

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ООО «Автопрогресс-М»



А.С. Никитин

«21» мая 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АППАРАТУРА ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СПУТНИКОВАЯ
GS18

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП АПМ 24-21

г. Москва,
2021 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на аппаратуру геодезическую спутниковую GS18, производства «Leica Geosystems AG», Швейцария, CH-9435 Heerbrugg, Switzerland (далее – аппаратуру) и устанавливает методику ее первичной и периодической поверки.

Выполнение всех требований настоящей методики обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к следующим государственным первичным эталонам:

ГЭТ 199-2018 - ГПСЭ единицы длины в диапазоне до 4000 км.

Интервал между поверками – 1 год.

2 Перечень операций поверки средств измерений

При проведении поверки средств измерений (далее – поверка) должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	№ пункта документа по поверке	Проведение операций 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 средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик	10	-	-
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Статика»	10.1	Да	Да
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»	10.2	Да	Да
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальный кодовый (DGPS)»	10.3	Да	Да
Определение абсолютной погрешности определения планово-высотного положения объектов в заданной системе координат по полученным в процессе фотографирования облакам точек относительно положения ровера в режиме измерений «Кинематика в реальном времени (RTK)» ¹⁾	10.4	Да	Да ²⁾
¹⁾ – только для модификации I; ²⁾ – поверка аппаратуры в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» обязательна.			

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °С

20±5

Полевые измерения (измерения на открытом воздухе) должны проводиться при отсутствии осадков, порывов ветра при температуре окружающего воздуха:

для модификации Т от минус 40 до плюс 65°С
 для модификации I от минус 30 до плюс 50 °С.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на аппаратуру и средства поверки, и аттестованные в качестве поверителя средств измерений в установленном порядке.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

№ пункта документа по поверке	Наименование средств поверки и их основные метрологические и технические характеристики
7	Эталоны не применяются
8	
10.1	Фазовый светодальномер (тахеометр) или эталонный базисный комплекс 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г., № 2831; Рулетка измерительная металлическая УМЗМ (рег. № 22003-07)
10.2	
10.3	
10.4	Фазовый светодальномер (тахеометр) или эталонный базисный комплекс 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г., № 2831.; Рулетка измерительная УМЗМ (рег. № 22003-07); Вспомогательные средства поверки: - метки диаметром 55±10 мм.

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

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на аппаратуру и поверочное оборудование, правилам по технике безопасности, действующим на месте проведения поверки, а также правилам по технике безопасности при производстве топографо-геодезических работ ПТБ-88 (Утверждены коллегией ГУГК при СМ СССР 09.02.1989 г., № 2/21).

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие аппаратуры следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида аппаратуры описанию типа средств измерений;
- отсутствие механических повреждений и других дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки.
- наличие маркировки и комплектности согласно требованиям эксплуатационной документации на аппаратуру.

Если перечисленные требования не выполняются, аппаратуру признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверить наличие действующих свидетельств о поверке на эталонные средства измерений;
- аппаратуру и средства поверки привести в рабочее состояние в соответствии с их эксплуатационной документацией;
- аппаратура должна быть установлена на специальных основаниях (фундаментах) или штативах, не подвергающихся механическим (вибрация, деформация, сдвиги) и температурным воздействиям.

8.2 При опробовании должно быть установлено соответствие аппаратуры следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов аппаратуры;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность всех функциональных режимов в соответствии с эксплуатационной документацией.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) «Leica Captivate» проводить следующим образом:

- Зайти в меню «Настройки»;
- выбрать пункт «О Leica Captivate»;
- открыть вкладку «ПО»;
- в появившемся диалоговом окне считать наименование и версию ПО.

Проверку идентификационных данных ПО «Leica ME_fw» проводить следующим образом:

- Зайти в меню «Пользователь»;
- выбрать пункт «О Leica Captivate»;
- открыть вкладку «GS датчик»;
- в появившемся диалоговом окне считать наименование и версию ПО.

Проверку идентификационных данных ПО «Leica Geo Office» (поставляется по заказу) проводить следующим образом:

- Зайти в меню «Интерфейса»;
- выбрать пункт «Справка»;
- открыть вкладку «О программе»;
- в появившемся диалоговом окне считать наименование и версию ПО.

Проверку идентификационных данных ПО «Leica Infinity» (поставляется по заказу) проводить следующим образом:

- Зайти в меню «Интерфейса»;
- выбрать пункт «Файл»;
- открыть вкладку «Общая информация о»;

в появившемся диалоговом окне считать наименование и версию ПО.

Номер версии и наименование ПО должно соответствовать данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение			
	Leica ME_fw	Leica Captivate	Leica Geo Office	Leica Infinity
Идентификационное наименование ПО				
Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже	7.710	6.00	8.40	3.4.3

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные (признаки) метрологически значимого ПО соответствуют приведенным в таблице 3.

Если перечисленные требования не выполняются, аппаратуру признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Статика»

Диапазон и абсолютная погрешность измерений длины базиса в режиме «Статика» определяются путем многократных измерений (не менее 5) двух интервалов эталонного базисного комплекса или двух контрольных длин базиса, определённых фазовым светодальномером (тахеометром) 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2831 и действительные значения которых расположены в диапазоне от 0 до 30 км.

Установить поверяемую аппаратуру над центрами пунктов базиса и привести ее спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям руководства по эксплуатации.

Убедиться в правильности функционирования и отсутствии помех приему сигнала со спутников.

Провести измерения поверяемой аппаратурой при условиях, указанных в таблице 4 настоящей методики поверки.

Таблица 4

Режим измерений	Количество спутников, шт.	Время измерений, мин	Интервал между эпохами, с.
«Статика»	≥ 6	от 20,0 до 60,0	1
«Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»		от 5,0 до 20,0*	

Поверка проводится при устойчивом закреплении поверяемой аппаратуры, открытом небосводе, отсутствии электромагнитных помех и многолучевого распространения сигнала спутников, а также при хорошей конфигурации спутниковых группировок.

* – после выполнения инициализации или достижения сходимости

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

При использовании контрольных длин базиса, еще раз измерить эталонным тахеометром их значения. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала

съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанной эталонному тахеометру. В случае, если измеренная длина базиса отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности эталонного тахеометра, необходимо повторить съёмку аппаратурой и повторно проконтролировать длину базиса L_{j_0} , эталонным тахеометром.

Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре в соответствии с руководством по эксплуатации. Абсолютная погрешность измерений длины базиса для больших длин определяется в режиме «Статика» по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника), длины сторон которой находятся в диапазоне от 3,0 км до 30,0 км, в соответствии с п. 6.4. МИ 2408-97 «Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Следует последовательно устанавливать аппаратуру на пунктах, образующих треугольник и согласно руководству по эксплуатации выполнить измерения и вычислить приращения координат между пунктами.

10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»

Диапазон и абсолютная погрешность измерений длины базиса в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)» определяются путем многократных измерений (не менее 10) двух интервалов эталонного базисного комплекса или двух контрольных длин базиса, определённой фазовым светодальномером (тахеометром) 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2831 и действительное значение которого расположено в диапазоне от 0 до 30 км.

Установить поверяемую аппаратуру над центрами пунктов базиса и привести ее спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям руководства по эксплуатации.

Убедиться в правильности функционирования и отсутствии помех приему сигнала со спутников.

Провести измерения поверяемой аппаратурой при условиях, указанных в таблице 4 настоящей методике поверки.

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

При использовании контрольных длин базиса, еще раз измерить эталонным тахеометром их значения. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанной эталонному тахеометру. В случае, если измеренная длина базиса отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности эталонного тахеометра, необходимо повторить съёмку аппаратурой и повторно проконтролировать длину базиса L_{j_0} , эталонным тахеометром.

Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре в соответствии с руководством по эксплуатации.

Абсолютная погрешность измерений длины базиса для больших длин определяется по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника), длины сторон которой находятся в диапазоне от 3,0 км до 30,0 км, в соответствии с п. 6.4. МИ 2408-97 «Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Следует последовательно устанавливать аппаратуру на пунктах, образующих треугольник и согласно руководству по эксплуатации выполнить измерения и вычислить приращения координат между пунктами.

10.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»

Диапазон и абсолютная погрешность измерений длины базиса в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)» определяются путем многократных измерений (не менее 10) двух интервалов эталонного базисного комплекса или двух контрольных длин базиса, определённой фазовым светодальномером (тахеометром) 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2831 и действительное значение которого расположено в диапазоне от 0 до 30 км.

Установить поверяемую аппаратуру над центрами пунктов базиса и привести ее спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям руководства по эксплуатации.

Убедиться в правильности функционирования и отсутствии помех приему сигнала со спутников.

Провести измерения на поверяемой аппаратуре при условиях, указанных в таблице 4 настоящей методики поверки.

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

При использовании контрольных длин базиса, еще раз измерить эталонным тахеометром их значения. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанной эталонному тахеометру. В случае, если измеренная длина базиса отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности эталонного тахеометра, необходимо повторить съёмку аппаратурой и повторно проконтролировать длину базиса L_{j_0} , эталонным тахеометром.

Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре в соответствии с руководством по эксплуатации.

Абсолютная погрешность измерений длины базиса для больших длин определяется по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника), длины сторон которой находятся в диапазоне от 3 км до 30 км, в соответствии с п. 6.4. МИ 2408-97 «Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Следует последовательно устанавливать аппаратуру на пунктах, образующих треугольник и согласно руководству по эксплуатации выполнить измерения и вычислить приращения координат между пунктами.

10.4 Определение абсолютной погрешности определения планово-высотного положения объектов в заданной системе координат по полученному в процессе фотографирования облаку точек относительно положения ровера в режиме измерений «Кинематика в реальном времени (RTK)», мм

Определение абсолютной погрешности определения планово-высотного положения объектов в заданной системе координат по полученному в процессе фотографирования облаку точек проводить в следующей последовательности:

- установить контрольную точку, с помощью тахеометра определить ее планово-высотное положение, в заданной системе координат;
- включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» согласно требованиям руководства по эксплуатации;
- включить компенсацию наклона;
- разместить контрольную метку в зоне проведения измерений;

- в качестве контрольной точки, используют метку приведенную на рисунке 1Б в Приложении Б к настоящей методике поверки (вместо меток допускается применять естественные ситуационные точки инженерных или иных объектов, однозначно определяемых по получаемому в процессе фотографирования облаку точек и однозначно опознаваемых на поверхности инженерных или иных объектов);
- с помощью тахеометра определить ее планово-высотное положение относительно эталонного базисного комплекса или контрольной длины базиса, в заданной системе координат;
- провести фотографирование контрольной метки при удалении от неё на расстоянии 2 м, двигаясь вокруг объекта, так чтобы камера была направлена влево или вправо относительно оператора прибора. Максимальное время съёмки ограничено 60 секундами;
- повторить фотографирование контрольной метки при удалении от неё на расстоянии 5 м и 10 м;
- повторить измерения при каждом удалении от метки, не менее 5 раз;
- сохранить данные после режима фотографирования;
- обработать данные, полученные по режиму фотографирования в программном обеспечении «Leica Captivate», в соответствии с руководством по эксплуатации;
- вычислить планово-высотное положение контрольной точки при каждом фотографировании.

Абсолютная погрешность измерений (при доверительной вероятности 0,95) вычисляется как сумма систематической и случайной погрешности и определяется по формуле:

$$\Delta S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n} - S_0 \right) \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n})^2}{n-1}},$$

где ΔS - абсолютная погрешность определения планово-высотного положения

(приращения координат по осям X, Y, H), мм;

S_0 - эталонное (действительное) значение планово-высотного положения объекта, мм;

S_{ij} - измеренное значение j-ого измерения i-м приёмом, мм;

n - число приёмов измерений j-ого.

Проверка диапазона измерений геометрических размеров объектов осуществляется одновременно с определением абсолютной погрешности измерений методом проведения измерений во всём заявляемом диапазоне.

Диапазон измерений не должны превышать значений, приведенных в Приложении А к настоящей методике поверки.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Абсолютная погрешность измерений каждой длины базиса (при доверительной вероятности 0,95) в режимах «Статика», «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)», определяется как сумма систематической и случайной погрешностей по формуле:

$$\Delta L_j = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_{ji}}{n_j} - L_{j_0} \right) \pm 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_{ji} - \frac{\sum_{i=1}^n L_{ji}}{n_j})^2}{n_j - 1}}, \text{ где}$$

ΔL_j – погрешность измерений j длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_{j_0} – эталонное значение j длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_{j_i} – измеренное поверяемой аппаратурой значение j длины базиса i измерением в плане/по высоте, мм;

n_j – число измерений j длины базиса.

Значения абсолютной (при доверительной вероятности 0,95) измерений для каждой длины базиса в режимах «Статика», «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)», в диапазоне измерений от 0 до 30000 м не должны превышать значений, приведенных в Приложении А к настоящей методике поверки.

Сумма приращений координат (невязка координат) замкнутой фигуры не должна превышать значений, вычисленных по формуле:

$$W_{X,Y,Z} = \sqrt{(\Delta_{1X,Y,Z})^2 + (\Delta_{2X,Y,Z})^2 + (\Delta_{3X,Y,Z})^2},$$

где $W_{X,Y,Z}$ – невязка координат в плане/по высоте, мм;

$\Delta_{iX,Y,Z}$ – допустимые значения погрешности приращений координат для i стороны треугольника в плане/по высоте, мм, приведенных в Приложении А к настоящей методике поверки.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в виде сводной таблицы результатов поверки по каждому пункту разделов 7 - 11 настоящей методики поверки.

12.2 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.3 При положительных результатах поверки аппаратура признается пригодной к применению и по заявлению владельца средств измерений или лица, представляющего средства измерений на поверку выдается свидетельство о поверке установленной формы. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

12.4 При отрицательных результатах поверки, аппаратура признается непригодной к применению и по заявлению владельца средств измерений или лица, представляющего средства измерений на поверку выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием основных причин.

12.5 В случае применения аппаратуры для работ, не требующих использования всех режимов измерений при периодической поверке по письменному заявлению владельца СИ допускается поверка аппаратуры по сокращенному числу режимов измерений с обязательной передачей в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений информации об объеме проведенной поверки.

Руководитель отдела
ООО «Автопрогресс-М»



К. А. Ревин

Приложение А
(Обязательное)
Метрологические характеристики

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение	
	Т	І
Модификация		
Диапазон измерений длины базиса, м	от 0 до 30 000	
Диапазон определения планово-высотного положения объектов в заданной системе координат по полученному в процессе фотографирования облаку точек относительно положения ровера в режиме измерений «Кинематика в реальном времени (RTK)», м	-	от 2 до 10
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины базиса (при доверительной вероятности 0,95) в режимах, мм: - «Статика»: <ul style="list-style-type: none"> - в плане - по высоте - «Кинематика» и «Кинематика в реальном времени (RTK)»: <ul style="list-style-type: none"> - в плане - по высоте - «Дифференциальный кодовый (DGPS)»: <ul style="list-style-type: none"> - в плане - по высоте 	$\pm 2 \cdot (3,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (8,0 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (15,0 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (250 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (250 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$, где D – измеряемое расстояние в мм	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности определения планово-высотного положения объектов в заданной системе координат по полученному в процессе фотографирования облаку точек относительно положения ровера в режиме измерений «Кинематика в реальном времени (RTK)» *, мм: <ul style="list-style-type: none"> - в плане - по высоте 	- -	± 20 ± 30
* - только для модификации І		

Приложение Б
(Обязательное)
Общий вид меток

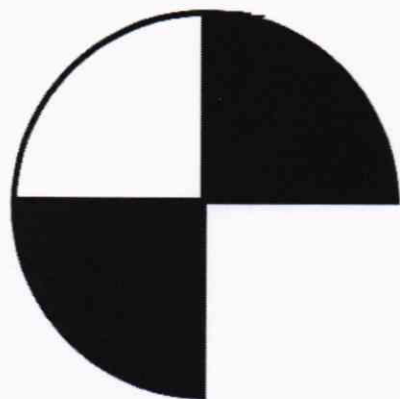


Рисунок 1Б – Метка. Диаметр 55 ± 10 мм.

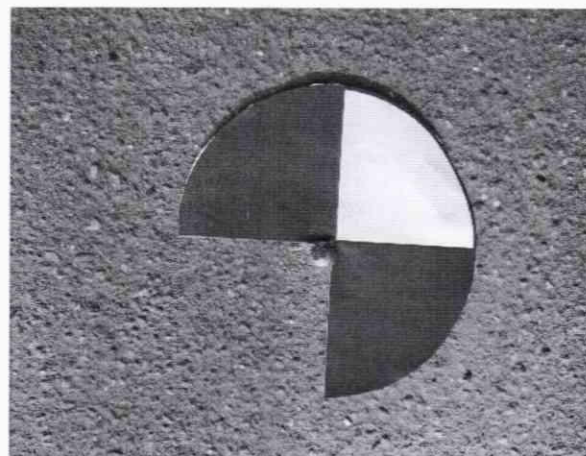


Рисунок 1Б – Метка. Диаметр 55 ± 10 мм.