

Первый заместитель генерального
директора – заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов
2025 г.

«ГСИ. Системы лазерные координатно-измерительные
сканирующие авиационные LiteMapper 5600.
Методика поверки»

МП 651-24-056

р.п. Менделеево.

2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика (далее - МП) распространяется на системы лазерные координатно-измерительные сканирующие авиационные LiteMapper 5600 (далее – системы), изготовленные фирмой «IGI mbH», Германия, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Необходимо обеспечение прослеживаемости систем к государственным первичным эталонам единиц величин посредством использования аттестованных (поверенных) в установленном порядке средств поверки.

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

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерений расстояний между точками земной поверхности, м	от 30 до 1800
Диапазон сканирования, м	от 30 до 1800
Доверительные границы абсолютной погрешности измерений расстояний между точками земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) ¹⁾ , мм	±20
Доверительные границы абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) ¹⁾ , мм в плане по высоте	±50 ±80

¹⁾ Системы обеспечивают заявленную точность определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (прямоугольной системе координат) при отражательной способности поверхности объекта сканирования более 20%, скоростях транспортного средства от 50 до 300 км/ч и использовании в качестве базовой станции ГНСС-приемника с границами допускаемой абсолютной погрешности измерений приращений координат (при доверительной вероятности 0,95) в режиме кинематика $\pm 2 \cdot (6 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм, где D - длина линии, вычисленная по измеренным приращениям координат в мм. Заданная система координат задается относительно точки установки базовой станции. Заявленные точностные характеристики достигаются при одновременном приеме сигналов ГНСС ГЛОНАСС и GPS встроенной НАП из состава системы и базовой станции.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость систем к государственному первичному специальному эталону единицы длины ГЭТ 199-2024 по государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Росстандарта № 1374 от 7 июня 2024 г.

Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки выполнить операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции проведения поверки

Наименование операции поверки	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
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	-	-	10
Определение диапазона сканирования, доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67)	да	да	10.1
Определение диапазона измерений расстояний между точками земной поверхности, доверительных границ абсолютной погрешности измерений расстояний между точками земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67)	да	да	10.2
Оформление результатов поверки	да	да	11

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 2, поверка прекращается, и система признается непригодной к применению.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверка должна проводиться в климатических условиях, соответствующих условиям применения эталонов, средств измерений и поверяемой системы:

- температура окружающего воздуха от минус 10 °С до плюс 50 °С;
- атмосферное давление от 90 до 100 кПа;
- относительная влажность воздуха до 80 %.

3.2 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность систем, в соответствии с эксплуатационной документацией (далее - ЭД);
- проверить наличие сведений о результатах поверки средств измерений, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;
- системы и средства поверки должны быть выдержаны при нормальных условиях не менее 1 ч.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица с высшим техническим образованием, аттестованные в качестве поверителей в области геодезических средств измерений и изучившие настоящую методику, документацию на системы и эксплуатационную документацию на используемые средства поверки.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Для поверки применять средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.1 Определение диапазона санирования, доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67)	Средство измерений длины, рабочий эталон 1-го разряда – комплексы базисные эталонные, диапазон измерений длин от 0 м до 6000 м, предел допускаемой абсолютной погрешности приращений координат $0,2+0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L$ мм, где L - измеряемая длина в мм, по государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 1374 от 7 июня 2024 г.	Государственный первичный специальный эталон единицы длины ГЭТ 199-2024
10.2 Определение диапазона измерений расстояний между точками земной поверхности, доверительных границ абсолютной погрешности измерений расстояний между точками земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67)	Средство измерений длины, рабочий эталон 2-го разряда – комплексы базисные эталонные, диапазон измерений длин от 0 м до 5000 м, предел допускаемой абсолютной погрешности измерений длины $0,6+1 \cdot 10^{-6} \cdot L$ мм, где L - измеряемая длина в мм, по Государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 1374 от 7 июня 2024 г.	Государственный рабочий эталон единицы длины 1 разряда в диапазоне значений от 1,5 до 2711 м, регистрационный номер 3.1.ZCE.1578.2024 в Федеральном информационном фонде
<i>Вспомогательные средства</i>		
10.1, 10.2	Средство измерений длины, диапазон измерений от 0,07 до 30 км, границы допускаемой абсолютной погрешности измерений приращений координат (при доверительной вероятности 0,95) в режиме «Кинематика в реальном времени» $\pm 2 \cdot (6+0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм в плане, $\pm 2 \cdot (10+1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм по высоте, где D - длина линии, вычисленная по измеренным приращениям координат в мм	Аппаратура геодезическая спутниковая Система Ориент, регистрационный номер 86352-22 в Федеральном информационном фонде (вспомогательное средство)

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.1, 10.2	Средство измерений температуры, давления, влажности, диапазоны измерения влажности от 0% до 99%, температуры от -20 °С до 60 °С, давления от 840 гПа до 1060 гПа; пределы допускаемой погрешности измерений влажности $\pm 2\%$, температуры $\pm 0,2$ °С, давления ± 3 гПа	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, мод. ИВТМ-7 М 5-Д, регистрационный номер 15500-12 в Федеральном информационном фонде (вспомогательное средство)

Примечания:

Сведения о результатах поверки (аттестации) средств измерений (эталонов), применяемых при поверке, должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

Допускается применение средств поверки, не приведенных в рекомендуемом перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью, передачу единицы величины средству измерений при его поверке и прослеживаемость эталонов и средств измерений, применяемых при поверке, к государственным первичным эталонам единиц величин.

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования по технике безопасности, указанные в эксплуатационной документации (далее - ЭД) на используемые средства поверки;
- правила по технике безопасности, действующие на месте поверки;
- ГОСТ 12.1.040-83 «ССТБ. Лазерная безопасность. Общие положения»;
- ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССТБ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре системы установить:

- комплектность системы и наличие маркировки (заводской номер, тип) путём сличения с ЭД на системы, наличие поясняющих надписей;
- исправность переключателей, работу подсветок, исправность разъемов и внешних соединительных кабелей;
- качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики.

7.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты внешнего осмотра удовлетворяют п. 7.1. В противном случае система бракуется, дальнейшие операции поверки не производят.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При опробовании установить соответствие системы следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов;
- плавность и равномерность движения подвижных частей;

- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей (в соответствии с указаниями п. 2.1 документа «Системы мобильного сканирования АГМ-МС3. Руководство по эксплуатации» (далее - РЭ);

- работоспособность системы (в соответствии с указаниями п. 2.2. РЭ).

Если перечисленные требования не выполняются, систему признают негодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты опробования и проверки работоспособности удовлетворяют п. 8.1.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Идентификационное наименование и идентификационный номер программного обеспечения (далее – ПО) получить при подключении системы к персональному компьютеру средствами ОС «Windows», основное меню/свойства файла.

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО соответствуют приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
	МПО	LMcontrol
Идентификационное наименование ПО		
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.234 и выше	1.544 и выше

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение диапазона сканирования, доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67)

10.1.1 Выбрать пункт из состава рабочего эталона 1-го разряда (далее - пункт № 1). Создать полевой стенд на местности размером не менее 1800×1800 метров. Определить и замаркировать светоотражающими марками не менее двадцати контрольных точек ($i \geq 20$), равномерно расположенных по всей площади полевого стенда и имеющих прямую видимость на пункт № 1.

10.1.2 Выбрать другой пункт (далее - пункт № 2) из состава рабочего эталона 1-го разряда таким образом, чтобы между пунктом № 1 и пунктом № 2 была прямая видимость. Установить на пункт № 1 тахеометр из состава рабочего эталона 1-го разряда (далее - эталон), задать эталону координаты пункта № 1 в заданной системе координат, навести эталон на пункт № 2 и выставить нулевое значение горизонтального угла (угол в плоскости проведения измерений). Определить координаты замаркированных контрольных точек полевого стенда в заданной системе координат в соответствии с руководством по эксплуатации на эталон.

10.1.3 Составить план полета с указанием маршрута и направления движения, а также указанием расположения контрольных точек.

10.1.4 Снять эталон с пункта № 1 и установить аппаратуру геодезическую спутниковую Система Ориент (далее - аппаратура) на вышеуказанный пункт № 1 в качестве базовой станции, ввести в базовую станцию координаты этого пункта № 1 (для работы в выбранной условной системе координат). Включить аппаратуру в режиме сбора данных в соответствии с руководством по эксплуатации на аппаратуру.

10.1.5 Привестиверяемую систему в рабочее состояние и выполнить тестирование готовности по встроенным программам в соответствии с указаниями главы 2 РЭ. Проконтролировать климатические условия на месте проведения поверки при помощи измерителя влажности и температуры ИВТМ-7.

10.1.6 Выполнить полет по составленному ранее маршруту со сканированием контрольных точек полевого стенда не менее 10 раз ($j \geq 10$) на высотах соответствующих всему диапазону сканирования, в том числе на высотах, соответствующих минимальному и максимальному расстоянию сканирования со скоростью 50, 150, 300 км/ч.

10.1.7 После завершения движения по маршруту произвести передачу результатов измерений необработанных данных, полученных системой и аппаратурой в персональный компьютер.

10.1.8 Выполнить обработку данных, полученных в результате сканирования системой в созданной условной системе координат с использованием программ обработки фирмы-изготовителя в соответствии с указаниями главы 3 РЭ, и получить координаты контрольных точек тестового полигона.

10.1.9 Систематическую погрешность определения координат точек земной поверхности испытуемой системы для i – х контрольных точек по каждой координате вычислить, как разность между координатами контрольных точек с координатами этих же точек, полученными при сканировании по формулам (1):

$$\begin{aligned} M_{X_i} &= \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ijоб} - X_{iэт})}{n}, \\ M_{Y_i} &= \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ijоб} - Y_{iэт})}{n}, \\ M_{H_i} &= \frac{\sum_{j=1}^n (H_{ijоб} - H_{iэт})}{n}, \end{aligned} \quad (1)$$

где: $X_{ijоб}$, $Y_{ijоб}$, $H_{ijоб}$ – координаты, полученные из обработки сканирования на i – той контрольной точке на j – ом проезде;

$X_{iэт}$, $Y_{iэт}$, $H_{iэт}$ – координаты i – той контрольной точки определенные эталоном;

n – количество перемещений вдоль маршрута.

Среднее квадратическое отклонение определения координат точек земной поверхности испытуемой системы для i – х контрольных точек по каждой координате вычислить по формулам (2):

$$\begin{aligned} \sigma_{X_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ijоб} - \overline{X_{ijоб}})^2}{n-1}}, \\ \sigma_{Y_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ijоб} - \overline{Y_{ijоб}})^2}{n-1}}, \\ \sigma_{H_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (H_{ijоб} - \overline{H_{ijоб}})^2}{n-1}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где: $\overline{X_{ijоб}} = \frac{\sum_{j=1}^{10} X_{ijоб}}{10}$ – среднее арифметическое значение измерений координат точек испытуемой системы.

10.1.10 Определить доверительные границы абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) для i – х контрольных точек в плане и по высоте по формулам (3) и (4):

$$П_{пл.i} = \sqrt{(M_{X_i})^2 + (M_{Y_i})^2} + \sqrt{(\sigma_{X_i})^2 + (\sigma_{Y_i})^2}, \quad (3)$$

$$П_{в.i} = \pm (|M_{H_i}| + \sigma_{H_i}). \quad (4)$$

10.1.11 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне сканирования от 30 до 1800 м значения доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) находятся в границах ± 50 мм в плане и ± 80 по высоте.

10.2 Определение диапазона измерений расстояний между точками земной поверхности, доверительных границ абсолютной погрешности измерений расстояний между точками земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67)

10.2.1 Выбрать пункт из состава рабочего эталона 2-го разряда (далее - пункт № 1). Создать полевой стенд на местности размером не менее 1800×1800 метров. Определить и замаркировать светоотражающими марками не менее четырех пар контрольных точек ($k \geq 4$), таким образом, чтоб они образовывали четыре базисные линии протяженностью примерно 30 м, 500 м, 1000 м, 1800 м и имеющих прямую видимость на пункт № 1.

10.2.2 Выбрать другой пункт (далее - пункт № 2) из состава рабочего эталона 2-го разряда таким образом, чтобы между пунктом № 1 и пунктом № 2 была прямая видимость. Установить на пункт № 1 тахеометр из состава рабочего эталона 2-го разряда (далее - эталон), задать эталону координаты пункта № 1 в заданной системе координат, навести эталон на пункт № 2 и выставить нулевое значение горизонтального угла (угол в плоскости проведения измерений). Определить четыре базисных линии, образованные из пар выбранных контрольных точек в заданной системе координат в соответствии с руководством по эксплуатации на эталон.

10.2.3 Составить план полета с указанием маршрута и направления движения, а также указанием расположения контрольных точек.

10.2.4 Снять эталон с пункта № 1 и установить аппаратуру геодезическую спутниковую Система Ориент (далее - аппаратура) на вышеуказанный пункт № 1 в качестве базовой станции, ввести в базовую станцию координаты этого пункта № 1 (для работы в выбранной условной системе координат). Включить аппаратуру в режиме сбора данных в соответствии с руководством по эксплуатации на аппаратуру.

10.2.5 Привести поверяемую систему в рабочее состояние и выполнить тестирование готовности по встроенным программам в соответствии с указаниями главы 2 РЭ. Проконтролировать климатические условия на месте проведения поверки при помощи измерителя влажности и температуры ИВТМ-7.

10.2.6 Выполнить полет по составленному ранее маршруту со сканированием контрольных точек полевого стенда не менее 10 раз ($j \geq 10$) на высотах соответствующих всему диапазону сканирования, в том числе на высотах, соответствующих минимальному и максимальному расстоянию сканирования со скоростью 50, 150, 300 км/ч.

10.2.7 После завершения движения по маршруту произвести передачу результатов измерений необработанных данных, полученных системой и аппаратурой в персональный компьютер.

10.2.8 Выполнить обработку данных, полученных в результате сканирования системой в созданной условной системе координат с использованием программ обработки фирмы-изготовителя в соответствии с указаниями главы 3 РЭ, и получить координаты контрольных точек тестового полигона.

10.2.9 Расстояние между k – ми парами контрольных точек определить по формуле (5):

$$S_{kj} = \sqrt{(X1_{ijob} - X2_{ijob})^2 + (Y1_{ijob} - Y2_{ijob})^2 + (H1_{ijob} - H2_{ijob})^2}, \quad (5)$$

где: $X1_{ijob}$, $Y1_{ijob}$, $H1_{ijob}$, $X2_{ijob}$, $Y2_{ijob}$, $H2_{ijob}$ – координаты, полученные из обработки сканирования на i – той контрольной точке на j – ом пролете для k – той пары контрольных точек.

10.2.10 Систематическую погрешность измерений расстояний между точками земной поверхности для k – х пар контрольных точек определить по формуле (6):

$$M_{S_k} = \frac{\sum_{j=1}^n (S_{kj} - S_{ист_k})}{n}, \quad (6)$$

где: $S_{ист_k}$ – расстояние между точками земной поверхности, измеренное тахеометром.

Среднее квадратическое отклонение измерений расстояний между точками земной поверхности для k – х пар контрольных точек определить по формуле (7):

$$\sigma_{S_k} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (S_{kj} - \bar{S}_{kj})^2}{n-1}}, \quad (7)$$

где: $\bar{S}_{kj} = \frac{\sum_{j=1}^n S_{kj}}{n}$ – среднее арифметическое значение измерений расстояний между точками земной поверхности для k – х пар контрольных точек.

10.2.11 Определить доверительные границы абсолютной погрешности измерений расстояний между точками земной поверхности (при доверительной вероятности 0,67) для k – х пар контрольных точек по формуле (8):

$$S_k = \pm(|M_{S_k}| + \sigma_{S_k}), \quad (8)$$

10.2.12 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне измерений расстояний между точками земной поверхности от 30 до 1800 м значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений расстояний (при доверительной вероятности 0,67) находятся в границах ± 20 мм.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Сведения о результатах поверки систем передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений, предусмотренным частью 3 статьи 20 Федерального закона № 102-ФЗ.

11.2 По заявлению владельца систем или лица, представившего их на поверку, положительные результаты поверки оформляют записью в паспорте, удостоверенной подписью поверителя и нанесением знака поверки или выдают свидетельство о поверке по установленной форме, соответствующей действующему законодательству.

11.3 По заявлению владельца систем или лица, представившего их на поверку, в случае отрицательных результатов поверки, выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

Начальник отделения НИО-8
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.М. Каверин

Заместитель начальника отделения
по научной работе НИО-8
ФГУП «ВНИИФТРИ»



И.С. Сильвестров

Начальник отдела № 83
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.В. Мазуркевич