

СОГЛАСОВАНО

Начальник

ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



Т.Ф. Мамлеев

22 апреля 2025 г.

М.п.

Государственная система обеспечения единства измерений
Сканер лазерный Trimble X9
Методика поверки
МП-27/019-2025

2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая методика поверки распространяется на сканер лазерный Trimble X9 (далее – сканер), предназначенный для измерений длин (приращений координат), горизонтальных и вертикальных плоских углов, в том числе применяемых при определении координат.

1.2. В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

1.3. При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача и подтверждается прослеживаемость:

к государственному первичному специальному эталону единицы длины ГЭТ 199-2024 в соответствии с «Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений», утвержденной приказом Росстандарта от 07 июня 2024 г. № 1374;

к государственному первичному эталону единицы плоского угла ГЭТ 22-2014 в соответствии с локальной поверочной схемой для сканера лазерного Trimble X9, структура которой приведена в приложении А.

1.4. В методике поверки реализован метод передачи единицы – метод прямых измерений.

1.5. Допускается проведение поверки отдельных величин в соответствии с заявлением владельца сканера с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений углов, градус ¹⁾ - горизонтальных - вертикальных	от 0 до 360 от -140 до +140
Допускаемое среднее квадратическое отклонение измерений углов, секунда ¹⁾	16
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов, секунда	±28
Диапазон измерений расстояний, м	от 0,6 до 150
Диапазон определения координат точек отражения лазерного импульса в условной системе координат, м	от 0,6 до 150
Допускаемое среднее квадратическое отклонение измерений расстояний, мм	$1,2 + 10 \cdot 10^{-6} \cdot L^{2)}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояний, мм	$\pm(2 + 20 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности определения координат точек отражения лазерного импульса в условной системе координат, мм	$\pm(2 + 20 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
Примечания: 1) градус, секунда – единицы измерений плоского угла 2) L – расстояние до точки сканирования, мм	

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7	Да	Да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
3 Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
4 Определение метрологических характеристик	10	-	-
4.1 Определение диапазона, среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений расстояний, определение диапазона и абсолютной погрешности определения координат точек отражения лазерного импульса в условной системе координат	10.1	Да	Да
4.2 Определение диапазона, среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений углов	10.2	Да	Да
5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °Сот +15 до +25.

3.2 Полевые измерения (измерения на открытом воздухе) должны проводиться при отсутствии осадков и порывов ветра при температуре окружающего воздуха от -20 до +50 °С.

Примечание - При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (рабочих эталонов) должны соответствовать регламентируемым в их инструкциях по эксплуатации требованиям.

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, ознакомленные с руководством по эксплуатации на сканер и настоящей методикой поверки.

4.2 Для проведения поверки сканера достаточно одного поверителя.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – 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 подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средство измерений температуры воздуха в диапазоне от -25 до +65 °С, с абсолютной погрешностью измерений температуры 0,2 °С	Измеритель параметров микроклимата Метеоскоп-М, рег. № 32014-11
п. 10.1 Определение диапазона, среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений расстояний, определение диапазона и абсолютной погрешности определения координат точек отражения лазерного импульса в условной системе координат	Эталоны единиц величин, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 2-го разряда по приказу Росстандарта от 07 июня 2024 г № 1374 «об утверждении Государственной поверочной схемы для координатно-временных средств измерений»	Рабочий эталон единицы длины 2 разряда в диапазоне значений от 0 до 2016 м, рег. № 3.1.ЗБН.2938.2023
п. 10.2 Определение диапазона, среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений углов	Эталоны единиц величин, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 3-го разряда по приказу Росстандарта от 26 ноября 2018 г № 2482 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений плоского угла»	Комплекс геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России», рег. № 42877-09

5.2 Все средства поверки должны быть исправны и иметь действующие документы о поверке (знак поверки).

5.3 Допускается применение других средств поверки, удовлетворяющих требованиям настоящей методики поверки и обеспечивающих точность передачи единиц длины и плоского угла поверяемому сканеру.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При выполнении операций поверки должны быть соблюдены все требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.3.019-80, действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также всеми действующими местными инструкциями по технике безопасности.

6.2 Все блоки и узлы, а также используемые средства измерений должны быть надежно заземлены. Коммутации и сборки электрических схем для проведения измерений должны проводиться только на выключенной и полностью обесточенной аппаратуре.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр производится визуально.

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие сканера следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида сканера описанию типа средства измерений;

- отсутствие механических повреждений и других дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки;
- на корпусе сканера должен быть нанесен заводской номер сканера;
- комплектность сканера должна соответствовать руководству по эксплуатации.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки сканера необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации.

8.2 Провести контроль параметров окружающей среды (температура, влажность окружающего воздуха) в помещении, где проводится поверка. Условия поверки должны соответствовать требованиям п.3 настоящей методики.

8.3 Выдержатьверяемый сканер не менее 4 часов при условиях, указанных выше.

8.4 Подготовить средства поверки к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

8.5 При опробовании должно быть установлено соответствие следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов;
- плавность движения подвижных деталей и элементов;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность всех функциональных узлов и режимов.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Идентификационное наименование и идентификационный номер программного обеспечения получить при подключении сканера к контроллеру средствами операционной системы контроллера (основное меню/свойства файла)

9.2 Идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
Идентификационное наименование ПО	МПО	Trimble Perspective
Номер версии ПО	1.1.1.0263	не ниже 2025.10.2741
Цифровой идентификатор ПО	-	-

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение диапазона, среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений расстояний, определение диапазона и абсолютной погрешности определения координат точек отражения лазерного импульса в условной системе координат

10.1.1 Выбрать такие пункты базиса (из состава применяемого для поверки рабочего эталона), расстояния между которыми (не менее четырех) охватывают весь диапазон измерений расстояний сканера.

10.1.2 Сканер установить на первый из выбранных пунктов базиса. Включитьверяемый сканер и привести его в рабочий режим согласно руководству по эксплуатации.

10.1.3 Произвести сканирование местности сканером, поочередно устанавливая визирные цели (сферы, диаметр которых составляет не менее 100 мм) на остальные выбранные пункты базиса. Для каждого значения расстояния выполнять отдельный цикл сканирования

10.1.4 Сохранить данные, полученные при сканировании.

10.1.5 Обработать данные, полученные при сканировании.

10.1.6 Локализовать точки облака, относящиеся к отсканированным визирным целям, при помощи программного обеспечения Trimble Perspective.

10.1.7 Вычислить расстояния между выбранными пунктами базиса и координаты пунктов базиса в условной системе координат. Ориентация условной системы координат:

ось Z – вдоль отвесной линии, ось X – вдоль линии, соединяющей наиболее удаленные друг от друга пункты базиса (из выбранных пунктов), ось Y дополняет систему координат до правой, начало системы координат – пункт базиса, на который будет установлен тахеометр (из состава применяемого для поверки рабочего эталона).

10.1.8 Повторить операции согласно п.10.1.3-10.1.7 10 раз.

10.1.9 Установить тахеометр на пункт базиса. Перед началом измерений навести тахеометр на наиболее удаленный пункт базиса (из выбранных пунктов) и установить значений по горизонтальному кругу тахеометра $0^\circ 00' 00''$.

10.1.10 Измерить расстояния между выбранными пунктами базиса тахеометром, помимо расстояния с экрана тахеометра зафиксировать трехмерные координаты (горизонтальное проложение, превышение и боковое смещение) выбранных пунктов.

10.2 Определение диапазона, среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений углов

10.2.1 Выбрать такие пункты базиса, горизонтальный и вертикальный угол между которыми известен.

10.2.2 Установить сканер и визирные цели на выбранные пункты базиса.

10.2.3 Включить поверяемый сканер и привести его в рабочий режим согласно руководству по эксплуатации.

10.2.4 Произвести сканирование местности сканером.

10.2.5 Сохранить данные, полученные при сканировании.

10.2.6 Обработать данные, полученные при сканировании.

10.2.7 Локализовать точки облака, относящиеся к отсканированным визирным целям, при помощи программного обеспечения Trimble Perspective.

10.2.8 Вычислить горизонтальный угол и вертикальный угол между выбранными пунктами базиса.

10.2.9 Повторить операции согласно п.10.2.4-10.2.8 10 раз.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Определить среднее квадратическое отклонение измерений расстояний S_{Lj} по формуле:

$$S_{Lj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (L_{ij} - \bar{L}_j)^2}{n-1}},$$

где $\bar{L}_j = \frac{\sum_{i=1}^n L_{ij}}{n}$ – среднее арифметическое значение измерений длин сканером;

L_{ij} – значение j -ого расстояния между пунктами базиса измеренное при i -ом сканировании.

$i=1 \dots n$ – номер цикла сканирования;

$n=10$ – число циклов сканирования;

$j=1 \dots m$ – номер расстояния между пунктами;

$m \geq 3$ – число расстояний между пунктами.

11.2 Определить абсолютную погрешность измерений расстояний для каждого цикла сканирования Δ_{Lij} по формуле:

$$\Delta_{Lij} = L_{ij} - L_j^{\text{действ}},$$

где $L_j^{\text{действ}}$ – значение j -ого расстояния между пунктами базиса по показаниям тахеометра.

11.3 В качестве абсолютной погрешности измерений каждого из расстояний Δ_{Lj} выбрать наибольшее по модулю из всех циклов сканирования.

11.4 Определить абсолютную погрешность определения координат точек отражения лазерного импульса в условной системе координат для каждого цикла сканирования $\Delta_{COORDij}$ по формуле:

$$\Delta_{COORDij} = \sqrt{(X_{ij} - X_j^{\text{действ}})^2 + (Y_{ij} - Y_j^{\text{действ}})^2 + (Z_{ij} - Z_j^{\text{действ}})^2},$$

где X_{ij} , Y_{ij} , Z_{ij} – значения координат j -ого пункта базиса измеренные при i -ом сканировании;

$X_j^{\text{действ}}, Y_j^{\text{действ}}, Z_j^{\text{действ}}$ – значения координат j -ого пункта базиса по показаниям тахеометра.

11.5 В качестве абсолютной погрешности определения координат каждой из точек отражения лазерного импульса в условной системе координат выбрать наибольшее по модулю из всех циклов сканирования.

11.6 Определить среднее квадратическое отклонение измерений углов S_α и S_β по формуле:

$$S_\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{n-1}},$$

$$S_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\beta_i - \bar{\beta})^2}{n-1}},$$

где $\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n}$ – среднее арифметическое значение измерений горизонтального угла сканером;

$\bar{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n}$ – среднее арифметическое значение измерений вертикального угла сканером.

11.7 Определить абсолютную погрешность измерений углов для каждого цикла сканирования $\Delta_{\alpha i}$ и $\Delta_{\beta i}$ по формуле:

$$\Delta_{\alpha i} = \alpha_i - \alpha^{\text{действ}},$$

$$\Delta_{\beta i} = \beta_i - \beta^{\text{действ}},$$

где $\alpha^{\text{действ}}, \beta^{\text{действ}}$ – значения горизонтального и вертикального углов из свидетельства на базис.

11.8 В качестве абсолютной погрешности измерений углов выбрать наибольшее по модулю из всех циклов сканирования.

11.9 Результаты считать положительными если измеренные сканером значения расстояния охватывают весь диапазон измерений расстояний сканера, определенные сканером координаты точек отражения лазерного импульса в условной системе координат охватывают весь диапазон определения координат точек отражения лазерного импульса в условной системе координат, достигнутые значения среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений расстояний, абсолютной погрешности определения координат, среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений углов соответствуют значениям, приведенным в таблице 1.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Обязательное оформление протокола поверки не требуется. По заявлению владельца изделия или лица, представившего его на поверку, возможно оформление протокола поверки.

12.2 Сведения о результатах поверки сканера передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.3 По заявлению владельца сканера или лица, представившего его на поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие сканера метрологическим требованиям) выдается свидетельство о поверке.

12.4 По заявлению владельца сканера или лица, представившего его на поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие сканера метрологическим требованиям) выдается извещение о непригодности к применению.

12.5 Способ защиты средства измерений от несанкционированного вмешательства представлен в описании типа, дополнительных действий по соблюдению требований по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства не требуется.

Начальник отдела ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



К.А. Шарганов

Приложение А
(рекомендуемое)

СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНОЙ ПОВЕРОЧНОЙ СХЕМЫ

для сканера лазерного Trimble X9
в соответствии с Государственной поверочной схемой
для средств измерений плоского угла

