

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

«16» января 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура геодезическая спутниковая eSurvey

Методика поверки

МП-1173-2026

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки аппаратуры геодезической спутниковой eSurvey (далее – аппаратура), применяемой в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложении А к настоящей методике поверки.

В целях обеспечения прослеживаемости поверяемого средства измерений к государственным первичным эталонам единиц величин необходимо соблюдать требования настоящей методики поверки.

Определение метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивает:

- в части измерений длин – передачу единицы длины методом прямых измерений или методом непосредственного сличения от рабочего эталона в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 июня 2024 г. № 1374, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному специальному эталону: ГЭТ199-2024 - Государственный первичный специальный эталон единицы длины;

- в части определения координат местоположения – методом прямых измерений от рабочего эталона в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 июня 2024 г. № 1374, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному: ГЭТ218-2022 - Государственный первичный специальный эталон координат местоположения.

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	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах «Статика», «Быстрая статика»	Да	Да	10.1
Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)»	Да	Да	10.2
Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения»	Да	Да	10.3
Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры	Да	Да	10.4
Определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»	Да	Да	10.5

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

Для модификации eRTK10 mini

- температура окружающей среды, °C от минус 30 до плюс 60

Для модификаций eBase 20, eRTK20, eRTK30, eRTK60

- температура окружающей среды, °C от минус 30 до плюс 65

Для модификации eRTK25

- температура окружающей среды, °C от минус 30 до плюс 70

Примечание: при проведении измерений условия окружающей среды средств поверки (эталонов) должны соответствовать требованиям, приведённым в их эксплуатационной документации.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемое средство измерений, средства поверки. Для проведения поверки достаточно одного поверителя.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8 – 10	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 40 до плюс 60 (70) °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7 рег. № 71394-18
10.1 – 10.4	Рабочий эталон 3-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 июня 2024 г. № 1374 – Базис эталонный или пространственный полигон, (0 – 30) км, ПГ не более $\pm(1+0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ мм, где L – измеряемая длина в мм;	Рабочий эталон единицы длины и приращения координат 1 разряда в диапазоне значений от 10 до 500 м (комплекс базисный эталонный) и единицы длины и приращения координат 3 разряда в диапазоне значений от 6000 до 28500 м (полигон пространственный эталонный) 3.7.АЗТ.0017.2025
	Вспомогательное оборудование: Средство измерений длины в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2840 – рулетка измерительная, КТЗ по ГОСТ 7502-98; Аппаратура потребителя геодезическая в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 июня 2024 г. № 1374 с метрологическими характеристиками не хуже, чем у поверяемого средства измерений в соответствующем режиме	Рулетки измерительные металлические торговой марки "Калиброн", рег. № 71665-18 Аппаратура геодезическая спутниковая многочастотная E-survey, рег. № 90314-23
10.4	Средство измерений углов наклона в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утверждённой приказом Росстандарта от 26.11.2018 г. №2482 – Квадрант оптический КО, диапазон измерений не менее 60°, предел допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,1^\circ$;	Квадранты оптические КО, рег. № 26905-15
10.5	Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с	Имитатор сигналов

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Государственной поверочной схемой для координатно-временных измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 июня 2024 г. № 1374 – Имитатор сигналов глобальных навигационных спутниковых систем, предел допускаемой погрешности формирования координат местоположения потребителя ГНСС ± 3 м	глобальных навигационных спутниковых систем GSG, рег. № 83742-21
Примечание: Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки, меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений, средства поверки, правилам по технике безопасности, которые действуют на месте проведения поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие средства измерений следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида средства измерений приведенному в описании типа описанию и изображению;
- маркировки требованиям описания типа;
- отсутствие механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- комплектность, необходимая для проведения измерений, в соответствии с руководством по эксплуатации.

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

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Перед проведением работ средство измерений и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержаны не менее 2 часов при постоянной температуре, в условиях, приведённых в п. 3 настоящей методики.

8.2 Опробование

При опробовании проверить:

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

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

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверка программного обеспечения (далее – ПО) SurPad.

Для идентификации ПО SurPad, установленном на контроллере, следует запустить ПО, выбрать в нижней части экрана раздел «Проект», выбрать раздел «О программе», считать номер версии.

9.2 Проверка МПО

Для идентификации МПО, установленного в аппаратуре, следует запустить ПО «SurPad», подключиться к аппаратуре, выбрать вкладку «Приемник», выбрать раздел «Информация», выбрать меню «Информация об устройстве», считать версию в строке «Версия прошивки».

9.3 Проверка ПО GEOSolution.

Для идентификации ПО GEOSolution, установленного на ПК, необходимо запустить ПО, выбрать главное меню «Помощь», выбрать раздел «О GEOSolution», считать номер версии.

Результат проверки считают положительным, если:

- наименование ПО соответствует указанному в описании типа
- номер версии ПО не ниже указанного в описании типа.

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

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах «Статика», «Быстрая статика»

10.1.1 Среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) и абсолютная погрешность измерений длин базисов в режиме «Статика» определяется с использованием базисных линий, входящих в состав базиса эталонного, пространственного полигона или комплекса базисного эталонного в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений.

10.1.2 Необходимо провести измерения не менее трёх базисных линий (далее – базисов), действительные значения длин которых расположены в заявляемом диапазоне измерений аппаратуры, при этом длина минимального определяемого базиса должна быть от 10 до 100 м, длина максимального определяемого базиса должна быть от 27 до 30 км. Длину каждого базиса измерить не менее 5 раз.

10.1.3 Абсолютная погрешность измерений длин базисов в режиме «Быстрая статика» определяется аналогично режиму «Статика», при этом, между каждым сеансом измерений, необходимо аппаратуру, установленную на одном из пунктов базиса, не выключая её и не теряя связь с ГНСС перемещать на расстояние не менее 50 метров от данного пункта и затем снова устанавливать на этот же пункт для проведения следующего измерения. Аппаратура, установленная на пункте, расположенном на другом конце базиса, в течении всего периода проведения измерений должна оставаться неподвижной.

10.1.4 Установить аппаратуру над центрами пунктов, расположенных на концах базисных линий и привести их спутниковые антенны к горизонтальной плоскости. Если при проведении измерений имеется в наличии только один экземпляр аппаратуры, то в качестве второго экземпляра аппаратуры использовать другую аппаратуру, метрологические характеристики которой должны быть не хуже, чем метрологические характеристики данной аппаратуры, например, аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную E-survey (рег. № 90314-23).

10.1.5 Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

10.1.6 Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям эксплуатационной документации.

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

10.1.8 Запустите программное обеспечение SruPad 4.2 и перейдите во вкладку «Прибор» – «Настройки связи». Выберите производителя и тип соответствующего устройства, затем

выполните поиск приёмника через Bluetooth или Wi-Fi. Найдите нужное устройство по его идентификатору и нажмите «Подключить». Далее перейдите во вкладку «Прибор» – «Статический режим». Задайте имя точки статической съёмки и введите следующие параметры: ограничение PDOP, угол отсечки по высоте, интервал записи, длительность записи (в минутах), режим записи (однократный или непрерывный). Включите автоматическую запись статических данных. Выберите способ измерения антенны (обычно используется измерение вертикальной высоты до нижней части приёмника — расстояние от опорной точки до резьбового отверстия непосредственно под приёмником). Введите измеренную высоту антенны и проверьте корректность автоматически рассчитанной высоты фазового центра антенны. После завершения всех настроек нажмите «Применить». По умолчанию статические данные сохраняются в формате **RINEX 2.10**. После завершения сбора данных в веб-интерфейсе доступны функции преобразования формата и загрузки данных.

10.1.9 Провести измерения при условиях, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Условия проведения измерений.

Таблица 5 – Условия проведения измерений			
Режим измерений	Кол-во спутников, шт.	Время измерений, мин	Интервал между эпохами, с.
«Статика», «Быстрая статика»	≥ 6	от 20 до 60	1
«Кинематика в реальном времени (RTK)»		от 0,1 до 1,0	
«Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом наклона аппаратуры			
«Дифференциальные кодовые измерения»		10	60
«Автономный»			
Измерения проводятся при устойчивом закреплении аппаратуры, открытом небосводе, отсутствии многолучевого распространения сигнала спутников, а также при хорошей конфигурации спутниковых группировок. Значение геометрического фактора PDOP не должно превышать 2			

10.1.10 После завершения статических измерений можно подключиться к устройству через Wi-Fi с компьютера и получить доступ к внутреннему хранилищу через WEB-интерфейс. В разделе загрузки файлов выберите соответствующие статические данные и выполните их скачивание. Для преобразования формата исходных статических данных можно использовать функцию «Convert». После нажатия «Convert» будет создан новый файл в соответствующем формате, доступный для загрузки.

10.1.11 Обработка исходных измерительных данных в программном обеспечении GEO Solution:

Создать новый проект

Ввести название проекта

Импортировать исходные данные в формате RINEX

Проверить параметры проекта: способ измерения антенны, высоту антенны, тип антенны, режим измерений

Открыть интерфейс обработки по умолчанию и выполнить расчёт базовой линии (baseline)

10.1.12 Если расчёт базовой линии выполнен успешно, перейдите во вкладку обработки (решения) и выберите рассчитанную базовую линию в таблице. Найдите столбец «Длина» (Distance) — значение в этом столбце соответствует рассчитанной длине базовой линии.

10.1.13 Среднее квадратическое отклонение измерений длин базисов δ_L определяется по формуле

$$\delta_{Li} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (L_{ij} - \bar{L}_i)^2}{n-1}} \quad (1)$$

где δ_{Li} – СКО измерений i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;
 L_{ij} – измеренное аппаратурой значение i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;
 $\bar{L}_i = \frac{\sum_{j=1}^n L_{ij}}{n}$ – среднее арифметическое из n измеренных значений длины базисной линии в плане/по высоте, мм;

j – номер измерения;

n – число измерений

10.1.14 Систематическая погрешность измерений вычисляется по формуле

$$D_{Li} = \frac{\sum_{j=1}^n (L_{ij} - L_{i0})}{n} \quad (2)$$

где D_{Li} – систематическая погрешность измерений i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;

L_{ij} – измеренное аппаратурой значение i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;

L_{i0} – эталонное значение i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;

j – номер измерения;

n – число измерений

10.1.15 Абсолютная погрешность измерений (при доверительной вероятности 0,95) длин базисов вычисляется как сумма систематической и случайной (СКО) погрешностей и определяется по формуле

$$\Delta_{Li} = \pm(|D_{Li}| + 2 \cdot \delta_{Li}) \quad (3)$$

где Δ_{Li} – абсолютная погрешность измерений i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм. Знак абсолютной погрешности принимают тот же, что и при вычислении систематической погрешности измерений;

D_{Li} – систематическая погрешность измерений i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;

δ_{Li} – СКО измерений i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм

Значения полученных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в Приложении А настоящей методики поверки.

10.2 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)»

10.2.1 СКО и абсолютная погрешность измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» определяется с использованием базисных линий, входящих в состав базиса эталонного, пространственного полигона или комплекса базисного эталонного в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений.

10.2.2 Необходимо провести измерения не менее трёх базисов, действительные значения длин которых расположены в заявляемом диапазоне измерений аппаратуры, при этом длина минимального определяемого базиса должна быть от 10 до 100 м, длина максимального определяемого базиса должна быть от 27 до 30 км. Длину каждого базиса измерить не менее 10 раз.

10.2.3 Установить аппаратуру над центрами пунктов, расположенных на концах базисных линий и привести их спутниковые антенны к горизонтальной плоскости. Если при проведении измерений имеется в наличии только один экземпляр аппаратуры, то в качестве

второго экземпляра аппаратуры использовать другую аппаратуру, метрологические характеристики которой должны быть не хуже, чем метрологические характеристики данной аппаратуры, например, аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную E-survey (рег. № 90314-23).

10.2.4 Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

10.2.5 Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям эксплуатационной документации.

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

10.2.7 Запустите программное обеспечение SruPad 4.2 и перейдите во вкладку «Прибор» – «Режим подвижной станции». Выберите соответствующий способ получения дифференциальных поправок: NTRIP или радиоканал, затем запустите устройство. В интерфейсе настройки введите необходимые параметры и нажмите «Применить». После успешного подключения устройство получит фиксированное решение (FIX).

10.2.8 Выполните измерения в заданной точке. Перейдите в раздел «Измерение» – «Точечное измерение» и нажмите кнопку «Сбор».

10.2.9 Выполняйте измерения в соответствии с условиями, приведёнными в таблице 3.

10.2.10 Для определения длины базовой линии можно проверить параметр «Расстояние до базовой станции» в подробной информации о точке при нажатии кнопки «Сбор». Также данный параметр можно проверить в базе данных точек после завершения съёмки, открыв подробную информацию о соответствующей точке.

10.2.11 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.2.12 СКО измерений длин базисов определяется по формуле (1).

10.2.13 Абсолютная погрешность измерений длины базиса определяется как сумма систематической и случайной погрешностей по формуле (3).

Значения полученных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в Приложении А настоящей методики поверки.

10.3 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения»

10.3.1 Определение СКО и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения» осуществляется аналогично определению абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)», настроив работу аппаратуры в соответствующем режиме.

10.3.2 СКО измерений длин базисов определяется по формуле (1).

10.3.3 Абсолютная погрешность измерений длин базисов определяется как сумма систематической и случайной погрешностей по формуле (3).

Значения полученных абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в Приложении А настоящей методики поверки.

10.4 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры

10.4.1 СКО и абсолютная погрешность измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом наклона аппаратуры определяется с использованием базисной линии, входящей в состав базиса эталонного, пространственного полигона или комплекса базисного эталонного в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений.

10.4.2 Выбрать базисную линию, действительная длина которой находится в пределах диапазона измерений аппаратуры. Установить аппаратуру над центрами пунктов, расположенных на концах базисных линий.

10.4.3 Привести спутниковую антенну аппаратуры, применяемую в качестве базовой станции к горизонтальной плоскости.

10.4.4 Измерения аппаратурой, применяемой в качестве подвижной станции (ровера, необходимо проводить при трёх значениях угла наклона аппаратуры, равномерно расположенных в диапазоне от 0 до 60 градусов. Задаваемый угол наклона контролировать с помощью квадранта.

10.4.5 Повторить действия по предыдущему пункту ещё не менее двух раз, поворачивая аппаратуру на 120 градусов в горизонтальной плоскости.

10.4.6 Измерения проводить аналогично проведению измерений в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)».

10.4.7 СКО измерений длин базисов определяется по формуле (1).

10.4.8 Абсолютная погрешность измерений длин базисов определяется как сумма систематической и случайной погрешностей по формуле (3).

Значения полученных абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в Приложении А настоящей методики поверки.

10.5 Определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»

10.5.1 Абсолютная погрешность определения координат в режиме «Автономный» определяется с использованием имитатора сигналов глобальных навигационных спутниковых систем ГНСС (далее – имитатор ГНСС). Измерения следует выполнять в соответствии с руководством по эксплуатации при моделировании имитатором сигналов условий (сценария) неподвижности аппаратуры.

10.5.2 Собрать рабочее место в соответствии с рисунком 1.

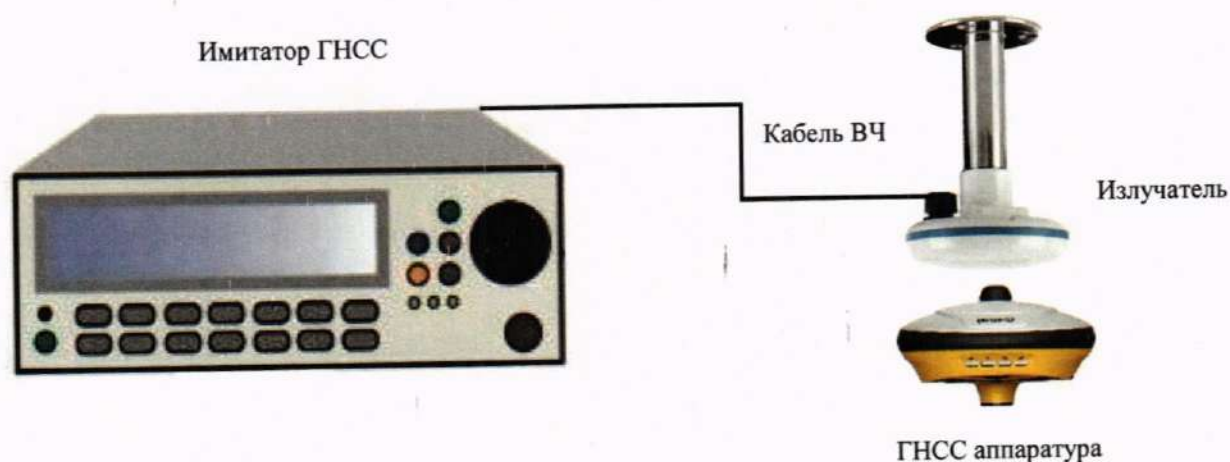


Рисунок 1 – Схема рабочего места при проведении испытаний в режиме «Автономный»

10.5.3 Составить сценарий имитации с параметрами, приведенными в таблице 4. Отслеживать значение геометрического фактора PDOP (не должно превышать 3).

Таблица 4 – Параметры сценария имитации.

Наименование параметра имитации	Значение параметра имитации
Формируемые спутниковые навигационные сигналы	ГЛОНАСС, GPS, Beidou
Продолжительность сценария	60 мин.
Количество каналов:	
ГЛОНАСС	8
GPS	8
Beidou	2
Параметры среды распространения навигационных сигналов: тропосфера, ионосфера	отсутствуют
Координаты в системе координат WGS-84:	

- широта	60°00'000000 N
- долгота	40°00'000000 E
- высота, м	100,00

10.5.4 Включить аппаратуру в соответствии с руководством по эксплуатации в необходимом режиме измерений.

10.5.5 Включить имитатор сигналов ГНСС, запустить требуемый сценарий имитации.

10.5.6 Убедиться, что аппаратура получает сигнал и отображает определяемые координаты. Значение геометрического фактора PDOP не должно превышать 3.

10.5.7 Настроить образцы аппаратуры на выдачу результатов измерений в протоколе NMEA. Осуществить запись измерений в формате NMEA сообщений с частотой 10 Гц в течение 10 минут.

10.5.8 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.5.9 Остановить работу имитатора.

10.5.10 Провести постобработку собранных данных и осуществить экспорт определённых в ходе измерений точек в формате текстового документа или MS Excel.

10.5.11 Вычислить погрешность определения координат широты ΔB_i^g в градусах единицы плоского угла (далее – градус, ...°) по формуле:

$$\Delta B_i^g = B_i - B_{0i} \quad (4)$$

где B_i – измеренное значение координаты B , °;
 B_{0i} – действительное значение координаты B , °;
 i – эпоха измерений.

10.5.12 Вычислить погрешность определения координат долготы ΔL_i^g в градусах по формуле:

$$\Delta L_i^g = L_i - L_{0i} \quad (5)$$

где L_i – измеренное значение координаты L , ...°;
 L_{0i} – действительное значение координаты L , ...°;
 i – эпоха измерений.

10.5.13 Значения погрешностей определения широты ΔB_i и долготы ΔL_i из градусов перевести в метры по формулам:

Для широты:

$$\Delta B_i^m = \frac{\Delta B_i^g \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{0i})^3}} \quad (6)$$

Для долготы:

$$\Delta L_i^m = \frac{\Delta L_i^g \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot \cos B_{0i}}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{0i}}} \quad (7)$$

где a – большая полуось общеземного эллипсоида, м (для WGS-84 $a=6378137$ м);
 e – эксцентриситет общеземного эллипсоида (для WGS-84 $e^2=0,006694337999$)

10.5.14 Вычислить математическое ожидание погрешности определения координат широты M_B и долготы M_L в метрах по формулам для широты:

$$M_B = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta B_i^m}{n} \quad (8)$$

для долготы:

$$M_L = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta L_i^m}{n} \quad (9)$$

где n – число измерений.

10.5.15 Вычислить среднеквадратическое отклонение результатов определения координат широты σ_B и долготы σ_L в метрах по формулам для широты:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta B_i - M_B)^2}{n-1}} \quad (10)$$

для долготы:

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta L_i - M_L)^2}{n-1}} \quad (11)$$

10.5.16 Вычислить абсолютную погрешность определения координат в плане $\Delta P_{B,L}$ в метрах по формуле

$$\Delta P_{B,L} = \pm \left(\sqrt{M_B^2 + M_L^2} + 2 \cdot \sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_L^2} \right) \quad (12)$$

10.5.17 Вычислить погрешность определения координат по высоте ΔH_i в по формуле

$$\Delta H_i = H_i - H_0 \quad (13)$$

где H_i – измеренное значение высоты, м;
 H_0 – действительное значение высоты, м;
 i – эпоха измерений.

10.5.18 Вычислить математическое ожидание погрешности определения координат по высоте M_H по формуле:

Для широты:

$$M_H = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_i}{n} \quad (14)$$

n – число измерений.

10.5.19 Вычислить среднеквадратическое отклонение определения высоты по формуле:

$$\delta_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - M_H)^2}{n-1}} \quad (15)$$

где H_i – измеренное значение координаты по высоте, мм;
 n – число измерений

10.5.20 Систематическая погрешность определения координат по высоте вычисляется по формуле:

$$D_H = \frac{\sum_{i=1}^n (H_i - H_0)}{n} \quad (16)$$

где D_H – систематическая погрешность определения координат по высоте, мм;
 H_i – измеренное испытываемым средством измерений значение координаты по высоте,

мм;

H_0 – действительное значение координаты по высоте, мм.

10.5.21 Абсолютная погрешность определения координат определяется как сумма систематической и случайной погрешностей по формуле:

$$\Delta_{Li} = \pm(|D_H| + 2 \cdot \delta_H) \quad (17)$$

где Δ_H – абсолютная погрешность определения координат по высоте, мм. Знак абсолютной погрешности принимают тот же, что и при вычислении систематической погрешности измерений;

D_H – систематическая погрешность измерений i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;

δ_H – СКО измерений i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;

Значения полученных абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в Приложении А настоящей методики поверки.

11 Оформление результатов поверки

Результаты поверки оформляются протоколом в произвольной форме.

Сведения о результате и объёме поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

При положительных результатах поверки средство измерений признается пригодным к применению. Выдача свидетельства о поверке средства измерений осуществляется в соответствии с действующим законодательством. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование средства измерений не производится.

При отрицательных результатах поверки, средство измерений признается непригодным к применению. Выдача извещения о непригодности к применению средства измерений с указанием основных причин непригодности осуществляется в соответствии с действующим законодательством.

Ведущий инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

К.А. Ревин

Приложение А

(обязательное)

Метрологические и технические характеристики

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений длин базисов, м	от 0 до 30000
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах*:	
- «Статика», «Быстрая статика» мм:	
- в плане	$\pm 2 \cdot (2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
- по высоте	$\pm 2 \cdot (5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
- «Кинематика в реальном времени (RTK)»**, мм:	
- в плане	$\pm 2 \cdot (8,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
- по высоте	$\pm 2 \cdot (10,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
- «Кинематика в реальном времени (RTK)»** с учётом наклона аппаратуры***, мм:	
- в плане	$\pm 2 \cdot (10 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,7 \cdot \alpha)$
- по высоте	$\pm 2 \cdot (15 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,7 \cdot \alpha)$
- «Дифференциальные кодовые измерения»**, мм:	
- в плане	$\pm 2 \cdot (400)$
- по высоте	$\pm 2 \cdot (800)$
Границы допускаемой абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»*, мм:	
- в плане	± 6000
- по высоте	± 6000
Среднее квадратическое отклонение измерений длин базисов в режимах:	
- «Статика», «Быстрая статика» мм:	
- в плане	$2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L$
- по высоте	$5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L$
- «Кинематика в реальном времени (RTK)»**, мм:	
- в плане	$8,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$
- по высоте	$10,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$
- «Кинематика в реальном времени (RTK)»** с учётом наклона аппаратуры***, мм:	
- в плане	$10 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,7 \cdot \alpha$
- по высоте	$15 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,7 \cdot \alpha$
- «Дифференциальные кодовые измерения»**, мм:	
- в плане	400
- по высоте	800
* При доверительной вероятности 0,95 ** При работе аппаратуры в режимах «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом наклона аппаратуры, «Дифференциальные кодовые измерения» необходима базовая станция, метрологические характеристики которой должны быть не хуже, чем метрологические характеристики аппаратуры *** Кроме модификаций eBase 20 α – угол наклона аппаратуры в градусах (не более 60 градусов) L – измеряемая длина в мм	