

169

УТВЕРЖДАЮ

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



*[Handwritten signature]*

А.Н. Щипунов

«18» 09

2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Тахеометр электронный Leica TS60 I

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

651-20-051 МП

р.п. Менделеево

2020 г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика распространяется на тахеометр электронный Leica TS60 I (далее - тахеометр), зав. номер 885057, изготовленный компанией «Leica Geosystems AG», Швейцария, и устанавливает методы и средства его 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 максимальной абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,9997) | 7.3                           | да                       | да                    |
| 4 Определение максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний                                   | 7.4                           | да                       | да                    |
| 5 Определение максимальной абсолютной погрешности лазерного центра                                       | 7.5                           | да                       | да                    |
| 6 Идентификация программного обеспечения   | 7.6                           | да                       | да                    |

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 1, поверка прекращается и тахеометр бракуется.

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

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

| 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   |
|--------------------------------|--|
| 7.3                            | Государственный рабочий эталон единицы плоского угла 1 разряда в диапазонах от 0° до 360° для горизонтального угла и от 0° до 266° для вертикального угла, границы абсолютной погрешности измерений горизонтального и вертикального углов (при доверительной вероятности 0,99) $\pm 1,5''$ в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной Приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482  |
| 7.4                            | Государственный первичный специальный эталон единицы длины ГЭТ 199-2018: L до 60 м, среднее квадратическое отклонение результата измерений $S = 1,0$ мкм, граница неисключенной систематической погрешности (при доверительной вероятности 0,99) $\theta = 5$ мкм; L от 24 до 3000 м, пределы допускаемого абсолютного среднего квадратического отклонения результата измерений $S \leq 0,03 \dots 0,7$ мм, граница неисключенной систематической погрешности (при доверительной вероятности 0,99) $\theta \pm 0,2$ мм |
| 7.5                            | Линейка измерительная металлическая 1000 мм по ГОСТ 427-75   |

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

3.3 Применяемые при поверке средства измерений 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 средним техническим образованием, аттестованные в качестве поверителей в области геодезических средств измерений и изучившие настоящую методику, документацию на тахеометры 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;
- 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 поверяемого тахеометра:

- температура окружающего воздуха от 15 до 25 °С в лабораторных условиях;
- температура окружающего воздуха от минус 20 до плюс 50 °С в полевых условиях;
- атмосферное давление от 90 до 100 кПа;
- относительная влажность воздуха до 80 %.

6.2 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность тахеометра, в соответствии с ЭД;
- проверить наличие действующих свидетельств о поверке средств измерений;
- тахеометр 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 тахеометра установить:

- комплектность тахеометра и наличие маркировки (заводской номер, тип) путём сличения с ЭД на тахеометр, 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, тахеометр 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. В противном случае тахеометр бракуется, дальнейшие операции поверки не производят.

7.2 Опробование, поверка работоспособности функциональных режимов

7.2.1 При опробовании должно быть установлено соответствие тахеометра 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;
- дискретность отсчетов измерений должна соответствовать значениям, указанным в ЭД.

Если перечисленные требования не выполняются, тахеометр 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 максимальной абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,9997)

7.3.1 Для определения максимальной абсолютной погрешности измерений горизонтальных и вертикальных углов с помощью государственного рабочего эталона единицы плоского угла 1 разряда (далее – установка 1 разряда) в диапазоне значений от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  для горизонтального угла и от минус  $50^\circ$  до плюс  $90^\circ$  для вертикального угла необходимо выполнить следующие операции:

- определить абсолютную погрешность измерений горизонтальных углов поверяемого тахеометра с помощью установки 1 разряда;
- определить абсолютную погрешность измерений вертикальных углов поверяемого тахеометра с помощью установки 1 разряда.

7.3.2 Определение абсолютной погрешности измерений горизонтальных углов тахеометра с помощью установки 1 разряда

Абсолютную погрешность измерений горизонтальных углов тахеометра определяют путем сравнения значений измеренных с его помощью горизонтальных углов с действительными значениями этих углов, заданных установкой 1 разряда в диапазоне от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  с шагом  $60^\circ$ .

Для этого тахеометр установить на поворотный стол электромеханической системы. В соответствии с руководством по эксплуатации тахеометра привести в горизонтальное положение в двух плоскостях с использованием штатных уровней (уровня) тахеометра.

Далее запустить рабочую программу на ПЭВМ из состава установки 1 разряда.

В основном окне программы необходимо активировать вкладку «Вертикальная ось». Задать на установке 1 разряда угол равный  $90^\circ$ , при этом «коромысло» с автоколлиматором займет положение параллельное поворотному столу установки.

Установить зеркало на объектив тахеометра.

Совместить оптическую ось тахеометра с оптической осью автоколлиматора. При этом критерием совмещения осей является появление автоколлимационного изображения марки в окне «Камера» рабочей программы. Точное совмещение производится при помощи кнопок перемещения изображения. Необходимо добиться полного совпадения изображения марки с осью ОУ матрицы.

После настройки взаимного положения визирной оси тахеометра и поворотного «коромысла» эталона установить лимб или отсчётную шкалу тахеометра на значение  $0^\circ 00' 00''$ , а затем кликнуть на кнопку программы «Установить ноль», при этом процессы измерения угла поворота, выполняемые угловыми сенсорами и автоколлиматором, синхронизируются, то есть будут иметь одну точку отсчета. Соответственно численное значение текущего относительно углового положения поворотного стола устанавливается равным нулю.

Активировать в основном окне программы вкладку «Горизонтальная ось». Задать угол перемещения поворотного столика. После отработки установкой 1 разряда заданного угла необходимо довести зрительную трубу тахеометра к неподвижно закрепленному автоколлиматору и вновь совместить автоколлимационное изображение (зафиксировать значение горизонтального угла с экрана или лимба тахеометра  $\alpha_{изм}^i$ , где  $i$  – номер измеренного контрольного направления, а также зафиксировать действительное значение горизонтального угла контрольного направления в соответствующем окне программы установки 1 разряда  $\alpha_{действ}^i$ , где  $i$  – номер контрольного направления). Исследование угломерных характеристик тахеометра производить в диапазоне от  $0$  до  $360^\circ$  с шагом  $60^\circ$ . После этого необходимо перевести зрительную трубу через зенит и вновь совместить оптическую ось тахеометра с оптической осью

автоколлиматора установки, после чего повторить операции при правом круге. Каждое контрольное направление тахеометра измеряется не менее, чем шестью приёмами измерений. Результаты измерений записывают во внутреннюю память тахеометра и в журнал произвольной формы.

7.3.3 Систематическую составляющую погрешности измерений горизонтальных углов вычисляют по формуле (3):

$$D_{\alpha_i} = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_{\text{действ}i})}{n}, \quad (3)$$

где  $i$  – номер приёма измерений,

$\alpha_i$  – значение горизонтального угла, полученное на поверяемом тахеометре;

$\alpha_{\text{действ}i}$  – значение горизонтального угла, полученное на установке 1 разряда.

Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерений горизонтальных углов вычисляют по формуле (4):

$$S_{\alpha_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha}_i)^2}{n-1}}, \quad (4)$$

где  $\bar{\alpha}_i = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n}$  – среднее арифметическое значение результатов измерений углов.

Максимальную абсолютную погрешность измерений горизонтальных углов (при доверительной вероятности 0,9997) вычисляют по формуле (5):

$$\Delta_{\alpha_i} = \pm (|D_{\alpha_i}| + 3S_{\alpha_i}) \quad (5)$$

7.3.4 Определение абсолютной погрешности измерений вертикальных углов тахеометра с помощью установки 1 разряда

Абсолютную погрешность измерений вертикальных углов тахеометра определяют путем сравнения значений измеренных с его помощью вертикальных углов с действительными значениями, задаваемыми установкой 1 разряда в диапазоне от минус  $50^\circ$  до плюс  $90^\circ$  в следующих значениях: минус  $50^\circ$  минус  $30^\circ$ , далее с шагом  $30^\circ$ .

Перед проведением поверки тахеометра установить на поворотный стол установки, отгоризонтировать в двух плоскостях в соответствии с ЭД изготовителя.

Далее установить зеркало на объектив тахеометра.

Запустить рабочую программу установки на ПЭВМ из её состава.

В основном окне программы необходимо активировать вкладку «Вертикальная ось». Задать на установке 1 разряда угол равный  $90^\circ$ , при этом «коромысло» с автоколлиматором займет положение, соответствующее нижней крайней точке рабочего диапазона.

Совместить оптическую ось тахеометра с оптической осью автоколлиматора. При этом критерием совмещения осей является появление автоколлимационного изображения марки в окне «Камера» рабочей программы. Точное совмещение производится при помощи кнопок перемещения изображения. Необходимо добиться полного совпадения изображения марки с осью ОХ матрицы.

Активировать в основном окне программы вкладку «Вертикальная ось», нажать на экране рабочей программы «Установить ноль». Задать угол перемещения поворотного коромысла. После отработки установкой 1 разряда заданного угла необходимо довести зрительную трубу тахеометра к трубе автоколлиматора и вновь совместить автоколлимационное изображение (зафиксировать значение вертикального угла с экрана или лимба калибруемого средства  $\beta_{\text{изм}i}$ , где  $i$  – номер измеренного контрольного направления, а также зафиксировать действительное значение вертикального угла контрольного направления в соответствующем окне программы установки 1 разряда  $\beta_{\text{действ}i}$ , где  $i$  – номер контрольного направления). Исследование угломерных характеристик тахеометра производится в диапазоне от минус  $50^\circ$  до плюс  $90^\circ$  с шагом  $30^\circ$ . После этого необходимо перевести зрительную трубу через зенит, вновь навести сетку нитей зрительной трубы на марку автоколлиматора и повторить процедуры при правом круге.

Каждое контрольное направление тахеометра измеряется не менее, чем шестью приёмами измерений. Результаты измерений записывают во внутреннюю память тахеометра и в жур-

нал произвольной формы.

7.3.5 Систематическую составляющую погрешности измерений вертикальных углов вычисляют по формуле (4):

$$D_{\beta_i} = \frac{\sum_{i=1}^n (\beta_i - \beta_{\text{действ}})}{n}, \quad (4)$$

где  $i$  – номер приёма измерений,

$\beta_i$  – значение горизонтального угла, полученное на поверяемом тахеометре;

$\beta_{\text{действ}}$  – значение горизонтального угла, полученное на установке 1 разряда.

Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерений горизонтальных углов вычисляют по формуле (5):

$$S_{\beta_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\beta_i - \bar{\beta}_i)^2}{n-1}}, \quad (5)$$

где  $\bar{\beta}_i = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n}$  – среднее арифметическое значение результатов измерений углов.

Максимальную абсолютную погрешность измерений горизонтальных углов (при доверительной вероятности 0,9997) вычисляют по формуле (6):

$$\Delta_{\beta_i} = \pm (|D_{\beta_i}| + 3S_{\beta_i}), \quad (6)$$

7.3.6 Результаты поверки считать положительными, если значения максимальной абсолютной погрешности измерений горизонтальных и вертикальных углов находятся в границах допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,9997) и составляет  $\pm 0,5''$ .

#### 7.4 Определение максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний

7.4.1 Определение максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний провести путём сличения на эталонном базисе с эталонным тахеометром 1-го разряда (из состава Государственного первичного специального эталона единицы длины ГЭТ 199-2018). Для этого измерить эталонным тахеометром линии базиса во всём диапазоне работы поверяемого тахеометра (не менее 3-х линий). Полученные значения линий считать эталонными. Затем измерить эти же линии поверяемым тахеометром согласно руководства по эксплуатации не менее 10 раз. Повторить измерения во всех режимах.

7.4.2 Абсолютную погрешность измерений расстояний вычисляют по формуле (7):

$$R_{L_j} = L_{ij} - L_{\text{действ}j}, \quad (7)$$

где  $L_{ij}$  – полученное значение  $j$ -го расстояния  $i$ -м приёмом по поверяемому тахеометру,

$L_{\text{действ}j}$  – эталонное (действительное) значение  $j$ -го расстояния, полученное по эталонному тахеометру.

Максимальные значения абсолютной погрешности измерений расстояний считаются значениями абсолютной погрешности измерений расстояний ( $R_L$ ) поверяемого тахеометра.

7.4.3 Результаты поверки считать положительными, если значения максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний находятся в пределах:  $\pm(0,2+0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$  мм при использовании стандартной призмы;  $\pm(1+1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L)$  мм при использовании пленочного отражателя;  $\pm(2+2 \cdot 10^{-6} \cdot L)$  мм в режиме без отражателя для расстояний менее 500 м;  $\pm(4+2 \cdot 10^{-6} \cdot L)$  мм в режиме без отражателя для расстояний 500 м и более, где  $L$  – измеряемое расстояние ( $L_{\text{действ}}$ ), мм.

#### 7.5 Определение максимальной абсолютной погрешности лазерного центрира

7.5.1 Абсолютную погрешность лазерного центрира определить с помощью листа миллиметровой бумаги и линейки измерительной металлической. Расположить лист миллиметровой бумаги в рабочей зоне центрира таким образом, чтоб на листе миллиметровой бумаги обозначилась точка, на которую указывает лазерный целеуказатель центрира. Затем алидаду та-

хеометра медленно повернуть на 360°, фиксируя максимальное отклонение лазерного целеуказателя центра от обозначенной точки.

Абсолютную погрешность вычислить как полуразность двух максимальных отсчетов, измеренных линейкой по формуле (8):

$$\Delta l = \frac{l_2 - l_1}{2}, \quad (8)$$

где  $l_1, l_2$  – отсчеты по линейке.

7.5.2 Результаты поверки считать положительными, если значение максимальной абсолютной погрешности лазерного центра при высоте инструмента 1,5 м находится в пределах  $\pm 1,5$  мм.

#### 7.6 Идентификация программного обеспечения

7.6.1 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 | Leica Captivate MS/TS fw |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО                       | НЕ НИЖЕ 1.20                      | НЕ НИЖЕ 1.3.0            |
| Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) | 03BA5C3                           | FF004A2                  |
| Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО                 | CRC32                             | CRC32                    |

### 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При положительных результатах поверки тахеометр признается пригодным 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 тахеометр признается непригодным к применению и на него выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием причин забракования.

Заместитель генерального  
директора-начальник НИО-8  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Заместитель начальника НИО-8  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник отдела № 83  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Денисенко

И.С. Сильвестров

А.В. Мазуркевич