

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

М.п.

«05» ноября 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура геодезическая спутниковая PrinCe LT

Методика поверки

МП-264-2023

г. Чехов
2024 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки аппаратуры геодезической спутниковой PrinCe LT (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 передачу единицы длины методом непосредственного сличения от рабочего эталона 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, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному специальному эталону: ГЭТ199-2024 - Государственный первичный специальный эталон единицы длины.

В случае применения аппаратуры для работ, не требующих использования всех измерительных каналов, при проведении поверки по письменному заявлению владельца СИ допускается поверка отдельных измерительных каналов, с обязательной передачей в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений информации об объеме проведенной поверки.

2. Перечень операций поверки средства 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
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)»	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»	Да	Да	10.2
Определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»	Да	Да	10.3

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от минус 20 до плюс 60

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
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 20 °С до плюс 60 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7 (рег. № 71394-18)
п. 10.1 Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)»; п. 10.2 Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»	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, пространственный полигон или комплекс базисный эталонный, (0 – 30) км, ПГ не более $\pm(1+1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ мм, где L – измеряемая длина в мм; 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	Полигон пространственный эталонный «Центральный», рег. № 81551-21 Эталон единицы длины 3 разряда 3.7.АЖБ.0004.20 24 Рулетки измерительные металлические торговой марки "Калиброн", рег. № 71665-18 Аппаратура геодезическая спутниковая PrinCe iBase, рег. № 89966-23

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.3 Определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»	Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с 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	Имитатор сигналов 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 UM980_GSP10110.pkg.

Запустить программное обеспечение.

Необходимо в рабочей среде Android открыть меню «Настройки», выбрать пункт

«Система», затем выбрать пункт «Об устройстве». Номер версии отобразится в строке «Gnss Version».

9.2 Проверка программного обеспечения LandStar.

Запустить программное обеспечение.

Перейти на вкладку «Настройки», открыть меню «ПО». Номер версии отображается в первой строке данного меню.

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 абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)»

10.1.1 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.

10.1.2 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 10 раз.

10.1.3 Установить аппаратуру, базу и ровер, над центрами пунктов, расположенных на концах базисных линий и привести их спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

10.1.4 Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

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

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

10.1.7 Используя ПО LandStar подключиться к базовому приёмнику по NTRIP/APIS. Во вкладке «Настр.» выбираем «Ровер» - нажимаем использовать настроенный стиль подключения. После успешного подключения появится фиксированное решение.

10.1.8 Выполнить измерения на определяемом пункте, перейдя во вкладку «Работа» - «Карта» или «Работа» - «Съемка»

10.1.9 Провести измерения при условиях, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Условия проведения измерений.

таблица 3 – Условия проведения измерений.

Режим измерений	Кол-во спутников, шт.	Время измерений, мин	Интервал между эпохами, с.
«Кинематика в реальном времени (RTK)»	≥ 6	от 0,1 до 1,0	1
«Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»			
«Автономный»		10	60
Поверка проводится 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 3			

10.1.10 Для определения длины базиса, необходимо перейти во вкладку «Задачи» - «ОГЗ», выбираем две точки - точку «Base» и измеренную точку на определяемом пункте, получаем расстояние между ними

10.1.11 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.1.12 Среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) измерений длин базисов δ_{Li} 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

10.1.13 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

10.1.14 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 абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в п.1 настоящей методики поверки.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»

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

Значения абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в п.1 настоящей методики поверки.

10.3 Определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»

10.3.1 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.

10.3.2 Собрать рабочее место в соответствии с рисунком 1.

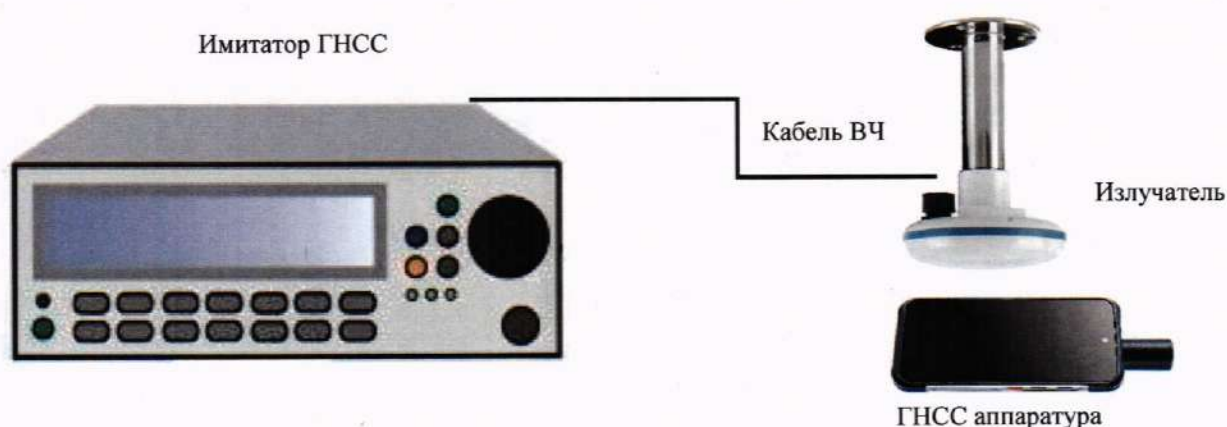


Рисунок 1 – Схема рабочего места при проведении испытаний в режиме «Автономный»

10.3.3 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

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

10.3.5 Включить имитатор сигналов ГНСС, запустить требуемый сценарий имитации.

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

10.3.7 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.

10.3.8 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.3.9 Остановить работу имитатора.

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

10.3.11 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.

10.3.12 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.

10.3.13 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:

$$\Delta L_i^m = \frac{\Delta L_i^g \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2) \cdot \cos B_{0i}}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{0i})^3}} \quad (7)$$

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

10.3.14 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 i – эпоха измерений;
 n – число измерений.

10.3.15 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:

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

где i – эпоха измерений;
 n – число измерений.

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

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

10.3.17 Вычислить погрешность определения координат по высоте ΔH_i в по формуле

$$\Delta H_i = H_i - H_0, \text{ где} \quad (13)$$

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

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

Для широты:

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

где i – эпоха измерений;
 n – число измерений.

10.3.19 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;
 i – эпоха измерений;
 n – число измерений.

10.3.20 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.
 i – эпоха измерений;
 n – число измерений.

10.3.21 Абсолютная погрешность измерений длины базиса определяется как сумма систематической и случайной (СКО) погрешностей по формуле:

$$\Delta_H = \pm(|D_H| + 2 \cdot \delta_H) \quad (17)$$

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

Значения абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в п.1 настоящей методики поверки.

11.Оформление результатов поверки

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 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 *: «Кинематика в реальном времени (RTK)» **, мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (100 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ $\pm 2 \cdot (200 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
«Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)» **, мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (250 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ $\pm 2 \cdot (500 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
Границы допускаемой абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный» *, мм: - в плане - по высоте	± 6000 ± 6000
<p>* При доверительной вероятности 0,95</p> <p>** При работе аппаратуры в режимах «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)» необходима базовая станция, метрологические характеристики которой должны быть не хуже, чем метрологические характеристики аппаратуры</p> <p>где L – измеряемая длина в мм</p>	