

СОГЛАСОВАНО

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



А.Н. Щипунов

« 09 » 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Тахеометр электронный Leica TS60 I

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 651-23-037

р.п. Менделеево

2023 год

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на тахеометр электронный Leica TS60 I (далее – тахеометр), зав. номер 886942, изготовленный «Leica Geosystems AG», Швейцария, используемый в качестве рабочего эталона в соответствии с государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений и средств измерений плоского угла, и устанавливает методы и средства его первичной и периодической поверок.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений углов, градус ¹⁾ горизонтальных вертикальных	от 0 до 360 от -50 до +90
Допускаемое среднее квадратическое отклонение измерений углов, секунда	0,15
Доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99), секунда	±0,5
Диапазон измерений расстояний, м стандартная призма	от 1,5 до 3000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояний, мм стандартная призма	$\pm(0,2 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2$
Примечания: ¹⁾ Здесь и далее по тексту: градус, минута и секунда - единицы измерений плоского угла. ²⁾ Где L - измеряемое расстояние, мм.	

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы длины в соответствии с государственными поверочными схемами, утвержденными:

- приказом Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2831, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному специальному эталону единицы длины ГЭТ 199-2018;
- приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы плоского угла ГЭТ 22-2014.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод непосредственного сравнения результата измерения поверяемого средства измерений со значением, определенным эталоном.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки выполнить операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции проведения поверки

Наименование операции поверки	Номер раздела МП	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Проверка программного обеспечения (далее – ПО) средства измерений	9	да	да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10	да	да

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Номер раздела МП	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
Определение диапазонов измерений горизонтальных и вертикальных углов, среднего квадратического отклонения измерений углов и доверительных границ абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99)	10.1	да	да
Определение диапазона измерений расстояний и максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний (стандартная призма)	10.2	да	да
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	11	да	да

2.2 Поверка тахеометров осуществляется аккредитованными в установленном порядке юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

2.3 Не допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин.

2.4 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 2, 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 °С до 25 °С в лабораторных условиях;
- температура окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 50 °С в полевых условиях;
- атмосферное давление от 90 до 101 кПа;
- относительная влажность воздуха до 80 %.

3.2 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность тахеометра в соответствии с эксплуатационной документацией (далее - ЭД);
- проверить наличие сведений о результатах поверки средств измерений, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства 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 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Номер раздела МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.1	Диапазон измерений углов от 0° до 360°, доверительные границы абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,99) $\pm 0,3''$, СКО 0,05"	Рабочий эталон угла 1-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной Приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482
10.2	Диапазон измерений длин: L до 60 м, среднее квадратическое отклонение результата измерений $S \leq 1,0$ мкм, неисключенная систематическая погрешность (при доверительной вероятности 0,99) $\theta = \pm 5$ мкм; L от 24 до 3000 м, среднее квадратическое отклонение результата измерений $S \leq 0,03 \dots 0,7$ мм, неисключенная систематическая погрешность (при доверительной вероятности 0,99) $\theta \pm 0,2$ мм	Государственный первичный специальный эталон единицы длины ГЭТ 199-2018
10.1	Диапазоны измерения влажности от 0% до 99%, температуры от -20 °С до 60 °С, давления от 840 гПа до 1060 гПа; пределы допускаемой погрешности измерений влажности $\pm 2\%$, температуры $\pm 0,2$ °С, давления ± 3 гПа	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, мод. ИВТМ-7 М 5-Д, регистрационный номер 15500-12 в Федеральном информационном фонде (вспомогательное средство)

Примечания:

Сведения о результатах поверки (аттестации) средств измерений (эталонов), применяемых при поверке, должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

Допускается применение средств поверки, не приведенных в рекомендуемом перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью, передачу единицы величины средству измерений при его поверке и прослеживаемость эталонов и средств измерений, применяемых при поверке, к государственным первичным эталонам единиц величин.

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования по технике безопасности, указанные в 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 тахеометра установить:

- комплектность тахеометра и наличие маркировки (заводской номер, тип) путём сравнения 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 управляющей ПЭВМ (в соответствии с ЭД);
- отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики.

7.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты внешнего осмотра удовлетворяют п. 7.1. 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 в соответствии с указаниями Приложения 4 «Проведение измерений» РЭ.

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 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 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Leica Captive MS/TS fw
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже 1.2

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение диапазонов измерений горизонтальных и вертикальных углов, среднего квадратического отклонения измерений углов и доверительных границ абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99)

10.1.1 Для определения диапазонов измерений горизонтальных и вертикальных углов, среднего квадратического отклонения и доверительных границ абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,99) измерений горизонтальных и вертикальных углов с помощью рабочего эталона единицы плоского угла 1 разряда в диапазоне значений от 0° до 360° (далее - установка 1 разряда) необходимо выполнить следующие операции:

- определить диапазоны измерений горизонтальных и вертикальных углов поверяемого тахеометра с помощью установки 1 разряда;
- определить среднее квадратическое отклонение и доверительные границы абсолютной погрешности измерений горизонтальных углов поверяемого тахеометра с помощью установки 1 разряда;
- определить среднее квадратическое отклонение и доверительные границы абсолютной погрешности измерений вертикальных углов тахеометра с помощью установки 1 разряда.

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

Доверительные границы абсолютной погрешности 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° .

Проконтролировать климатические условия на месте проведения поверки при помощи измерителя влажности и температуры ИВТМ-7.

Установить поверяемый тахеометр на поворотный стол установки 1 разряда. В соответствии с руководством по эксплуатации тахеометр привести в горизонтальное положение в двух плоскостях с использованием его штатных уровней.

Установить зеркало на объектив тахеометра.

Совместить оптическую ось тахеометра с оптической осью автоколлиматора.

Задать угол перемещения поворотного стола. После обработки 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 α_i (где i – номер углового положения), а также зафиксировать действительное значение горизонтального угла контрольного направления установки 1 разряда $\alpha_{\text{действ}_i}$). Исследование угломерных характеристик тахеометра произвести в диапазоне от 0° до 360° с шагом 60° ($i = 1 \dots 6$).

Для каждого i -го углового положения провести измерения не менее десяти раз ($j = 1 \dots n$, где $n \geq 10$). 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):

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

где

n – количество измерений, выполненных с помощью поверяемого тахеометра в угловом положении;

α_{ij} – значение горизонтального угла, полученное на поверяемом тахеометре;

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

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

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

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

Доверительные границы абсолютной погрешности измерений горизонтальных углов (при доверительной вероятности 0,99) вычислить по формуле (3):

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

Максимальные значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений горизонтальных углов (при доверительной вероятности 0,99) считаются значениями доверительных границ абсолютной погрешности измерений горизонтальных углов (при доверительной вероятности 0,99) (Δ_{α}) поверяемого тахеометра из полученных по формуле (3).

10.1.4 Определение среднего квадратического отклонения и доверительных границ абсолютной погрешности измерений вертикальных углов тахеометра с помощью установки 1 разряда

Среднее квадратическое отклонение и доверительные границы абсолютной погрешности 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 50° , минус 30° , далее с шагом 30° .

Установить поверяемый тахеометр на поворотный стол установки 1 разряда. В соответствии с руководством по эксплуатации тахеометр привести в горизонтальное положение в

двух плоскостях с использованием его штатных уровней.

Установить зеркало на объектив тахеометра.

Совместить оптическую ось тахеометра с оптической осью автоколлиматора.

Задать угол перемещения поворотного стола. 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 β_i (где i – номер углового положения), а также зафиксировать действительное значение вертикального угла контрольного направления установки 1 разряда $\beta_{\text{действ}_i}$). Исследование угломерных характеристик тахеометра произвести в диапазоне от минус 50° до плюс 90° в следующих значениях: минус 50° , минус 30° , далее с шагом 30° ($i = 1...4$).

Для каждого i -го углового положения провести измерения не менее десяти раз ($j = 1...n$, где $n \geq 10$). 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):

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

где

n – количество измерений, выполненных с помощью поверяемого тахеометра в угловом положении;

β_{ij} – значение вертикального угла, полученное на поверяемом тахеометре;

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

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

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

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

Доверительные границы абсолютной погрешности измерений вертикальных углов (при доверительной вероятности 0,99) вычислить по формуле (6):

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

Максимальные значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений вертикальных углов (при доверительной вероятности 0,99) считаются значениями доверительных границ абсолютной погрешности измерений вертикальных углов (при доверительной вероятности 0,99) (Δ_{β}) поверяемого тахеометра из полученных по формуле (6).

10.1.6 Результаты поверки считать положительными, если диапазоны измерений горизонтального и вертикального углов составляют от 0° до 360° и от минус 50° до плюс 90° соответственно, значение среднего квадратического отклонения измерений углов не более $0,15''$, значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений горизонтальных и вертикальных углов находятся в границах допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) $\pm 0,5''$.

10.2 Определение диапазона измерений расстояний и максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний (стандартная призма)

10.2.1 Определение диапазона измерений расстояний от 1,5 м до 60 м и максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний на стандартную призму провести на эталонном измерительном комплексе длины в диапазоне до 60 м (далее – ЭИКД60) из состава ГЭТ 199-2018 и с применением лазерного эталона сравнения (далее – 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 ЭД. Уста-

новить 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 $L_{\text{действ}j}$ за действительное значение расстояния базисной линии. Полученное значение расстояния занести в журнал измерений. Выполнить измерения базисной линии тахеометром L_{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 свыше 60 м до 3000 м выбрать и подготовить пять базисных линий в диапазоне свыше 60 м 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 Абсолютную погрешность измерений расстояний вычисляют по формуле (7):

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

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 с помощью интерферометрической измерительной системы на основе фемтосекундного лазера в диапазоне до 60 м, ЛЭС в диапазоне до 3000 м.

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

10.2.6 Результаты поверки считать положительными, если диапазон измерений расстояний составляет от 1,5 м до 3000 м, значения максимальной абсолютной погрешности измерений расстояний на стандартную призму находятся в пределах, определяемых из выражения $\pm(0,2+0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ мм при использовании стандартной призмы, где L – измеряемое расстояние, мм.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Процедура обработки результатов измерений метрологических характеристик приведена в п.п. 10.1 - 10.2.

11.2 Максимальная абсолютная погрешность измерений расстояний на стандартную призму находится в пределах, определяемых из выражения $\pm(0,2+0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ мм, где L – измеряемое расстояние, мм, что соответствует 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.; доверительные границы абсолютной погрешности измерений горизонтальных и вертикальных уг-

лов находятся в границах допустимой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) $\pm 0,5''$, что соответствует требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 2-го разряда по действующей государственной поверочной схеме для средств измерений плоского угла, 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 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.

Начальник отделения НИО-8
ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.М. Каверин

Заместитель начальника отделения
по научной работе НИО-8
ФГУП «ВНИИФТРИ»

И.С. Сильвестров

Начальник отдела № 83
ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.В. Мазуркевич