

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Автопрогресс-М»



А. С. Никитин

«17» марта 2018 г.

Тахеометры электронные Trimble SX10

Методика поверки

МП АПМ 22-18

г. Москва, 2018 г.

Настоящая методика поверки распространяется на тахеометры электронные Trimble SX10, производства «Trimble AB», Швеция (далее – тахеометры) и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Интервал между периодическими поверками - 1 год.

1 Операции поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование операции	№ пункта документа по поверке	Проведение операций при	
		первичной поверки	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Опробование, проверка работоспособности функциональных режимов, идентификация программного обеспечения	7.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик	7.3	-	-
Определение абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений расстояний в стандартном режиме	7.3.1	Да	Да
Определение абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений угла в стандартном режиме	7.3.2	Да	Да
Определение абсолютных и средних квадратических погрешностей измерений углов и расстояний в режиме сканирования	7.3.3	Да	Да

2 Средства поверки

При проведении поверки должны применяться эталоны, приведённые в таблице 2.

Таблица 2.

№ пункта документа по поверке	Наименование эталонов и их основные метрологические и технические характеристики
7.3.1	Рабочий эталон 1-го разряда (тахеометр электронный) по ГОСТ Р 8.750-2011 Линейные базисы по ГОСТ 8.750-2011
7.3.2	Стенд универсальный коллиматорный ВЕГА УКС (рег. № 44753-16)
7.3.3	Рабочий эталон 4-го разряда (тахеометр электронный) по государственной поверочной схеме для средств измерений плоского угла Рабочий эталон 1-го разряда (тахеометр электронный) по ГОСТ Р 8.750-2011

Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с точностью, удовлетворяющей требованиям настоящей методики.

3 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационные документы, имеющие достаточные знания и опыт работы с тахеометрами.

4 Требования безопасности

При проведении поверки, меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации, правилам по технике безопасности, действующие на месте проведения поверки и требованиям МЭК-825 «Радиационная безопасность лазерной продукции, классификация оборудования, требования и руководство для

потребителей», а также правилам по технике безопасности при производстве топографо-геодезических работ ПТБ-88.

5 Условия поверки

5.1 Поверка тахеометров может быть проведена в полевых или лабораторных условиях.

При проведении поверки в лабораторных условиях должны соблюдаться следующие нормальные условия измерений:

- температура окружающей среды, °С	(20±5)
- относительная влажность воздуха, %, не более	80
- атмосферное давление, мм рт. ст. (кПа)	630...800 (84,0...106,7)
- изменение температуры окружающей среды во время поверки, °С/ч, не более	2

Полевые измерения (измерения на открытом воздухе) должны проводиться при отсутствии осадков, порывов ветра и при температуре окружающей среды в диапазоне (-20...+50) °С.

6 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверить наличие действующих свидетельств о поверке на средства измерений;
- тахеометр и средства поверки привести в рабочее состояние в соответствии с их эксплуатационной документацией;
- тахеометр и средства поверки должны быть выдержаны при нормальных условиях не менее 1 часа.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие тахеометра следующим требованиям:

- отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики тахеометра;
- наличие маркировки и комплектность согласно требованиям эксплуатационной документации на тахеометр;

Если перечисленные требования не выполняются, тахеометр признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производятся.

7.2 Опробование, проверка работоспособности функциональных режимов, идентификация программного обеспечения

7.2.1 При опробовании должно быть установлено соответствие тахеометра следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединённых деталей и элементов;
- плавность и равномерность движения подвижных частей;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность всех функциональных режимов и узлов.

7.2.2 Проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) проводить следующим образом:

Версия ПО «Trimble Access» отображается при запуске программы. В качестве альтернативного способа версию ПО можно узнать через интерфейс пользователя на внешнем контроллере, путём нажатия в левом верхнем углу экрана кнопки «Trimble», далее «О программе». В появившемся диалоговом окне программы отображается наименование и версия ПО.

Идентификация микропрограммного обеспечения (далее – МПО) осуществляется с помощью ПО «Trimble Access». Для этого в главном экране модуля «Съёмка» необходимо нажать экранную кнопку «Инструмент», в появившемся экране необходимо нажать экранную кнопку «Настройки инструмента». В появившейся форме будет указана модификация, заводской номер тахеометра, а также версия МПО. Номер версии и наименование ПО должно соответствовать данным, приведённым в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационное наименование ПО	Trimble Access	МПО
Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже	2016.10	S1.0.12

Если перечисленные требования не выполняются, тахеометр признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Определение абсолютной погрешности и среднего квадратического отклонения измерений расстояний в стандартном режиме

Абсолютная погрешность измерений и СКП измерений расстояний определяется путём сличения с эталонным тахеометром 1-го разряда по ГОСТ Р 8.750-2011.

Необходимо провести многократно, не менее 10 раз, измерения не менее 3 значений расстояний, действительные длины которых расположены в заявляемом диапазоне измерений расстояний поверяемого тахеометра и определены с помощью эталонного тахеометра 1-го разряда по ГОСТ Р 8.750-2011.

Абсолютная погрешность измерений (при доверительной вероятности 0,95) расстояний определяется по формуле:

$$\Delta S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n_j} - S_{0j} \right) \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n_j})^2}{n_j - 1}},$$

где ΔS – абсолютная погрешность измерений j -го расстояния, мм;

S_{0j} – эталонное (действительное) значение j -го расстояния, полученное по эталонному тахеометру;

S_{ij} – полученное значение j -го расстояния i -м приёмом по поверяемому тахеометру;

n_j – число приёмов измерений j -го расстояния.

Средняя квадратическая погрешность измерений каждой линии вычисляется по формуле:

$$m_{S_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (S_{0j} - S_{ij})^2}{n_j}},$$

где m_{S_j} – средняя квадратическая погрешность измерения j -го расстояния.

Значение абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) и средней квадратической погрешности измерений расстояний должны соответствовать значениям, приведённым в Приложении к настоящей методике поверки.

Если требование п.7.3.1. не выполняется, тахеометр признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

7.3.2 Определение абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений угла в стандартном режиме

Абсолютная погрешность и СКП измерений угла определяется на эталонном коллиматором стенде путём многократных измерений (не менее четырёх циклов измерений, состоящих из измерений в положении «Круг право» (КП) и «Круг лево» (КЛ) горизонтального угла (90 ± 30) ° и вертикального угла (более ± 20 °).

Абсолютная погрешность измерений (при доверительной вероятности 0,95) горизонтального и вертикального углов вычисляется по формуле:

$$\Delta_{V_i} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{ij}}{n} - V_{0j} \right) \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(V_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n V_{ij}}{n} \right)^2}{n-1}},$$

где Δ_{V_i} – абсолютная погрешность измерений горизонтального (вертикального) угла, " ;
 V_{0j} – значение горизонтального (вертикального) угла по эталонному коллиматорному стенду, взятое из свидетельства о поверке (сертификата о калибровке) на него, " ;
 V_{ij} – значение горизонтального (вертикального) угла, по поверяемому тахеометру, " ;
 n – число измерений.

Средняя квадратическая погрешность измерений горизонтального и вертикального углов вычисляется по формуле:

$$m_{V_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{n}},$$

где m_{V_i} – средняя квадратическая погрешность измерений горизонтального (вертикального) угла, " ;
 V_i – разность между измеренным поверяемым тахеометром значением i -го горизонтального (вертикального) угла и значением i -го горизонтального (вертикального) угла по эталонному коллиматорному стенду, взятому из свидетельства о поверке на него, " ;
 n – число измерений.

Значения абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) и средней квадратической погрешности измерений углов не должны превышать значений, указанных в Приложении к настоящей методике поверки.

Если требование п.7.3.2. не выполняется, тахеометр признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

7.3.3 Определение абсолютных и средних квадратических погрешностей измерений углов и расстояний в режиме сканирования

Абсолютные погрешности и средние квадратические отклонения измерений расстояний и углов определяются путём многократного (не менее 5) сканирования не менее 3 контрольных точек, действительные длины до которых равномерно расположены в заявленном диапазоне измерений расстояний, горизонтальный угол между ними должен составлять $(90 \pm 30)^\circ$ вертикальный угол должен составлять $(0 \pm 45)^\circ$.

Измерения проводить в следующей последовательности:

- разместить в зоне проведения поверки штатив для установки тахеометра;
- установить на штативе эталонный тахеометр;
- разместить в зоне проведения поверки штативы для установки мишеней;
- установить на штативы щиты-мишени (далее - мишени) с чёрно-белыми марками размером не менее $(0,4 \times 0,4)$ м. Мишени должны располагаться перпендикулярно направлению на штатив с тахеометром. При помощи уровня убедиться в том, что мишени установлены в вертикальной плоскости. Вместо мишеней возможно использовать сферы-марки диаметром не менее 230 мм и мини-призмы с сопряжёнными геометрическими центрами, которые поставляются по дополнительному заказу потребителя;
- разместить в геометрическом центре каждой мишени отражательную призму;
- включить эталонный тахеометр и настроить необходимый режим согласно руководству по эксплуатации;
- измерить эталонным тахеометром расстояния $R_{дейст}$ до призм на мишенях. Результат занести в протокол;

- измерить горизонтальный/вертикальный угол V_0 между геометрическими центрами марок на мишенях. Результат занести в протокол;
- выключить и демонтировать эталонный тахеометр с его трегера. Трегер должен оставаться на месте. Убрать призмы с мишеней;
- установить на штатив на оставленный трегер поверяемый тахеометр;
- через интерфейс пользователя выставить качество и разрешение сканирования не ниже уровня «высокое» и затем запустить процедуру сканирования. Дождаться окончания сканирования;
- сохранить данные, полученные при сканировании;
- повторить вышеописанные операции по сканированию мишеней не менее 5 раз;
- по завершению процесса сканирования, снять с трегера поверяемый тахеометр и снова установить на его место эталонный тахеометр;
- разместить в геометрическом центре каждой мишени отражательную призму;
- включить эталонный тахеометр и настроить необходимый режим согласно руководству по эксплуатации;
- измерить эталонным тахеометром расстояния $R_{дейст\ кон}$ до призм на мишенях. Результат занести в протокол;
- измерить горизонтальный/вертикальный угол $V_{0\ кон}$ между геометрическими центрами марок на мишенях. Результат занести в протокол;

Результаты измерений $R_{дейст\ кон}$ и $V_{0\ кон}$ не должен отличаться от значения $R_{дейст}$ и V_0 более чем на величину погрешности, приписанную эталонном тахеометру. В случае если эти значения отличаются от более чем на величину погрешности, приписанную эталонном тахеометру, повторить описанные выше операции сканирования заново;

- скачать и обработать на ПК данные, полученные при сканировании;
- локализовать через ПО точки облака, относящиеся к каждому отсканированному щиту-мишени. Провести построение плоскости минимум по 4-м точкам. Построить на полученной плоскости точку, соответствующую геометрическому центру мишени методом проекции;
- произвести вычисление расстояния $R_{изм\ ij}$ на построенную точку;
- определить абсолютную погрешность измерений расстояний для каждой мишени (при доверительной вероятности 0,95) ΔR по формуле:

$$\Delta R_j = \left(\frac{\sum_{i=1}^n R_{узмиj}}{n} - R_{дейстj} \right) \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(R_{узмиj} - \frac{\sum_{i=1}^n R_{узмиj}}{n} \right)^2}{n-1}},$$

где ΔR_j - абсолютная погрешность измерений j-го расстояния, мм;

$R_{дейстj}$ - эталонное значение j-го расстояния, мм;

$R_{узмиj}$ - измеренное значение j-го расстояния, i-м приёмом, мм

n - число приёмов измерений j-ого расстояния.

- определить среднее квадратическое отклонение измерений каждого расстояния по формуле:

$$m_{sj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (R_{спj} - R_{узмиj})^2}{n-1}},$$

где m_{sj} - среднее квадратическое отклонение измерений j-го расстояния, мм;

$R_{спj}$ - среднее арифметическое значение измеренного j-го расстояния, мм.

- произвести вычисление горизонтального/вертикального угла V_{ij} между построенными точками;

- определить абсолютную погрешность измерений горизонтального/вертикального угла для каждой мишени (при доверительной вероятности 0,95) Δ_{vi} по формуле:

$$\Delta_{vi} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{ij}}{n} - V_{0j} \right) \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(V_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n V_{ij}}{n} \right)^2}{n-1}},$$

где Δ_{vi} - абсолютная погрешность измерений горизонтального/вертикального угла, °;

V_{0j} - значение j-ого горизонтального/вертикального угла, определённое эталонным тахеометром, °;

V_{ij} - значение j-ого горизонтального/вертикального угла, определённое по сканеру, °;

n - число приёмов измерений j-ого угла.

- определить среднюю квадратическую погрешность измерений горизонтального/вертикального угла m_{vi} по формуле:

$$m_{vi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{n}},$$

где m_{vi} - средняя квадратическая погрешность измерений горизонтального/вертикального угла, °;

V_i - разность между значением i-го горизонтального/вертикального угла определённого поверяемым тахеометром и значением i-го горизонтального/вертикального угла, определённого эталонным тахеометром, °;

n - число измерений.

Значения абсолютных и средних квадратических погрешностей измерений углов и расстояний в режиме сканирования не должны превышать значений, указанных в Приложении к настоящей методике поверки.

Если требование п.7.3.3. не выполняется, тахеометр признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

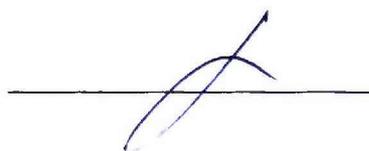
8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в виде сводной таблицы результатов поверки, по каждому пункту раздела 7 настоящей методике поверки.

8.2 При положительных результатах поверки, тахеометр признается годным к применению и на него выдаётся свидетельство о поверке установленной формы. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки и / или поверительного клейма.

8.3 При отрицательных результатах поверки, тахеометр признается непригодным к применению и на него выдаётся извещение о непригодности установленной формы с указанием основных причин.

Руководитель отдела
ООО «Автопрогресс – М»



К.А. Ревин

Приложение (обязательное)
Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение	
	Стандартный	Сканирование
Режим выполнения измерений		
Диапазон измерений:		
- углов, °		
- горизонтальных	от 0 до 360	от 0 до 360
- вертикальных	от -180 до +180	от -150 до +150
- расстояний, м, не менее:		
- отражательный режим (1 призма)	от 1 до 5500	—
- диффузный режим	от 1 до 800 ¹⁾ от 1 до 450 ²⁾	от 0,9 до 600,0 ¹⁾ от 0,9 до 350,0 ²⁾
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,95), "	±2	±10
Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерений углов, "	1	5
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояний (при доверительной вероятности 0,95), мм:		
- отражательный режим	$\pm 2 \cdot (1,0 + 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$	
- диффузный режим	$\pm 2 \cdot (2,0 + 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$	
- на расстоянии от 0,9 до 200,0 м включ.	—	±3,0
- на расстоянии св. 200 до 250 м включ.	—	±4,0
- на расстоянии св. 250 до 300 м включ.	—	±5,0
- на расстоянии св. 300 до 350 м включ.	—	±6,0
- на расстоянии св. 350 до 600 м включ.	—	±8,0
Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерений расстояний, мм:		
- отражательный режим	$1,0 + 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot D$	—
- диффузный режим	$2,0 + 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot D$	—
- на расстоянии от 0,9 до 200,0 м включ.	-	1,5
- на расстоянии св. 200 до 250 м включ.	-	2,0
- на расстоянии св. 250 до 300 м включ.	-	2,5
- на расстоянии св. 300 до 350 м включ.	-	3,0
- на расстоянии св. 350 до 600 м включ.	-	4,0
где D – измеряемое расстояние, мм		
¹⁾ - измерения на поверхность с коэффициентом отражения не менее 0,9 по ГОСТ 8.557-2007 при хорошей видимости и низкой освещённости ²⁾ - измерения на поверхность с коэффициентом отражения не менее 0,18 по ГОСТ 8.557-2007 при хорошей видимости и низкой освещённости		