

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ-ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

02» декабря 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Системы оптические координатно-измерительные AM.TECH
NimbleTrack C

Методика поверки

МП-621-2024

г. Чехов
2024 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки систем оптических координатно-измерительных AM.TECH NimbleTrack C (далее – системы), применяемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

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

В целях обеспечения прослеживаемости поверяемого средства измерений к государственным первичным эталонам единиц величин необходимо соблюдать требования настоящей методики поверки.

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

- при определении абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов 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 совместно с прибором оптическим координатно-измерительным фотограмметрическим MSCAN 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.

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 (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов	Да	Да	10.1

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при использовании системы совместно с прибором оптическим координатно-измерительным фотограмметрическим MSCAN	Да*	Да*	10.2
* на основании заявления владельца СИ и предоставлении прибора оптического координатно-измерительного фотограмметрического MSCAN			

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

температура окружающей среды, °C

от минус 10 до плюс 40

Примечание: при проведении измерений условия окружающей среды средств поверки (эталонов) 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. Для проведения поверки достаточно одного поверителя.

5 Метрологические и технические требованиям к средствам поверки

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

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения 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 10 °C до плюс 45 °C с абсолютной погрешностью не более 1 °C;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7 (рег.№ 71394-18)
п. 10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров 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 с номинальным значением длины 10, 500 и 1000 мм, границы абсолютных погрешностей $\pm(0,2+2 \cdot L)$ мкм, где L – длина, м;	Меры длины концевые плоскопараллельные Туламаш, (Рег. № 51838-12); Меры длины концевые плоскопараллельные 516, 611, 613 и ZERO CERA BLOCK, рег № 32668-14;

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при использовании системы совместно с прибором оптическим координатно-измерительным фотограмметрическим MSCAN	<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:</p> <p>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>Линейная направляющая, диапазон перемещения каретки от 0 до 10 м.</p>	Системы лазерные измерительные XL-80 (Рег. № 35362-13)
		Меры для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm (Рег. № 64593-16);
		Стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭЛМЕТРО СПУ исполнение А, (Рег. № 56506-14)

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 выполнении 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 приведенному описанию и изображению;
- маркировки требованиям эксплуатационной документации;
- 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 хотя бы одно из перечисленных требований не выполняется, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции по поверке не производят.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки.

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

Для идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) «TViewer» следует запустить ПО, в главном меню нажать кнопку «Other», затем выбрать пункт «About TViewer». 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 диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов

Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов осуществляется с использованием мер длины концевых плоскоконцентрических 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 проведения калибровки и далее последовательно выполнить отображаемые в окне действия.

По окончанию проведения калибровки провести измерения длины меры.

Концевая мера длины с номинальным значением 1000 мм устанавливается на штативе в пределах измерительного объёма системы, приведённого в Приложении 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 шупом 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.

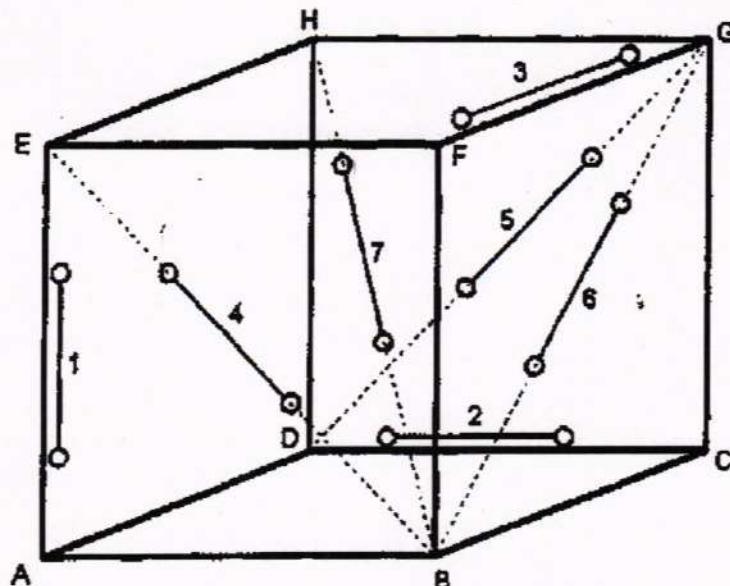


Рисунок 1 – Рекомендация по взаимному расположению меры относительно оптической системы слежения при определении погрешности измерений

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

Абсолютная погрешность измерений длины L определяется путем нахождения разности между измеренным значением длины концевой плоскостной параллельной $L_{изм.}$ и её действительным значением $L_{действ.}$, согласно формуле

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

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 не более значений, указанных в Приложении А настоящей методики поверки.

10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при использовании системы совместно с прибором оптическим координатно-измерительным фотограмметрическим MSCAN

Для определения абсолютной погрешности измерений линейных 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;

- расположить специальные масштабные меры и кодированные метки (входящих в комплект MSCAN) 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 MSCAN в соответствии с руководством по эксплуатации;
- провести калибровку устройства MSCAN по входящим в комплект калибровочным элементам согласно эксплуатационной документации на устройство MSCAN;

- выполнить фотографирование меток и мер, нанесённых вдоль оси перемещения каретки согласно эксплуатационной документации на устройство. Фотографирование производиться 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 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 третей части объекта с предыдущего снимка. При необходимости получения снимков со всех сторон объекта, фотографирование производиться 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;
- загрузить полученную информацию в проект проведения измерений, для использования в качестве основной системы позиционирования;
- включить систему и дать ей прогреться 10 минут;
- провести калибровку системы по в входящим в комплект калибровочным элементам согласно эксплуатационной документации;
- установить каретку в нулевое положение;
- обнулить показания ИЛП;
- провести сканирование установленной на каретку марки-сферы. Здесь и далее, при проведении сканирования, расстояние от сканера до сканируемой поверхности контролировать по индикатору на устройстве 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;
- 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

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

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 -го расстояния j -м приёмом, мм;

n - число приёмов измерений i -го 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 не более значений, указанных в Приложении А настоящей методики поверки.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результате и объёме 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 (или) внесение записи о проведенной поверке в паспорт 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 и технические характеристики

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений линейных размеров ¹⁾ , мм	от 10 до 3328
Диапазон измерений линейных размеров объектов при использовании системы совместно с прибором оптическим координатно-измерительным фотограмметрическим MSCAN ¹⁾ , мм	от 10 до 10 000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов ²⁾ , мм:	$\pm 0,052$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров объектов при использовании системы совместно с прибором оптическим координатно-измерительным фотограмметрическим MSCAN ^{2), 3)} , мм	$\pm(0,044+0,012 \cdot L)$

¹⁾ Объект сканирования должен находиться в измерительном объёме системы оптической координатно-измерительной, являющимся полем зрения оптической системы слежения. Схема измерительного объёма приведена на рисунке А.1. Значения указаны в миллиметрах.

²⁾ Погрешность измерений измерительным щупом i-Probe, i-Probe 500 не превышают значений, соответствующих погрешности системы в данном режиме измерений.

³⁾ L – длина объекта в метрах

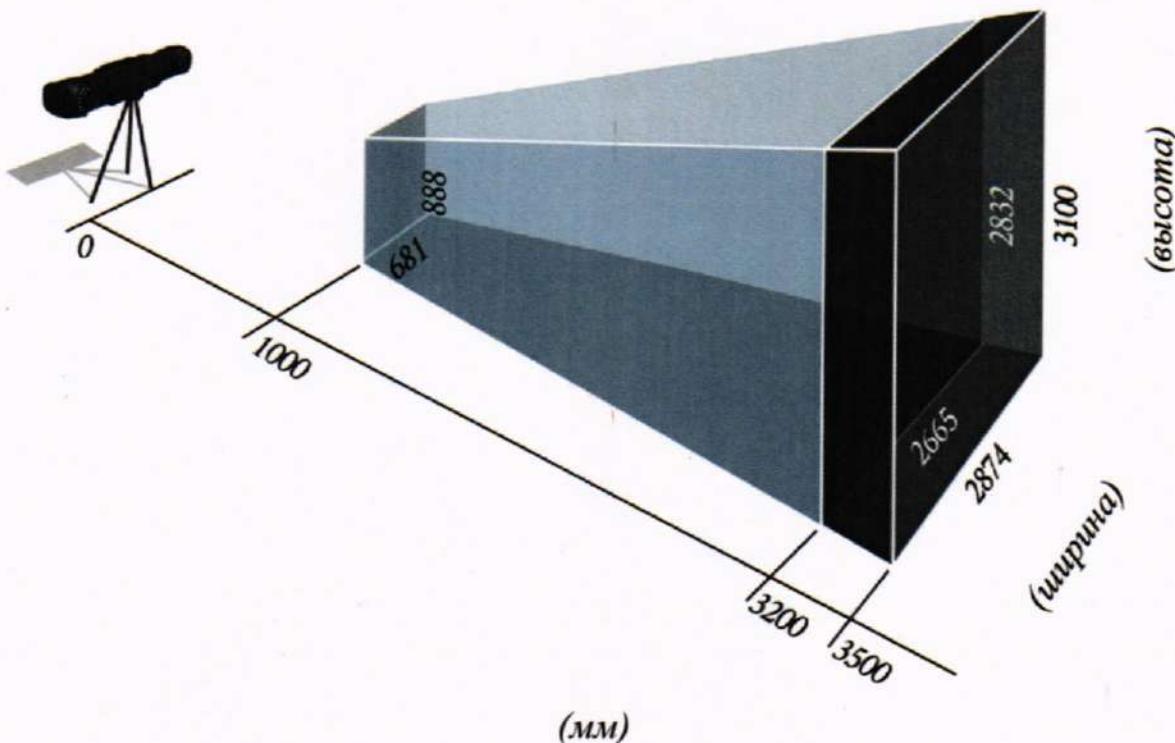


Рисунок А.1 – Схема измерительного объёма системы