

УТВЕРЖДАЮ

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

  
\_\_\_\_\_ А.Н. Щегунов  
« 14 » \_\_\_\_\_ 06 2019  


Системы лазерные координатно-измерительные сканирующие авиационные  
Leica TerrainMapper-L, Leica TerrainMapper-LN, Leica TerrainMapper-O

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

651-19-021 МП

р. п. Менделеево

2019 г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика распространяется на системы лазерные координатно-измерительные сканирующие авиационные Leica TerrainMapper-L, Leica TerrainMapper-LN, Leica TerrainMapper-O (далее - сканеры), изготовленные фирмой «Leica Geosystems AG», Швейцария, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – один год.

## 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	7.1	да	да
2 Опробование, проверка работоспособности функциональных режимов	7.2	да	да
3 Определение абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат	7.3	да	да
4 Определение СКО определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат	7.4	да	да
5 Идентификация программного обеспечения	7.5	да	да

Поверка сканеров осуществляется в полном объеме. Не допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин.

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки. Разряд по Государственной поверочной схеме. Основные метрологические характеристики	Номер пункта методики поверки
Рабочий эталон 1-го разряда – эталонные комплекты СИ приращений координат в диапазоне длин от 1 до 50 км по Государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений в соответствии с Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2831 от 29.12.2018 "Об утверждении Государственной поверочной схемы для координатно-временных измерений" с известными значениями координат в системах координат ПЗ-90.11, ГСК-2011, WGS-84, предел абсолютной допускаемой погрешности измерений взаимного положения смежных пунктов $(1+5 \cdot 10^{-7} \cdot L)$ мм, где L – расстояние между пунктами в мм Тахеометр электронный эталонный Leica TM 30, допускаемое СКО измерений углов – 0,5", допускаемое СКО измерений расстояний $(0,6+1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм, регистрационный номер 40890-09 в Федеральном информационном фонде Термогигрометр ИВА-6 регистрационный номер 46434-11 в Федеральном информационном фонде	7.3

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

#### **4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ**

4.1 К проведению поверки сканеров допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим образованием, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке, имеющий право на поверку (аттестованный в качестве поверителей).

#### **5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

5.1 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».

#### **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 0 до 40° С (для Leica TerrainMapper-L и Leica TerrainMapper-LN) и от -10 до 40° С (Leica TerrainMapper-O);
- атмосферное давление от 90 до 100 кПа;
- относительная влажность воздуха до 80 %.

6.2 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность сканеров, в соответствии с ЭД;
- проверить наличие действующих свидетельств о поверке СИ;
- сканеры и средства поверки должны быть выдержаны при нормальных условиях не менее 1 ч.

#### **7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

##### **7.1 Внешний осмотр**

7.1.1 При внешнем осмотре сканеров установить:

- комплектность сканера и наличие маркировки (заводской номер, тип) путём сличения с ЭД на сканеры, 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);
- наличие и исправность съёмных накопителей измерительной информации или управляющего ПЭВМ (в соответствии с ЭД);

Если перечисленные требования не выполняются, сканеры признают негодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

7.1.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты внешнего осмотра удовлетворяют п. 7.1.1.

##### **7.2 Опробование**

7.2.1 При опробовании должно быть установлено соответствие сканеров следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов;
- плавность и равномерность движения подвижных частей;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность сканеров во всех функциональных режимах;

Если перечисленные требования не выполняются, сканеры признают негодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

7.2.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты опробования удовлетворяют п. 7.2.1.

### **7.3 Определение абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат**

7.3.1 Абсолютная погрешность определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат определяется на рабочем эталоне 1-го разряда – эталонных комплектах СИ приращений координат в диапазоне длин от 1 до 50 км с известными значениями координат в системах координат ПЗ-90.11, ГСК-2011, WGS-84 (далее – эталон).

7.3.2 Выбрать 4 опорных пункта (контрольных точки) из состава эталона, которые находятся на разных концах 2-х линий, размещённых относительно друг друга под прямым углом. В результате получить 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  $90^\circ - 270^\circ$  необходимо определить (выбрать) ещё 16-30 дополнительных контрольных точек. Длина каждой линии должна быть 5-7 км.

7.3.3 При невозможности выбора опорных пунктов, обеспечивающих выполнение требований п.7.3.2, выполнить создание тестового полигона с помощью тахеометра электронного эталонного, например Leica TM 30 (далее -тахеометр), и GNSS-приемников, входящих в состав эталона, и определить координаты дополнительных контрольных точек в системах координат ПЗ-90.11, ГСК-2011, WGS-84. Для этого установить тахеометр на штатив, выбрать первую контрольную точку, расстояние до которой 2,5-3,5 км, установить на ней GNSS-приемник, развернуть тахеометр на  $90^\circ$ , выбрать вторую контрольную точку, расстояние до которой 2,5-3,5 км установить на ней GNSS-приемник, и т.д. с шагом  $90^\circ$  создать 4 контрольных точки. Для контроля повторно измерить горизонтальные углы между точками 1, 2, 3, 4. При этом отклонение углов от  $90^\circ$  не должно превышать угловой точности тахеометра (в данном случае 0,5 угл. сек.).

7.3.4 Далее, в соответствии с ЭД на эталон выполняются спутниковые измерения с помощью используемых GNSS-приемников, проводится совместная обработка полученной измерительной информации, с использованием точных эфемерид и данных с исходных (базовых) пунктов из состава эталона.

7.3.5 С помощью тахеометра прокладываются два хода полигонометрии от точки 1 к точке 2 и от точки 3 к точке 4 таким образом, чтобы вдоль курсовых линий  $0^\circ - 180^\circ$  и  $90^\circ - 270^\circ$  были получены координаты 16 - 30 дополнительных контрольных точек любым доступным методом (например линейно-угловой засечкой) с погрешностью относительно точек 1, 2, 3, 4 не более 5 мм.

7.3.6 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  $0^\circ$  на минимальной рабочей высоте;
- в направлении курсовой линии  $180^\circ$  на средних рабочих высотах;
- в направлении курсовой линии  $90^\circ$  на средних рабочих высотах;
- в направлении курсовой линии  $270^\circ$  на максимальной рабочей высоте.

7.3.8 Установить сканер на воздушное судно, подключить его к бортовой сети согласно ЭД.

7.3.9 Привести сканер в рабочее состояние и выполнить тестирование готовности по встроенным программам согласно ЭД. Инициализировать работу сканера в системе координат тестового полигона согласно ЭД.

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

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

7.3.12 Выполнить обработку полученных данных с использованием программ фирмы изготовителя и получить координаты всех точек тестового полигона.

7.3.13 Абсолютную погрешность определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат испытуемого сканера (в сферических координатах) вычислить, как разность между координатами контрольных и дополнительных точек калибровочного полигона с координатами этих же точек, полученными при сканировании по формулам (1):

$$\begin{aligned}\Delta B_{ij} &= B_{ij_{об}} - B_{i_{эм}} \\ \Delta L_{ij} &= L_{ij_{об}} - L_{i_{эм}} \\ \Delta H_{ij} &= H_{ij_{об}} - H_{i_{эм}},\end{aligned}\quad (1)$$

где:  $B_{ij_{об}}$ ,  $L_{ij_{об}}$ ,  $H_{ij_{об}}$  - координаты, полученные из обработки сканирования на  $i$  - ой контрольной точке калибровочного полигона на  $j$  - ом пролете;

$B_{i_{эм}}$ ,  $L_{i_{эм}}$ ,  $H_{i_{эм}}$  - координаты калибровочного полигона на  $i$  - ой контрольной точке.

7.3.14 Перевести значения абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в плане (широты и долготы) из угловых секунд в метры по формулам (2):

- для широты:

$$\Delta B(M) = \text{arc}1'' \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}} \cdot \Delta B(c),$$

- для долготы:

$$\Delta L(M) = \text{arc}1'' \frac{a(1-e^2)\cos B}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}} \cdot \Delta L(c),$$

где:  $a$  - большая полуось эллипсоида, м;

$e$  - первый эксцентриситет эллипсоида;

$1'' = 0,000004848136811095359933$  радиан ( $\text{arc}1''$ ).

7.4.3 Определить по полученным данным абсолютную погрешность координат пунктов в плане на  $i$  - ой контрольной точке калибровочного полигона на  $j$  - ом пролете по формуле (3):

$$\Delta_{пл. ij} = \sqrt{(\Delta B_{ij})^2 + (\Delta L_{ij})^2}, \quad (3)$$

Абсолютную погрешность определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат испытуемого сканера на вычислить по формулам (4):

- для высоты:

$$D_{H_i} = \left( \frac{\sum_{j=1}^n \Delta H_{ij}}{n} \right), \quad (4)$$

- в плане:

$$D_{пл_i} = \left( \frac{\sum_{j=1}^n \Delta_{пл. ij}}{n} \right),$$

где:  $n$  - количество контрольных точек.

7.3.15 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат находятся в пределах: для Leica TerrainMapper-L и Leica TerrainMapper-LN на высоте от 300 м до 1000 м включительно  $\pm 0,23$  м в плане и  $\pm 0,16$  м по высоте, на высоте свыше 1000 м до 5500 м  $\pm 1,06$  м в плане и  $\pm 0,45$  м по высоте; для Leica TerrainMapper-O на высоте от 300 м до 1000 м включительно  $\pm 0,23$  м в плане и  $\pm 0,16$  м по высоте, на высоте свыше 1000 м до 4500 м  $\pm 0,86$  м в плане и  $\pm 0,35$  м по высоте.

**7.4 Определение среднего квадратического отклонения определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат**

7.4.1 По результатам обработки по п. 7.3 вычислить среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) определения координат контрольных точек земной поверхности по формуле (5):

$$S_{Bi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{ij_{06}} - \bar{B}_i)^2}{(n-1)}}, \quad (5)$$

где:  $\bar{B}_i$  - среднее арифметическое значение координат контрольной точки, вычисляемое по формуле (6):

$$\bar{B}_i = \frac{\sum_{j=1}^n B_{ij_{06}}}{n}, \quad (6)$$

Аналогичным образом рассчитать СКО определения координат контрольных точек земной поверхности для координат L, H.

7.4.2 Определить по полученным данным СКО определения координат контрольных точек в плане по формуле (7):

$$\Delta B_{пл.} = \sqrt{(S_{Bi})^2 + (S_{Li})^2}, \quad (7)$$

7.4.2 Результаты поверки считать положительными, если значения СКО измерения координат точек земной поверхности в заданной системе координат, не более: для Leica TerrainMapper-L и Leica TerrainMapper-LN на высоте от 300 м до 1000 м включительно 0,13 м в плане и 0,09 м по высоте, на высоте свыше 1000 м до 5500 м 0,59 м в плане и 0,25 м по высоте; для Leica TerrainMapper-O на высоте от 300 м до 1000 м включительно 0,13 м в плане и 0,09 м по высоте, на высоте свыше 1000 м до 4500 м 0,48 м в плане и 0,20 м по высоте.

## 7.5 Идентификация программного обеспечения

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

7.5.2 Результаты занести в протокол.

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	FlighPro.dat
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 5.3.2

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При положительных результатах поверки, сканер признается годным к применению и на него выдается свидетельство о поверке установленной формы. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки и / или поверительного клейма.

8.2 При отрицательных результатах поверки сканер признается не пригодным к применению и на него выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием причин непригодности.

Заместитель начальника НИО-8



И.С. Сильвестров

Начальник отдела № 83

А.В. Мазуркевич