

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика распространяется на системы мобильного сканирования АГМ-МС3.100, АГМ-МС3.101, АГМ-МС3.200, АГМ-МС3.201 (далее – сканеры), изготавливаемые ООО «АГМ Системы», Краснодар, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Не допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин.

Интервал между поверками – один год.

Сканеры предназначены для измерения приращения координат, а также для определения трехмерных координат точек земной поверхности, инженерных объектов и сооружений с борта транспортного средства (автомобильного, пешего, воздушного, в том числе беспилотного).

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки выполнить операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование операции поверки | Номер пункта методики поверки | Проведение операций при: | |
|--|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| 1 Внешний осмотр и опробование | 7.1 | да | да |
| 2 Определение абсолютной погрешности измерений координат точек | 7.2 | да | да |
| 4 Идентификация программного обеспечения (ПО) | 7.3 | да | да |

2.2 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 1 сканер бракуется и направляется в ремонт.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Для поверки применять рабочие эталоны, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

| Номер пункта методики поверки | Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные характеристики средства поверки |
|-------------------------------|--|
| 7.2 | Рабочий эталон 2-го разряда по ГОСТ Р 8.750-2011 – совокупность опорных пунктов в диапазоне от 1 до 30 км с известными значениями координат в системах координат ПЗ-90.11, ГСК-2011, WGS-84: предел допускаемой абсолютной погрешности измерений взаимного положения смежных пунктов в диапазоне длин от 1 до 30 км $(1+1 \cdot 10^{-7} \cdot L)$ мм, где L – расстояние между пунктами в мм; абсолютная погрешность определения координат геодезических пунктов не более 10 мм |
| 7.2 | Эталон длины 1-го разряда по ГОСТ Р 8.750-2011 – тахеометр электронный – СКП измерений расстояний не более $(1+1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм, где D - измеряемое расстояние; Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта № 22 от 19.01.2016 г. - тахеометр электронный, доверительная погрешность (при доверительной вероятности 0,99) составляет от 0,4 до 2,0", СКП измерений расстояний не более $(1+1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм, где D - измеряемое расстояние |

Продолжение таблицы 2

| | |
|----------------------------------|--|
| 7.2 | GNSS-приемник спутниковый геодезический многочастотный SIGMA: доверительные границы абсолютной погрешности определения длины базиса (при доверительной вероятности 0,997) $\pm 3 \cdot (2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм в плане, $\pm 3 \cdot (5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм по высоте; доверительные границы абсолютной погрешности определения координат (при доверительной вероятности 0,997) ± 750 мм в плане, ± 1500 мм по высоте |
| Вспомогательные средства поверки | |
| 7.2 | Геодезические рефлекторные марки DG 3970 weiss фирмы Leica Geosystems или аналогичные им |

3.2 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик сканера с требуемой точностью.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке (знаки поверки).

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей в области пространственных и координатных измерений и изучившие настоящую методику, документацию на сканер и эксплуатационную документацию на используемые средства поверки.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования по технике безопасности, указанные в эксплуатационной документации (ЭД) на используемые средства поверки;
- правила по технике безопасности, действующие на месте поверки;
- правила по технике безопасности при производстве топографо-геодезических работ ПТБ-73 (Изд. «Недра», М., 1973 г.);
- ГОСТ 12.2.007.0-75;
- ГОСТ Р 50377 – 92.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

6.1 Поверка должна проводиться в климатических условиях, соответствующих рабочим условиям применения эталонов и испытываемых сканеров:

- температура окружающего воздуха от минус 10 до плюс 45 °С;
- атмосферное давление от 90 до 100 кПа;
- относительная влажность воздуха до 80 %.

6.2 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность сканеров, эталонов и вспомогательных средств, достаточных для проведения поверки;
- проверить наличие действующих свидетельств о поверке СИ.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр и опробование

7.1.1. При внешнем осмотре сканера установить:

- 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;
- наличие маркировки согласно требованиям ЭД;

7.1.2 Проверить работоспособность сканера при пробном включении тестированием по встроенным программам, установленных в ЭД.

7.1.3 Результаты поверки считать положительными, если тестирование по встроенным программам прошло успешно, результаты внешнего осмотра удовлетворяют п. 7.1.1.

7.2 Определение абсолютной погрешности определения координат точек

При поверке определяют метрологические характеристики сканера с вычислением координат наземных контрольных точек, ранее определённых от опорных базисных пунктов пространственного эталонного полигона эталоном длины 1-го разряда по ГОСТ Р 8.750-2011 – высокоточным тахеометром электронным (далее - эталонный тахеометр).

7.2.1 Поверка сканером, установленного на автомобиле, в процессе проезда по специальным маршрутам

7.2.1.1 Составить план проезда с указанием маршрута и направления движения, а также указанием расположения контрольных меток.

7.2.1.2 Определить координаты контрольных точек от опорных базисных пунктов пространственного эталонного полигона при помощи эталонного тахеометра, установленного на опорный базовый пункт с известными координатами.

7.2.1.3 Установить антенну опорной GNSS-станции над геодезическим пунктом из состава пространственного эталонного полигона с известными координатами, включить станцию в режиме сбора данных на время выполнения проверочного проезда.

7.2.1.4 Привести испытываемый сканер в рабочее состояние и выполнить тестирование готовности по встроенным программам.

7.2.1.5 Выполнить проверочный проезд по специальной схеме движения автомобиля.

7.2.1.6 После завершения проезда перенести на стационарный компьютер необработанные данные, полученные сканером, и данные с опорной GNSS-станции.

7.2.1.7 Выполнить обработку полученных данных с использованием программ изготовителя и получить координаты контрольных точек.

7.2.1.8 По результатам обработки вычислить абсолютную погрешность определения координат контрольных точек полигона по широте, долготе и высоте. Погрешность определить как разность между координатами контрольных точек, определенных с помощью эталонного тахеометра, и координатами этих же точек, полученными из результатов обработки по формулам (1):

$$\begin{aligned}\Delta B &= B_{об} - B_{эт} , \\ \Delta L &= L_{об} - L_{эт} , \\ \Delta H &= H_{об} - H_{эт} ,\end{aligned}\tag{1}$$

где B_t, L_t, H_t – координаты, полученные с помощью эталонного тахеометра;

$B_{об}, L_{об}, H_{об}$ - координаты, полученные сканером;

ΔH - абсолютная погрешность определения координат точек по высоте.

Абсолютную погрешность определения координат точек в плане определить по формуле (2):

$$\Delta_{пл} = \sqrt{(\Delta B)^2 + (\Delta L)^2}\tag{2}$$

7.2.1.9 Повторить операции п.п. 7.2.6 – 7.2.9 при скоростях движения транспортного средства 20, 50, 80 км/ч.

7.2.1.10 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности определения координат точек находятся в границах $\pm(15+1,0 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ мм в плане и $\pm(15+1,0 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ мм по высоте для модификаций сканеров АГМ-МС3.100 и АГМ-МС3.200, и $\pm(15+0,5 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ мм в плане и $\pm(15+0,5 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ мм по высоте для модификаций сканеров АГМ-МС3.101 и АГМ-МС3.201.

7.2.2 Поверка сканером, закрепленного на квадрокоптере, в процессе пролета по специальным маршрутам

7.2.2.1 Выбрать 4 опорных пункта (контрольных точки) из состава эталона, которые условно находятся на разных концах 2-х линий, размещённых относительно друг друга под прямым углом. В результате будут получены курсовые линии $0^\circ - 180^\circ$ (контрольные точки 1, 2) и $90^\circ - 270^\circ$ (контрольные точки 3, 4). Между контрольными точками 1, 2 и 3, 4 вдоль линий $0^\circ - 180^\circ$ и $90^\circ - 270^\circ$ должно находиться ещё от 16 до 30 дополнительных контрольных точек. Длина каждой линии должна быть от 5 до 7 км.

7.2.2.2 При несоблюдении данных требований выполнить создание тестового полигона с помощью эталонного тахеометра и GNSS-приемника спутникового геодезического

многочастотного SIGMA (далее – GNSS-приемник SIGMA) и определить координаты дополнительных контрольных точек в системах координат ПЗ-90.11, ГСК-2011, WGS-84.

7.2.2.3 Для определения координат дополнительных контрольных точек тестового полигона относительно контрольных точек эталона установить два GNSS-приемника SIGMA на курсовой линии 0° - 180° (контрольные точки 1, 2), а два других приемника на курсовой линии 90° - 270° (контрольные точки 3, 4) таким образом, чтобы приемники находились в 10 - 200 м от концов курсовой линии. Длина курсовой линии должна быть от 5 до 7 км.

7.2.2.4 Для точной разбивки, начального ориентирования и определения взаимного положения контрольных точек используется эталонный тахеометр, который устанавливается на пересечении условных линий, проведенных через точки 1, 2 и 3, 4.

7.2.2.5 Далее, в соответствии с ЭД, а также исходя из условий наблюдений, выполнить спутниковые измерения с помощью используемых GNSS-приемников SIGMA. Затем провести совместную обработку полученной измерительной информации с использованием точных эфемерид и данных с исходных (базовых) пунктов из пространственного эталонного полигона с помощью специального ПО.

Абсолютная погрешность определения координат дополнительных контрольных точек относительно опорных базовых пунктов не должна превышать 5 мм.

7.2.2.6 С помощью эталонного тахеометра проложить два хода полигонометрии от точки 1 к точке 2 и от точки 3 к точке 4 таким образом, чтобы вдоль курсовых линий 0° - 180° и 90° - 270° были получены координаты дополнительных 16 - 30 контрольных точек с погрешностью относительно точек 1, 2, 3, 4 не более 5 мм.

7.2.2.7 Замаркировать контрольные точки с известными значениями координат рефлекторными марками (не менее 20 точек).

7.2.2.8 Составить план полёта с указанием маршрута и направления движения, а также указанием расположения контрольных точек. Маршрут полёта должен выглядеть следующим образом:

- в направлении курсовой линии 0° на минимальной рабочей высоте;
- в направлении курсовой линии 180° на средних рабочих высотах;
- в направлении курсовой линии 90° на средних рабочих высотах;
- в направлении курсовой линии 270° на максимальной рабочей высоте.

7.2.2.9 Установить сканер на воздушное судно, подключить его к бортовой сети согласно руководству по эксплуатации.

7.2.2.10 Привести сканер в рабочее состояние и выполнить тестирование его готовности по встроенным программам.

7.2.2.11 Произвести полёты по ранее выбранным маршрутам со сканированием контрольных точек земной поверхности в диапазоне заявленных высот. Произвести не менее 10 полётов.

7.2.2.12 После завершения полётов перенести в базовый компьютер необработанные данные, полученные сканером.

7.2.3 Выполнить обработку полученных данных с использованием программ изготовителя и получить набор измеренных данных по каждой координате.

7.2.3.1 Абсолютную погрешность определения координат точек земной поверхности поверяемого сканера вычислить как разность между координатами контрольных точек, полученных из результатов обработки сканирования, и эталонными координатами этих же контрольных точек по формулам (3):

$$\begin{aligned} \Delta B_i &= B_{iоб} - B_{iэм} \quad , \\ \Delta L_i &= L_{iоб} - L_{iэм} \quad , \\ \Delta H_i &= H_{iоб} - H_{iэм} \quad , \end{aligned} \quad (3)$$

где $B_{iоб}$, $L_{iоб}$, $H_{iоб}$ – координаты точек, полученные из обработки сканирования на i – ой контрольной точке с помощью испытуемого сканера;

$B_{iэм}$, $L_{iэм}$, $H_{iэм}$ – эталонные координаты точек.

7.2.3.2 Перевести значения абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в плане (широты и долготы) из угловых секунд в метры по формулам (4):

- для широты:

$$\Delta B_i(\text{м}) = \text{arcl}'' \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B_i)^3}} \cdot \Delta B_i(\text{угл. с.}) , \quad (4)$$

- для долготы: (4)

$$\Delta L_i(\text{м}) = \text{arcl}'' \frac{a(1-e^2) \cos B_i}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B_i)^3}} \cdot \Delta L_i(\text{угл. с.}) , \quad (5)$$

где a – большая полуось эллипсоида, м;

e – первый эксцентриситет эллипсоида;

$l'' = 0,000004848136811095359933$ радиан ($\text{arc } l''$).

7.2.3.3 Определить по полученным данным относительное положение пунктов в плане по формуле (6):

$$\Delta \text{пл. } i = \sqrt{(\Delta B_i)^2 + (\Delta L_i)^2}. \quad (6)$$

7.2.3.4 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности определения координат точек находятся в границах $\pm(15+1,0 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ мм в плане и $\pm(15+1,0 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ мм по высоте для модификаций сканеров АГМ-МС3.100 и АГМ-МС3.200, и $\pm(15+0,5 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ мм в плане и $\pm(15+0,5 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ мм по высоте для модификаций сканеров АГМ-МС3.101 и АГМ-МС3.201.

7.4 Идентификация ПО

7.4.1 Идентификационное наименование и идентификационный номер ПО получить при подключении сканера 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 3.

Таблица 3

| Идентификационные данные (признаки) | Значение | | |
|---|-----------------------------------|------------|---------------|
| | Идентификационное наименование ПО | ms7_fw | AGM ScanWorks |
| Номер версии (идентификационный номер ПО) | 2.0 и выше | 4.0 и выше | 8.5 и выше |
| Цифровой идентификатор ПО | - | - | - |

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При положительных результатах поверки сканеров выдается свидетельство установленной формы.

8.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

8.3 В случае отрицательных результатов поверки сканер к дальнейшему применению не допускается. На него выдается извещение о его непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования.

Заместитель начальника НИО-8 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник отдела № 83 ФГУП «ВНИИФТРИ»

И.С. Сильвестров

А.В. Мазуркевич