

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

«11» ноября 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура геодезическая спутниковая PrinCe i20AR

Методика поверки

МП-137-2024

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки аппаратуры геодезической спутниковой PrinCe i20AR (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.

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.

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
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах «Статика», «Быстрая статика»	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»	Да	Да	10.2
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»	Да	Да	10.3
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом наклона аппаратуры	Да	Да	10.4

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от минус 40 до плюс 65.

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 °С до плюс 65 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7М (рег.№ 71394-18)
10	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, ПГ не более $\pm(1+1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ мм, где L – измеряемая длина в мм;	Полигон пространственный эталонный «Центральный», рег. № 81551-21
	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 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
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 80°, предел допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,1^\circ$;	Квадранты оптические КО (рег. № 26905-15)
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 МПО.

Для идентификации МПО, установленного в аппаратуру, необходимо подключиться к

аппаратуре, используя ПО «LandStar» и выбрать пункт «Инфо» на вкладке «Настр.». Номер версии отобразится в строке «МПО».

9.2 Проверка программного обеспечения «LandStar»

Для идентификации ПО «LandStar», установленного на контроллер, следует запустить ПО, нажать на кнопку «≡», выбрать пункт «О программе». Номер версии отобразится в строке «Landstar».

9.3 Проверка программного обеспечения «CHC Geomatics Office 2».

Для идентификации ПО «CHC Geomatics Office 2», установленного на ПК, необходимо запустить ПО, в главном экране выбрать вкладку «Поддержка», затем выбрать пункт «О программе».

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 режимах «Статика», «Быстрая статика»

10.1.1 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» определяются 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 ее спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

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 Запустить ПО LandStar 8, перейти во вкладку «Настр.» - «Подключение», в соответствии с моделью оборудования выбрать устройство и тип антенны, произвести поиск приёмника по BT или Wi-Fi, после этого нажать «Подкл.». Затем перейти в раздел – «Статика» и установить ползунок «Вкл.» в правое положение, затем выставить настройки для записи статических измерений, установить версию формата записи измерений HCN версии 1.0, так же можно выставить запись формата RINEX. Выставить требуемый интервал записи и установить «Сеанс» (Время измерения на точке, в минутах) в соответствии с таблицей 3, задать имя точки (латиницей), установить высоту антенны, наклонная - измеряется до пластинки измерения, которая идет в комплекте и устанавливается сразу под приёмником, вертикальная – до низа

крепления приёмника с вехой. Далее выставить угол возвышения (рекомендованное – 10 градусов). После того, как выставили все настройки, необходимо нажать кнопку «**Установить**», после этого начнут записываться статические измерения (Записываются в память приёмника). Повторить действия по данному пункту со вторым средством измерений. После того, как записали статические измерения, необходимо переместить ползунок «**Включить**» в левое положение и снизу нажать «**Уст.**».

10.1.9 Провести измерения при условиях, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – 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», «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом наклона аппаратуры		от 0,1 до 1,0	
«Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»			
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 Абсолютная погрешность измерений длин базисов в режиме «Быстрая статика» определяется аналогично режиму «Статика», за исключением необходимости определения не менее 5 контрольных длин линий. Расстояние между соседними определяемыми пунктами должно быть не менее 100 метров. Допускается использование одного определяемого пункта, при этом между измерениями необходимо не выключая аппаратуру и не теряя связь с ГНСС перемещать её на расстояние не менее 50 метров от определяемого пункта.

10.1.11 После того, как статические измерения будут записаны, необходимо подключить аппаратуру к ПК кабелем USB, или по Wi-Fi (FTP- сервер), и скачать статические измерения на ПК, они будут храниться в папке **record_1** в отдельной папке, наименование которой соответствует дате наблюдений.

10.1.12 Провести обработку данных сырых измерений с использованием ПО CHC Geomatics Office 2:

- создать **Новый проект**
- произвести импорт «сырых» измерений в виде файлов формата.HCN или RINEX
- перейти во вкладку **РР – Импорт – Указать путь к файлу**
- указать модель ГНСС-антенны, высоту и способ ее измерения
- во вкладке **РР-обработка** произвести расчет базовой линии

10.1.13 При успешном расчете базовой линии переходим во вкладку **GNSS-базовые линии**, выбираем вычисленную базовую линию в таблице, находим столбик с наименованием **расстояние**. За измеренное значение длины базиса принимается рассчитанное в ПО значение **Базовой линии**.

10.1.14 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

10.1.15 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

10.1.16 Абсолютная погрешность измерений (при доверительной вероятности 0,95) длин базисов вычисляется как сумма систематической и случайной погрешности 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 абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в Приложении А к настоящей методики поверки.

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

10.2.1 Абсолютная погрешность измерений длин базисов в режимах «Кинематика», «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 многократно, не менее 10 раз, измерения базисных линий (базисов), действительные значения длин которых расположены в заявляемом диапазоне измерений аппаратуры.

10.2.3 Установить аппаратуру над центрами пунктов, расположенных на концах базисных линий и привести ее спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

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 Провести измерения при условиях, указанных в таблице 3.

10.2.8 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.2.9 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 к настоящей методики поверки.

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

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

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

10.4.1 Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры осуществляется аналогично определению СКО и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)».

10.4.2 Измерения необходимо проводить при трёх значениях угла наклона, равномерно расположенных в диапазоне от 0 до 60 градусов. Задаваемый угол наклона контролировать с помощью квадранта.

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

Значения полученных абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в Приложении А к 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*: «Статика», «Быстрая статика», мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ $\pm 2 \cdot (5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
«Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (8 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ $\pm 2 \cdot (15 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
«Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом наклона аппаратуры, мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (13 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,7 \cdot \alpha)$ $\pm 2 \cdot (15 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
«Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)», мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (250 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ $\pm 2 \cdot (500 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
* При доверительной вероятности 0,95 где L – измеряемая длина в мм, α – угол наклона аппаратуры в градусах (не более 60 градусов)	