

УТВЕРЖДАЮ

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

  
« 18 » 07 2017 г.  
А.Н. Шипунов



Системы лазерные координатно-измерительные сканирующие авиационные  
Leica ALS80-CM, Leica ALS80-HP, Leica ALS80-UP

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

Leica ALS80-CM, Leica ALS80-HP, Leica ALS80-UP. 001 МП

р. п. Менделеево

2017 г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика распространяется на системы лазерные координатно-измерительные сканирующие авиационные Leica ALS80-CM, Leica ALS80-HP, Leica ALS80-UP (далее – сканеры), изготавливаемые фирмой «Leica Geosystems AG», Швейцария, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – один год.

При разработке настоящей методики использованы рекомендации международных стандартов, относящихся к сфере поверки геодезических инструментов:

1. ГОСТ Р ИСО 17123-4-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 4. Светодальномеры (приборы EDM)»;

2. ГОСТ Р ИСО 17123-5-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 5. Электронные тахеометры».

Сканеры лазерные авиационные предназначены для измерения длин линий и приращений координат относительно борта авиационного носителя. В дальнейшем по этим измерительным данным с использованием специального программно-математического обеспечения строится координированная в заданной системе координат, трехмерная модель местности. Сканеры лазерные авиационные применяются при выполнении кадастровых и землеустроительных работ, а также при создании и обновлении государственных топографических карт и планов в графической, цифровой, фотографической и иных формах.

## 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	7.2	да	да
3 Определение координат точек земной поверхности в заданной системе координат	7.3	да	да
4 Вычисление абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат	7.4	да	да
5 Вычисление среднего квадратического отклонения определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат	7.5	да	да
6 Идентификация программного обеспечения	7.6	да	да

## 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
Эталон 2-го разряда – 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 абсолютной допускаемой погрешности измерений взаимного положения смежных пунктов в диапазоне длин от 1 до 30 км	7.3

( $1+1\cdot 10^{-7}\cdot L$ ) мм, где $L$ – расстояние между пунктами в мм; Абсолютная погрешность определения координат геодезических пунктов 10 мм.	
Тахеометр электронный эталонный Leica TM 30. Допускаемое среднее квадратическое отклонение измерений углов 0,5"; Допускаемое среднее квадратическое отклонение измерений расстояний $0,6+1\cdot 10^{-6}\cdot D$ мм.	7.3
Аппаратура геодезическая спутниковая «EFT S1 GNSS». 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) $\pm 750$ мм в плане, $\pm 1500$ по высоте.	7.3
Геодезические рефлекторные марки DG 3970 weiss фирмы Leica Geosystems или аналогичные им.	7.3

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

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

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

4.1 К проведению поверки допускаются лица с высшим или среднетехническим образованием, аттестованные в качестве поверителей в области пространственных и координатных измерений и изучившие настоящую методику, документацию на сканеры 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 (далее - ЭД) на используемые средства поверки;
- правила по технике безопасности, действующие на месте поверки;
- правила по технике безопасности при производстве топографо-геодезических работ ПТБ-88 (Изд. «Недра», М., 1988 г.);
- 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 35 °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, в соответствии с ЭД;
- проверить наличие действующих свидетельств о поверке СИ;
- проверить согласование маршрутов полета и время их выполнения.

#### **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 систему, наличие поясняющих надписей;
- исправность переключателей, работу подсветок, исправность разъемов и внешних соединительных кабелей (при наличии);
- качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- наличие и исправность съёмных накопителей измерительной информации (если они конструктивно предусмотрены) 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 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:

- работоспособность сканеров с использованием всех функциональных режимов;
- дискретность отсчетов измерений должна соответствовать значениям, указанным в ЭД.

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 координат точек земной поверхности в заданной системе координат**

7.3.1 Определение координат точек земной поверхности выполнять с помощью эталона 2-го разряда – совокупности опорных пунктов в диапазоне от 1 до 30 км с известными значениями координат в системах координат ПЗ-90.11, ГСК-2011, WGS-84 (далее – эталона).

7.3.2 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 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 16-30 дополнительных контрольных точек. Длина каждой линии должна быть 5-7 км.

7.3.3 При несоблюдении данных требований выполнить создание тестового полигона с помощью тахеометра электронного эталонного Leica TM 30 и аппаратуры геодезической спутниковой «EFT S1 GNSS» и определить координаты дополнительных контрольных точек в системах координат ПЗ-90.11, ГСК-2011, WGS-84;

7.3.3.1 Для определения координат дополнительных контрольных точек тестового полигона относительно контрольных точек эталона установить два GNSS приемника на курсовой линии  $0^\circ - 180^\circ$  (контрольные точки 1, 2), а два других приемника на курсовой линии  $90^\circ - 270^\circ$  (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.

7.3.3.2 Для точной разбивки, начального ориентирования и определения взаимного положения контрольных точек используется тахеометр электронный эталонный Leica TM 30, который устанавливается на пересечении условных линий, проведённых через точки 1, 2 и 3, 4.

7.3.3.3 Далее, в соответствии с ЭД, а также исходя из условий наблюдений, выполняются спутниковые измерения с помощью используемых GNSS приемников. Затем проводится совместная обработка полученной измерительной информации, с использованием точных эфемерид и данных с исходных (базовых) пунктов из состава эталона 2-го разряда с помощью специального программного обеспечения.

Абсолютная погрешность определения координат дополнительных контрольных точек относительно опорных базовых пунктов не должна превышать 5-10 мм.

7.3.3.4 С помощью тахеометра электронного эталонного Leica TM 30 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 дополнительных 16 - 30 контрольных точек с погрешностью относительно точек 1, 2, 3, 4 не более 5 мм.

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

7.3.5 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.

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

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

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

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

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

#### 7.4 Вычисление абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат

7.4.1 Абсолютная погрешность определения координат точек земной поверхности поверяемого СИ вычисляется, как разность между координатами контрольных точек, полученных из результатов обработки сканирования и эталонными координатами этих же контрольных точек по формулам (1):

$$\begin{aligned} \Delta B_i &= B_{i_{об}} - B_{i_{эм}} \\ \Delta L_i &= L_{i_{об}} - L_{i_{эм}} \\ \Delta H_i &= H_{i_{об}} - H_{i_{эм}} \end{aligned} \quad (1)$$

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

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

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

- для широты:

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

- для долготы:

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

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

$e$  – первый эксцентриситет эллипсоида;

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

7.4.3 Определить по полученным данным относительное положение пунктов в плане по формуле (3):

$$\Delta_{пл. i} = \sqrt{(\Delta B_i)^2 + (\Delta L_i)^2}, \quad (3)$$

7.4.4 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат находятся в границах: для Leica ALS80-СМ на высоте от 100 до 800 м  $\pm 0,18$  м в плане и  $\pm 0,14$

м по высоте, на высоте от 800 до 1600 м ±0,34 м в плане и ±0,18 м по высоте; для Leica ALS80-HP на высоте от 100 до 1600 м ±0,41 м в плане и ±0,21 м по высоте, на высоте от 1600 до 3500 м ±0,74 м в плане и ±0,36 м по высоте; для Leica ALS80-UP на высоте от 100 до 2500 м ±0,52 м в плане и ±0,32 м по высоте, на высоте от 2500 до 5000 м ±1,04 м в плане и ±0,47 м по высоте.

7.4.5 Результаты испытаний занести в протокол.

## 7.5 Вычисление среднего квадратического отклонения определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат

7.5.1 По результатам обработки вычислить среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) определения координат контрольных точек земной поверхности поверяемого СИ в плане по формуле (4):

$$S_{\Delta_{пл.i}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_{пл.i})^2}{(n-1)}}, \quad (4)$$

где:  $\Delta_{пл.i}$  – значение координат, полученное на  $i$  – ой контрольной точке с помощью испытываемого сканера;

$i$  – номер измерения;

$n$  – количество измерений, выполненных с помощью сканера на контрольной точке.

Значение СКО определения высот точек земной поверхности поверяемого СИ определить по формуле (5):

$$S_{\Delta H_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta H_i)^2}{(n-1)}}, \quad (5)$$

где:  $\Delta H_i$  – абсолютная погрешность определения высот точек, полученная на  $i$  – ой контрольной точке с помощью испытываемого сканера;

$i$  – номер измерения;

$n$  – количество измерений, выполненных с помощью сканера на контрольной точке.

7.5.2 Результаты испытаний считать положительными, если значения СКО определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат на высоте от 100 до 800 м не более 0,10 м в плане и 0,08 м по высоте и от 800 до 1600 м не более 0,23 м в плане и 0,12 м по высоте для Leica ALS80-CM; от 100 до 1600 м не более 0,23 м в плане и 0,12 м по высоте и от 1600 до 3500 м не более 0,41 м в плане и 0,20 м по высоте для Leica ALS80-HP; от 100 до 2500 м не более 0,29 м в плане и 0,18 по высоте и от 2500 до 5000 не более 0,58 м в плане и 0,26 м по высоте для Leica ALS80-UP.

7.5.3 Результаты испытаний занести в протокол.

## 7.6 Идентификация программного обеспечения

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

7.6.2 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
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже 4.54
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 сканеры к дальнейшему применению не допускается. На нее выдается извещение о его непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования.

Заместитель начальника НИО-8

Начальник отдела № 83



И.С. Сильвестров

А.В. Мазуркевич