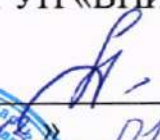


СОГЛАСОВАНО

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



 А.Н. Щипунов

01 2025 г.

«ГСИ. Системы воздушного лазерного сканирования АГМ-А3.
Методика поверки»

МП 651-24-031

р.п. Менделеево.

2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика (далее - МП) распространяется на системы воздушного лазерного сканирования АГМ-А3 (далее – системы), изготовленные ООО «АГМ Системы», Россия, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

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 сканирования, м	от 5 до 1640
Доверительные границы абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) ¹⁾ , мм в плане по высоте	$\pm(25+0,3 \cdot 10^{-4} \cdot L)^2$ $\pm(25+0,3 \cdot 10^{-4} \cdot L)^2$
Примечание: ¹⁾ Системы обеспечивают заявленную точность определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (прямоугольной системе координат) при отражательной способности поверхности объекта сканирования более 80%, скоростях транспортного средства до 120 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 воздушного лазерного сканирования и базовой станции. ²⁾ Где L – расстояние до точки сканирования, мм.	

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
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9

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	
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	-	-	10
Определение диапазона сканирования и доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67)	да	да	10.1
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 60 °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 или средним 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 сканирования и 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
	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)
	Средство измерений температуры, давления, влажности, диапазоны измерения влажности от 0% до 99%, температуры от -20 °С до +60 °С, давления от 840 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 воздушного лазерного сканирования АГМ-А3. 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 комплекса 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		
	MsX-control_fw	AGM ScanWorks	AGM PosWorks Web
Идентификационное наименование ПО			
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.0 и выше	5.0 и выше	0.4.18 и выше

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение диапазона сканирования и 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 1640×1640 метров. Определить и замаркировать светоотражающими марками не менее двадцати контрольных точек ($i \geq 20$),

равномерно расположенных по всей площади полевого стенда, 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 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.

10.1.6 Выполнить полет по составленному ранее маршруту со сканированием контрольных точек полевого стенда не менее 10 раз ($n \geq 10$) на высотах соответствующих всему диапазону сканирования, в том числе на высотах, соответствующих минимальному и максимальному расстоянию сканирования со скоростью 1, 20, 60, 120 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 пролете;

$X_{iэт}$, $Y_{iэт}$, $H_{iэт}$ - 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):

$$\begin{aligned}\sigma_{X_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij06} - \overline{X_{ij06}})^2}{n-1}}, \\ \sigma_{Y_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ij06} - \overline{Y_{ij06}})^2}{n-1}}, \\ \sigma_{H_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (H_{ij06} - \overline{H_{ij06}})^2}{n-1}},\end{aligned}\quad (2)$$

где: $\overline{X_{ij06}} = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij06}}{n}$ – среднее арифметическое значение измерений координат точек испытываемой 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 – x контрольных точек в плане и по высоте по формулам (3) и (4):

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

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

10.1.11 Максимальным значением доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) считается максимальное значение доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) испытываемых систем из полученных по формулам (3) и (4).

10.1.12 Для определения диапазона сканирования произвести сканирование контрольных точек на дальности 5 м и 1640 м в неподвижном состоянии систем. Расстояние между точкой установки системы и контрольной точкой проконтролировать тахеометром. Выполнить измерения, произвести передачу результатов полученных измерений в персональный компьютер и произвести обработку данных сканирования согласно п.п. 10.1.8 – 10.1.11.

10.1.13 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне сканирования от 5 до 1640 м, значения доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) находятся в границах $\pm(25+0,3 \cdot 10^{-4} \cdot L)$ мм в плане и по высоте, где L – расстояние до точки сканирования, 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 комплексов 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 комплексов 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