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

_____ А.Н. Щипунов
«___» ___04___ 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Тахеометр электронный Leica TS60 I

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

651-21-003 МП

р.п. Менделеево

2021 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на тахеометр электронный Leica TS60 I (далее – тахеометр), зав. номер 886669, изготовленный «Leica Geosystems AG», Швейцария, и устанавливает методы и средства его 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., Государственному первичному эталону плоского угла ГЭТ 22-2014 по государственной поверочной схеме средств измерений единицы плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта № 2482 от 26 ноября 2018 г., обеспечена.

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	да	да

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

2.3 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 1, поверка прекращается и тахеометр признается непригодным к применению.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 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 %.

3.2 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.

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 тахеометры 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	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) ±1,5″ в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной Приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482
10.2	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) θ = 5 мкм; L от 24 до 3000 м, пределы допускаемого абсолютного среднего квадратического отклонения результата измерений S≤ 0,03 … 0,7 мм, граница неисключенной систематической погрешности (при доверительной вероятности 0,99) θ ±0,2 мм
10.3	Линейка измерительная металлическая 1000 мм по ГОСТ 427-75

5.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемого тахеометра 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

7.1.1 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.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При опробовании установить 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.

8.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты опробования и проверки работоспособности удовлетворяют п. 8.1.

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

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение максимальной абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,997)

10.1.1 Для определения максимальной абсолютной погрешности измерений горизонтальных и вертикальных углов с помощью рабочего эталона единицы плоского угла 1 разряда (далее – установка 1 разряда) в диапазоне значений от 0° до 360° для горизонтального угла и от минус 50° до плюс 90° 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.

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

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

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

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°, 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 OY матрицы.

После настройки взаимного положения визирной оси тахеометра и поворотного «коромысла» эталона установить лимб или отсчётную шкалу тахеометра на значение 0°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 относительного 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 произвести в диапазоне от 0 до 360° с шагом 60°. 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 измерить не менее, чем шестью приёмами измерений. Результаты измерений записать во внутреннюю память тахеометра и в журнал произвольной формы.

10.1.3 Систематическую составляющую погрешности измерений горизонтальных углов вычислить по формуле (1):

$$D_{\alpha_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\alpha_i - \alpha_{действi})}{n}, \qquad (1)$$

где i – номер приёма измерений,

α_i – значение горизонтального угла, полученное на поверяемом тахеометре;

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

Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерений горизонтальных углов вычислить по формуле (2):

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

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

Максимальную абсолютную погрешность измерений горизонтальных углов (при доверительной вероятности 0,997) вычислить по формуле (3):

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

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

Абсолютную погрешность измерений вертикальных углов тахеометра определить путем сравнения значений измеренных с его помощью вертикальных углов с действительными значениями, задаваемыми установкой 1 разряда в диапазоне от минус 50° до плюс 90° в следующих значениях: минус 45° минус 30°, далее с шагом 30°.

Перед проведением поверки тахеометр 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°, 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 произвести 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 тахеометра $\beta_{изм}i$, где i – номер измеренного контрольного направления, а также зафиксировать действительное значение вертикального угла контрольного направления в соответствующем окне программы установки 1 разряда $\beta_{действ}i$, где i – номер контрольного направления). Исследование угломерных характеристик тахеометра произвести в диапазоне от минус 45° до плюс 90° в следующих значениях: минус 45° минус 30°, далее с шагом 30°. 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 измерить не менее, чем шестью приёмами измерений. Результаты измерений записать во внутреннюю память тахеометра и в журнал произвольной формы.

10.1.5 Систематическую составляющую погрешности измерений вертикальных углов вычислить по формуле (4):

$$D_{\beta_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\beta_i - \beta_{действi})}{n}, \qquad (4)$$

где i – номер приёма измерений,

β_i – значение вертикального угла, полученное на поверяемом тахеометре;

$\beta_{действi}$ – значение вертикального угла, полученное на установке 1 разряда.

Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерений вертикальных углов вычислить по формуле (5):

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

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

Максимальную абсолютную погрешность измерений вертикальных углов (при доверительной вероятности 0,997) вычислить по формуле (6):

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

10.1.6 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 0,997) и составляют ±0,5″.

10.2 Определение максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний

10.2.1 Определение максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний провести на эталонном измерительном комплексе длины в диапазоне до 60 м (далее - ЭИКД60) из состава ГЭТ 199-2018 и с применением ЛЭС из состава ГЭТ 199-2018.

10.2.2 Для определения максимальной абсолютной погрешности измерения расстояний в диапазоне до 60 м подготовить ЭИКД60 к выполнению измерений в соответствии с эксплуатационной документацией (далее – ЭД). Установить тахеометр в специальное посадочное место, расположенное вначале ЭИКД60, и привести его в рабочее положение в соответствии с РЭ. Установить отражатель из комплекта тахеометра на подвижную платформу ЭИКД60. Вращением наводящих винтов навести зрительную трубу тахеометра на центр отражателя. Ввести в память тахеометра метеопараметры, полученные от средств измерений метеопараметров из состава ГЭТ 199-2018. Установить подвижную платформу ЭИКД60 на дистанцию примерно 2,5 м и равную единице измерительного масштаба, определяемого частотой повторения фемтосекундных импульсов, воспроизводимых интерферометрической измерительной системой на основе фемтосекундного лазера. Снять показания и принять полученное значение дистанции $L_{действj}$ за действительное значение расстояния базисной линии. Полученное значение расстояния занести в журнал измерений. Выполнить измерения базисной линии тахеометром $L_{тахизм_{ij}}$ не менее 30 раз. Результат измерений сохранить во внутреннюю память тахеометра или занести в журнал измерений.

10.2.3 Провести операции по п. 10.2.2 во всех точках повторения фемтосекундных импульсов, воспроизводимых интерферометрической измерительной системой на основе фемтосекундного лазера, в диапазоне до 60 м с регистрацией результатов измерений.

10.2.4 Для определения максимальной абсолютной погрешности измерения расстояний в диапазоне до 3500 м выбрать и подготовить пять базисных линий в диапазоне от 70 до 3000 метров, обеспечивающих выполнение измерений во всём заявленном диапазоне длин линий. Контрольные значения длин базисных линий предварительно измерить с помощью ЛЭС по методикам, приведенным в ЭД на ГЭТ 199-2018.

Установить тахеометр на начальном пункте линейного базиса, привести его в рабочее положение в соответствии ЭД, на выбранных концах базисных линий установить отражатели из комплекта тахеометра и выполнить измерения расстояний выбранных базисных линий (на каждом отрезке базисной линии выполнить измерения не менее 30 раз).

Результаты измерений сохранить во внутреннюю память тахеометра или занести в журнал измерений.

Не ранее чем через пять суток, повторить серию измерений по п. 10.2.4.

10.2.5 Определение максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний на пленочный отражатель и без отражателя провести путём сличения на эталонном базисе с ЛЭС. Для этого измерить ЛЭС линии базиса во всём диапазоне работы испытуемого тахеометра для вышеуказанных режимов (не менее 3-х линий). Полученные значения линий считать эталонными. Затем измерить эти же линии тахеометром согласно РЭ не менее 10 раз.

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

$$R_{L_j} = L_{i_j} - L_{действj}\,, \qquad (7)$$

где L_{i_j} – полученное значение j-го расстояния i-м приёмом по испытуемому тахеометру;

$L_{действj}$ – эталонное (действительное) значение j-го расстояния, полученное с помощью интерферометрической измерительной системы на основе фемтосекундного лазера в диапазоне до 60 м, ЛЭС в диапазоне до 3500 м.

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

10.2.7 Результаты поверки считать положительными, если значения максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний находятся в пределах: $\pm(0{,}2+0{,}5\cdot10^{-6}\cdot L)$ мм при использовании стандартной призмы; $\pm(1+1{,}0\cdot10^{-6}\cdot L)$ мм при использовании пленочного отражателя; $\pm(2+2\cdot10^{-6}\cdot L)$ мм в режиме без отражателя для расстояний менее 500 м; $\pm(4+2\cdot10^{-6}\cdot L)$ мм в режиме без отражателя для расстояний 500 м и более, где L – измеряемое расстояние ($L_{действ}$), мм.

10.3 Определение максимальной абсолютной погрешности лазерного центрира

10.3.1 Абсолютную погрешность лазерного центрира определить с помощью листа миллиметровой бумаги и линейки измерительной металлической. Расположить лист миллиметро-

вой бумаги в рабочей зоне центрира таким образом, чтоб на листе миллиметровой бумаги обозначилась точка, на которую указывает лазерный целеуказатель центрира. Затем алидаду тахеометра медленно повернуть на 360°, фиксируя максимальное отклонение лазерного целеуказателя центрира от обозначенной точки.

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

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

где l_1, l_2 – отсчеты по линейке.

10.3.2 Результаты поверки считать положительными, если значение максимальной абсолютной погрешности лазерного центрира при высоте инструмента 1,5 м находится в пределах ±1,5 мм.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Результаты обработки измерений метрологических характеристик приведены в п.п. 10.1 - 10.3.

11.2 При поверке тахеометра электронного Leica TS60 I установлено, что его максимальная абсолютная погрешность измерений расстояний находятся в пределах: $\pm(0{,}2+0{,}5\cdot10^{-6}\cdot L)$ мм, где L – измеряемое расстояние ($L_{действ}$), мм, что соответствуют требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 1-го разряда по действующей государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Росстандарта № 2831 от 29 декабря 2018 г.; максимальная абсолютная погрешность измерений горизонтальных и вертикальных углов находятся в границах допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,997) и составляют ±0,5″, что соответствуют требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 2-го разряда по действующей государственной поверочной схеме для средств измерений единицы плоского угла, утвержденной приказом, утвержденной приказом Росстандарта № 2482 от 26 ноября 2018 г.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки тахеометра подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца тахеометра или лица, представившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке и (или) в паспорт тахеометра 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.

Заместитель генерального
директора-начальник НИО-8
ФГУП «ВНИИФТРИ» О.В. Денисенко

Заместитель начальника НИО-8
ФГУП «ВНИИФТРИ» И.С. Сильвестров

Начальник отдела № 83
ФГУП «ВНИИФТРИ» А.В. Мазуркевич