сканирования. При проведении сканирования меток необходимо выбрать условный центр зоны и начинать процедуру захвата меток в каждую из сторон поочередно;
- провести сканирование установленной на каретку марки-сферы. Здесь и далее, при проведении сканирования, расстояние от прибора до сканируемой поверхности должно быть 300 ± 125 мм;

Расстояние контролировать по индикатору на приборе и в ПО. Измерения проводить при световом индикаторе, находящемся в зеленой зоне на экране с запущенным программным обеспечением.

При выполнении измерений беспроводным измерительным щупом, на поверхности сферы измеряется не менее 15 точек, равномерно расположенных на сканируемой поверхности.

- переместить каретку на расстояние, соответствующее началу диапазона измерений прибором, провести сканирование установленной на каретку марки-сферы;
- провести измерение ИЛП, занести значение в протокол;
- переместить каретку на расстояние, близкое к середине диапазона измерений прибором, провести сканирование установленной на каретку марки-сферы;
- провести измерение ИЛП, занести значение в протокол;
- переместить каретку на расстояние, близкое к концу диапазона измерений прибором, провести сканирование установленной на каретку марки-сферы;
- провести измерение ИЛП, занести значение в протокол;
- сохранить данные, полученные при сканировании;
- обработать данные, полученные при сканировании;
- локализовать через ПО точки облака, относящиеся к отсканированной марке-сфере в каждой точке сканирования (функция «Sphere», «Curvature» во вкладке «Inspection»);
- провести построение поверхности сферы и её геометрического центра в каждой точке сканирования (функция «Sphere» во вкладке «Inspection»);
- произвести вычисление расстояния между нулевым положением геометрического центра марки-сферы и каждым последующим его положением S_i (функция «Distance, Two Sphere Centers» во вкладке «Inspection»);
- произвести вычисление расстояния между нулевым положением геометрического центра отражателя и каждым последующим его положением S_{0i} ;
- повторять вышеописанные операции по сканированию объекта не менее 3 раз (приёмов);
- определить абсолютную погрешность измерений ΔS_i для каждого измерения.

Абсолютная погрешность измерений вычисляется как сумма систематической и случайной погрешности и определяется по формуле (2):

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

Диапазон измерений должен быть не менее, а значение абсолютной погрешности измерений геометрических размеров объектов не более значений, указанных в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10.7 Определение абсолютной погрешности измерений отклонений от формы малогабаритных объектов

воспроизведения диаметра и с номинальным значением отклонения от круглости не более 5 мкм.

На поверочную плиту, расположенную в измерительном объёме системы, нанести разметку, ограниченную диапазоном измерения в виде квадрата со стороной 1000 мм. Установить сферу в центр фигуры и провести сканирование. Повторить измерения, перемещая сферу поочередно в вершины фигуры.

При выполнении сканирования беспроводным измерительным щупом, на поверхности

сферы измеряется не менее 15 точек, равномерно расположенных на сканируемой поверхности. Сохранить данные, полученные при сканировании. Обработать данные, полученные при измерениях локализовав через ПО точки облака, относящиеся к сфере. Провести построение поверхности сферы (функция «Sphere» во вкладке «Inspection») и определить её диаметр для каждого сканирования (функция «Attribute» выбранной сферы в разделе «Session View» во вкладке «Inspection»).

Абсолютная погрешность измерений D определяют, как разность между значением диаметра, полученным при помощи сканирования $D_{\text{изм}}$, и эталонным значением $D_{\text{действ}}$, согласно формуле (3):

$$D = D_{\text{изм}} - D_{\text{действ}} \quad (3)$$

Значение абсолютной погрешности измерений отклонений от формы малогабаритных объектов должно быть не более значения, указанного в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10.8 Определение абсолютной погрешности измерений отклонений от плоскостности малогабаритных объектов

Определение абсолютной погрешности измерений отклонений от плоскостности малогабаритных объектов осуществляется с использованием плиты поверочной размером не менее 1000×1000 мм и допуском отклонения от плоскостности не более 20 мкм.

В соответствии с руководством по эксплуатации проводится сканирование рабочей поверхности плиты. Измерения повторить не менее 5 раз. При выполнении сканирования беспроводным измерительным щупом, расстояния между соседними измеренными точками не должно превышать 100 мм.

Обработать данные, полученные при каждом сканировании локализовав через ПО точки облака, относящиеся к отсканированной поверхности плиты. Объединить облака точек в полигональную поверхность, состоящую из треугольников (ПО HyperScan выполняет данную операцию автоматически после сканирования – функция «Scan» во вкладке «Common»), объединить полигональные поверхности в общую сетку с помощью функции «Merge Session» в разделе «Session» во вкладке «Common», и на ее основе провести построение плоскости при помощи функции «Plane» во вкладке «Inspection» - стандартного интерфейса программы. Создается базовый элемент – плоскость, которая вписывается методом выборки треугольников с копланарными нормальными у полученной полигональной сетки. С помощью функций «GDT» / «Flatness» во вкладке «Inspection» при выборе построенной плоскости можно получить отклонение по всему выделенному массиву точек. Абсолютной погрешностью измерений отклонений от плоскостности является вычисленное в ПО HyperScan отклонение массива точек построенной плоскости.

Значение абсолютной погрешности измерений отклонений от плоскостности малогабаритных объектов должно быть не более значения, указанного в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

11. Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результате и объеме поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки средство измерений признается пригодным к применению.

Выдача свидетельства о поверке и средства измерений осуществляется в соответствии с

действующим законодательством.

Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование средства измерений не производится.

11.3 При отрицательных результатах поверки, средство измерений признается непригодным к применению.

Выдача извещения о непригодности к применению средства измерений с указанием основных причин непригодности осуществляется в соответствии с действующим законодательством.

Ведущий инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



К.А. Ревин

Приложение А
(обязательное)
Метрологические характеристики

Таблица А.1 - Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение		
	HyperScan DX-B	HyperScan Plus	ZG-Probe
Диапазон измерений линейных размеров, отклонений от формы и плоскостности малогабаритных объектов, мм ^{1), 3)}	от 40 до 1000		
Диапазон измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений без трекара, мм ²⁾	от 40 до 4000		-
Диапазон измерений линейных размеров при выборе режима измерений 9,6 м ³ , мм ^{1), 3)}	от 200 до 2854		
Диапазон измерений линейных размеров при выборе режима измерений 17,6 м ³ , мм ^{1), 3)}	от 200 до 3759		
Диапазон измерений линейных размеров крупногабаритных объектов при использовании системы совместно с устройством PhotoShot Pro (PhotoShot Max) мм ¹⁾	от 40 до 10 000		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров малогабаритных объектов, мм	±0,060	±0,055	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений 9,6 м ³ , мм	±0,064	±0,060	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений 17,6 м ³ , мм	±0,078	±0,075	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений без трекара, мм ⁴⁾	± (0,020+0,035 L)	± (0,020+0,030 L)	-
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений без трекара совместно с устройством PhotoShot Pro, мм ⁴⁾	± (0,020+0,020 L)		-
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при выборе режима измерений без трекара совместно с устройством PhotoShot Max, мм ⁴⁾	± (0,020+0,015 L)		-
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров крупногабаритных объектов при использовании системы совместно с устройством PhotoShot Pro, мм ⁴⁾	±(0,044+0,020·L)		

Наименование характеристики	Значение		
	HyperScan DX-B	HyperScan Plus	ZG-Probe
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров крупногабаритных объектов при использовании системы совместно с устройством PhotoShot Max, мм ⁴⁾	$\pm(0,044+0,015 \cdot L)$		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений отклонений от формы малогабаритных объектов, мм	$\pm 0,025$		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений отклонений от плоскостности малогабаритных объектов, мм	$\pm 0,040$		
<p>1) При использовании трекера.</p> <p>2) Без использования трекера.</p> <p>3) Объект сканирования должен находиться в измерительном объеме системы, являющимся полем зрения трекера. Схемы измерительных объемов приведены на рисунках А.1 - А.2. Значения указаны в миллиметрах.</p> <p>4) L – длина объекта в метрах.</p>			

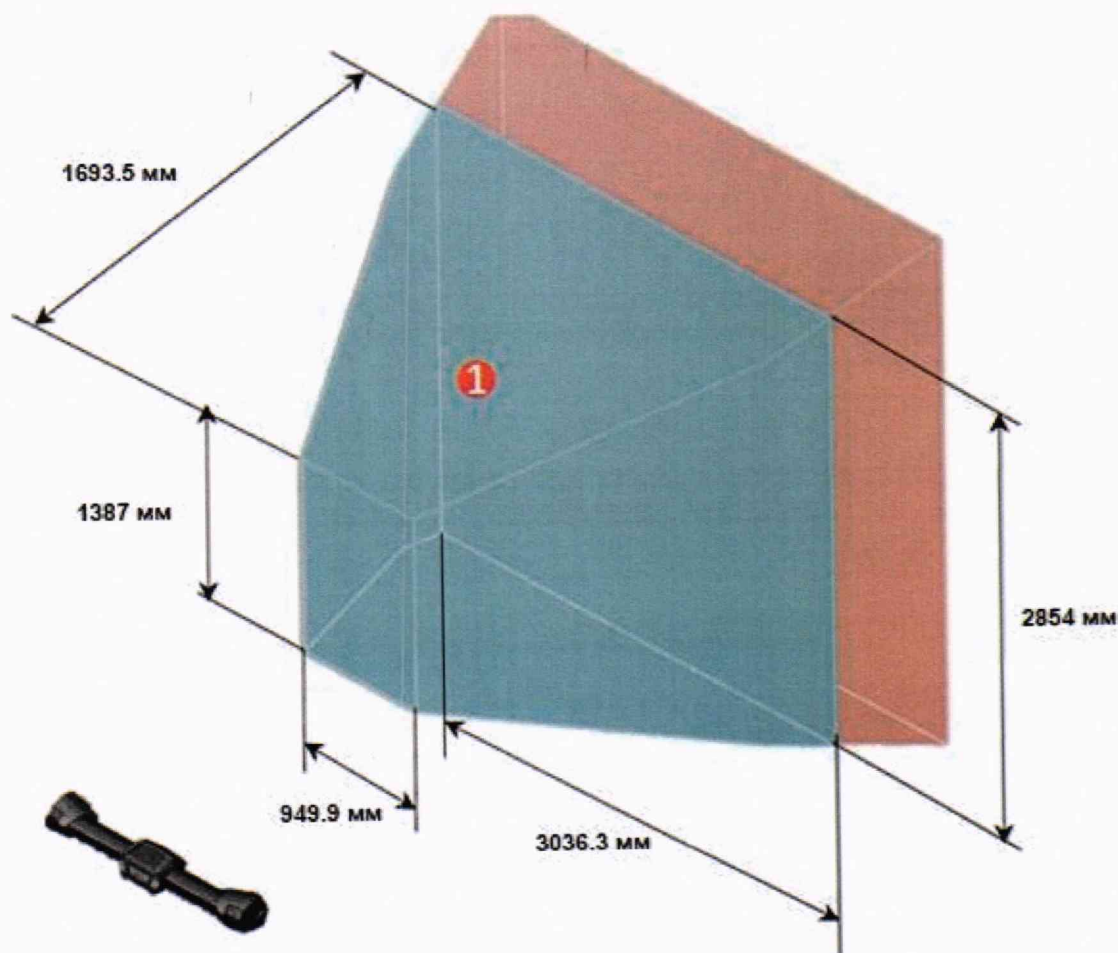


Рисунок А.1 – схема измерительного объема 9,6 м³

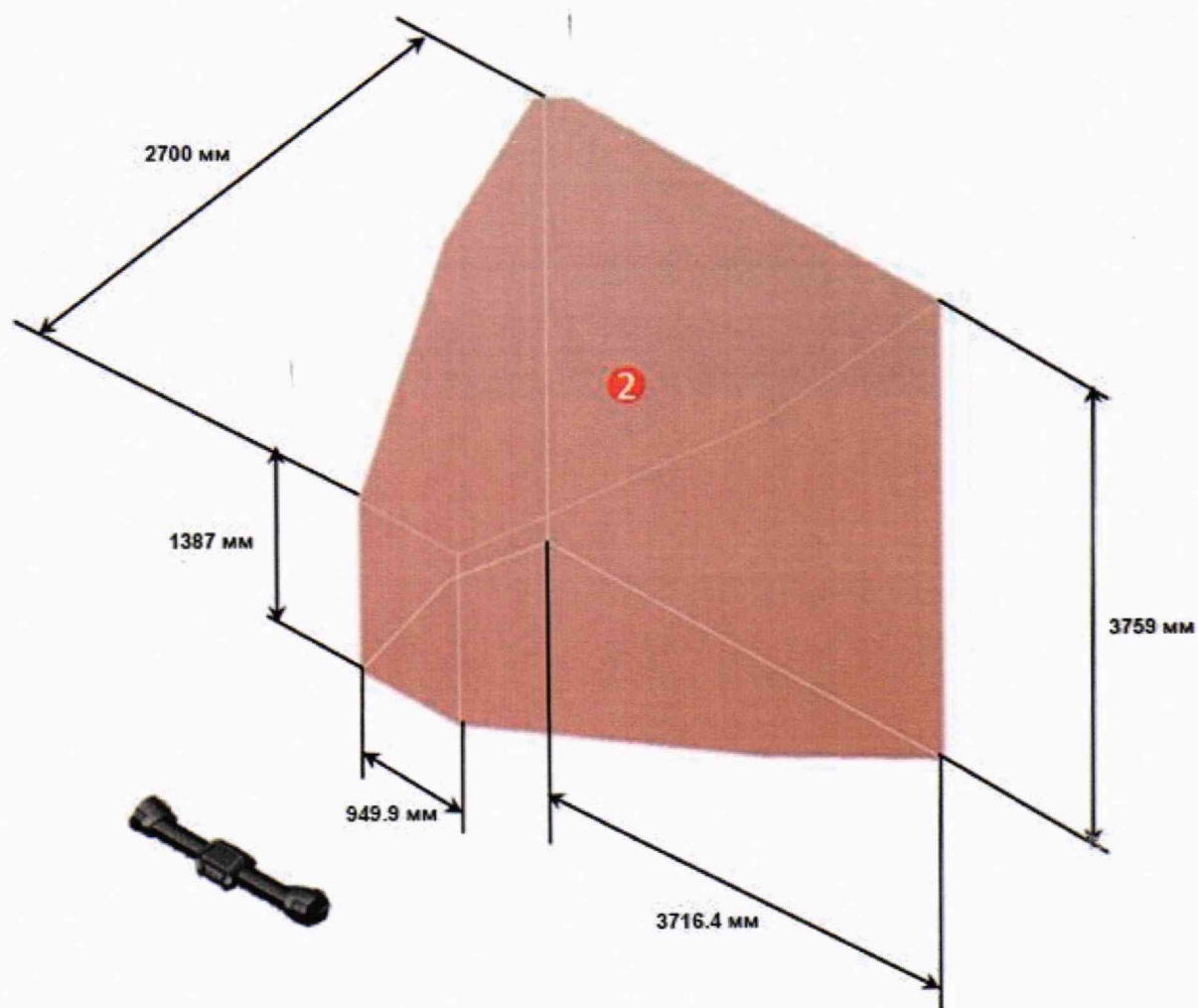


Рисунок А.2 – схема измерительного объема 17,6 м³