

СОГЛАСОВАНО

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



*[Signature]* А.Н. Щипунов

» *09* 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Системы лазерные координатно-измерительные сканирующие авиационные  
Leica

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

651-21-056 МП

р.п. Менделеево.

2021 г.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на системы лазерные координатно-измерительные сканирующие авиационные Leica (далее – сканеры), изготавливаемые «Leica Geosystems AG», Швейцария, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Прослеживаемость к Государственному первичному специальному эталону единицы длины ГЭТ 199-2018 по государственной поверочной схеме для координатно-временных измерений, утвержденной приказом Росстандарта № 2831 от 29 декабря 2018 г., обеспечена.

Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.2 Объем первичной и периодической поверок приведен в таблице 1.

1.3 Интервал между поверками – один год.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Операции проведения поверки

Наименование операции поверки	Номер раздела методики поверки	Проведение операций при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр средства измерений	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 средств измерений	10		
4.1 Определение абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат	10.1	да	да
4.2 Определение СКО определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат	10.2	да	да

2.2 Поверка сканеров осуществляется аккредитованными в установленном порядке юридическими лицами и индивидуальные предприниматели.

2.3 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или отдельных автономных блоков или меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2.4 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 1, поверка прекращается и сканеры признаются непригодными к применению.

## 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверка должна проводиться в климатических условиях, соответствующих рабочим условиям применения эталонов и поверяемых сканеров:

- температура окружающего воздуха от минус 10 до плюс 35 °С в полевых условиях;
- атмосферное давление от 90 до 100 кПа;
- относительная влажность воздуха до 80 %.

3.2 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность сканеров, в соответствии с эксплуатационной документацией (далее – ЭД);
- проверить наличие действующих свидетельств о поверке средств измерений;
- сканеры 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 сканеры 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 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пунктов методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
10.1, 10.2	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 Росстандарта № 2831 от 29.12.2018 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для координатно-временных измерений», предел абсолютной допускаемой погрешности измерений взаимного положения смежных пунктов $(1+5 \cdot 10^{-7} \cdot L)$ мм, где L – расстояние между пунктами в [мм]
10.1, 10.2	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, рег. № 40890-09 в Федеральном информационном фонде (далее – ФИФ)
10.1, 10.2	Термогигрометр ИВА-6, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ °С; пределы допускаемой абсолютной погрешности влажности $\pm 2$ %, рег. № 46434-11 в ФИФ

5.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемых сканеров с требуемой точностью.

5.3 Применяемые при поверке средства измерений должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке или оттиск поверительного клейма на приборе или в технической документации.

#### 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 сканеров установить:

- комплектность сканеров 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;



- наличие и исправность съёмных накопителей измерительной информации или управляющего ПЭВМ (в соответствии с ЭД);

- отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики.

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

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

## **8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

### **8.1 Подготовка к поверке**

8.1.1 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность сканеров, в соответствии с ЭД;

- проверить наличие действующих свидетельств о поверке средств измерений;

- сканеры и средства поверки должны быть выдержаны при нормальных условиях не менее 1 ч.

### **8.2 Опробование**

8.2.1 При опробовании установить 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 тахеометра с использованием всех функциональных режимов;

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

8.2.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты опробования и проверки работоспособности удовлетворяют п. 8.2.1.

## **9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

9.1 Идентификационное наименование и идентификационный номер программного обеспечения (далее – ПО) получить при подключении тахеометра 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	HxMap
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 3.5	не ниже 5.4.8
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	C8B0F1A0E5822E084 5FDDCA701DA68C4	A8FADFEB5650B16A 3942FB56CD1329C6
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	MD5	MD5

## **10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

10.1 Определение абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат

10.1.1 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 (далее – эталон).

10.1.2 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.

10.1.3 При невозможности выбора опорных пунктов, обеспечивающих выполнение требований п. 10.1.2, выполнить создание тестового полигона (далее - полигон) с помощью тахеометра электронного эталонного, например Leica TM 30 (далее - тахеометр), и GNSS-приемников, входящих в состав эталона, и определить координаты дополнительных контрольных точек. 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 и 4. При этом отклонение углов от  $90^\circ$  не должно превышать угловой точности тахеометра (в данном случае  $0,5''$ ).

10.1.4 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.

10.1.5 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 с погрешностью относительно точек 1, 2, 3 и 4 не более 5 мм.

10.1.6 Составить план полета с указанием маршрута, направления движения, значения проектируемого продольного и поперечного перекрытий лазерного сканирования, в соответствии с РЭ, 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.

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

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

10.1.9 Произвести пролеты по ранее выбранным маршрутам со сканированием контрольных точек земной поверхности в диапазоне заявленных высот, в том числе на минимальной и максимальной высотах диапазона. Произвести не менее 10 полетов для каждого диапазона рабочих высот.

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

10.1.11 Выполнить обработку полученных данных с использованием программ изготовителя и получить координаты всех точек полигона.

10.1.12 Определить разность между координатами контрольных и дополнительных точек полигона с координатами этих же точек в эллипсоидальной системе координат, полученными при сканировании по формулам (1):

$$\begin{aligned}\Delta B_{ij} &= B_{ij_{\text{ОБ}}} - B_{i_{\text{ЭТ}}}, \\ \Delta L_{ij} &= L_{ij_{\text{ОБ}}} - L_{i_{\text{ЭТ}}}, \\ \Delta H_{ij} &= H_{ij_{\text{ОБ}}} - H_{i_{\text{ЭТ}}}.\end{aligned}\tag{1}$$

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

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

10.1.13 Перевести значения абсолютной погрешности определения координат в плане (широты и долготы) из угловых секунд в метры по формулам (2) и (3):

- для широты:

$$\Delta X_{ij} = \frac{\Delta B_{ij} \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{iЭТ})^3}}, \quad (2)$$

- для долготы:

$$\Delta Y_{ij} = \frac{\Delta L_{ij} \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot \cos B_{iЭТ}}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{iЭТ}}}. \quad (3)$$

где  $a$  - большая полуось эллипсоида, м;

$e$  - первый эксцентриситет эллипсоида;

$B_{iЭТ}$  - широта контрольной точки полигона, градус.

10.1.14 Определить по полученным данным абсолютную погрешность определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат в плане (расчет погрешности проводить отдельно для диапазона высот от 300 м до 1000 м включительно и диапазона высот свыше 1000 м до 5500 м) по формуле (4):

$$\Delta_{XYij} = \sqrt{(\Delta X_{ij}^2 + \Delta Y_{ij}^2)}. \quad (4)$$

10.1.15 Максимальные значения абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат считаются значениями абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат проверяемых сканеров.

10.1.16 Результаты проверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат находятся в пределах: 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.

10.2 Определение СКО определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат

10.2.1 По результатам измерений вычислить разность значений широты, долготы и высоты для каждой  $i$  - ой контрольной точки полигона от среднего арифметического значения широты и долготы контрольной точки по формулам (5):

$$\begin{aligned} \Delta_{Bij} &= B_{ijOB} - \overline{B_i}, \\ \Delta_{Lij} &= L_{ijOB} - \overline{L_i}, \\ \Delta_{Hij} &= H_{ijOB} - \overline{H_i}. \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\overline{B_i}$ ,  $\overline{L_i}$  и  $\overline{H_i}$  - среднее арифметическое значение широты, долготы и высоты контрольной точки, вычисляемое по формулам (6):



$$\begin{aligned}\overline{B}_i &= \frac{\sum_{j=1}^n B_{ij\text{ОБ}}}{n}, \\ \overline{L}_i &= \frac{\sum_{j=1}^n L_{ij\text{ОБ}}}{n}, \\ \overline{H}_i &= \frac{\sum_{j=1}^n H_{ij\text{ОБ}}}{n}.\end{aligned}\quad (6)$$

10.2.2 Перевести полученные разности значений широты и долготы для каждой  $i$ -ой контрольной точки полигона от среднего арифметического значения широты и долготы контрольной точки из угловых секунд в метры по формулам (7) и (8):

- для широты:

$$\Delta X_{ij} = \frac{\Delta B_i \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2 \overline{B}_i)^3}}, \quad (7)$$

- для долготы:

$$\Delta Y_{ij} = \frac{\Delta L_i \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot \cos \overline{B}_i}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 \overline{B}_i}}. \quad (8)$$

10.2.3 По результатам обработки по п. 10.2.1 и п. 10.2.2 вычислить СКО широты, долготы и высоты контрольных точек земной поверхности (расчет погрешности проводить отдельно для диапазона высот от 300 м до 1000 м включительно и диапазона высот свыше 1000 м до 5500 м) по формулам (9):

$$\begin{aligned}S_{X_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\Delta X_{ij})^2}{(n-1)}}, \\ S_{Y_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\Delta Y_{ij})^2}{(n-1)}}, \\ S_{H_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\Delta H_{ij})^2}{(n-1)}}.\end{aligned}\quad (9)$$

10.2.4 Определить по полученным данным СКО в плане по формуле (10):

$$S_{XY_i} = \sqrt{S_{X_i}^2 + S_{Y_i}^2}. \quad (10)$$

10.2.5 Результаты поверки считать положительными, если значения СКО измерения координат точек земной поверхности в заданной системе координат, не более: на высоте от 300 м до 1000 м включительно  $\pm 0,13$  м в плане и  $\pm 0,09$  м по высоте, на высоте свыше 1000 м до 5500 м  $\pm 0,59$  м в плане и  $\pm 0,25$  м по высоте.

## 11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Полученные при поверке сканеров значения абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат находятся в допустимых пределах, приведенных в п. 10.1.16.

11.2 Полученные при поверке сканеров значения СКО определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат находятся в допустимых пределах, приведенных в п. 10.2.5.

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки сканеров подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в ФИФ. По заявлению владельца сканеров или лица, представившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке и (или) в паспорт сканеров вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

12.2 Результаты поверки оформить в соответствии с приказом № 2510 от 31.07.2020 г. Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Начальник отделения НИО-8  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.М. Каверин

Заместитель начальника НИО-8  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

И.С. Сильвестров

Начальник отдела № 83  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.В. Мазуркевич