

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

«09» июня 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура геодезическая спутниковая NAVMOPRO

Методика поверки

МП-939-2025

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки аппаратуры геодезической спутниковой NAVMOPO (далее – аппаратура), применяемой в качестве рабочего средства измерений, и устанавливает методику ее первичной и периодической поверки.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений длины базиса, м	от 0 до 30000
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины базиса (при доверительной вероятности 0,95) в режимах:	
- «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» и «Кинематика в реальном времени (RTK)», мм:	
- в плане	$\pm 2 \cdot (8 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
- по высоте	$\pm 2 \cdot (15 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot D)$
- «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом наклона аппаратуры, мм*	
- в плане	$\pm 2 \cdot (10,5 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,2 \cdot \alpha)$
- по высоте	$\pm 2 \cdot (17,5 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,2 \cdot \alpha)$
- «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом измерений встроенной фотокамерой, мм*	
- в плане	$\pm 2 \cdot (10,5 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L + 30 + 0,2 \cdot \alpha)$
- по высоте	$\pm 2 \cdot (17,5 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L + 30 + 0,2 \cdot \alpha)$
- «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)», мм:	
- в плане	± 500
- по высоте	± 1000

* - допускается наклон от 0 до 30 °.

Примечания

1. L – длина линии, вычисленная по измеренным длинам базисов в мм.

2. α – угол наклона аппаратуры в градусах.

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 прямых измерений 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 2.

Таблица 2 – 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			10
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «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 (DGPS)»	Да	Да	10.3
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом измерений встроенной фотокамерой	Да	Да	10.4
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры	Да	Да	10.5

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от минус 30 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 требованиям к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – 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 45 °C до плюс 60 °C с абсолютной погрешностью не более ± 1 °C;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег.№ 71394-18
10.1-10.5	<p>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 $\pm(1+1\cdot10^{-6}\cdot L)$ мм, где L – измеряемая длина в мм;</p> <p>Вспомогательное оборудование:</p> <p>Средство измерений длины в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от $1\cdot10^{-9}$ 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, КТ3 по ГОСТ 7502-98;</p> <p>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</p>	<p>Полигон пространственный эталонный «Центральный», рег. № 81551-21; Эталон единицы длины 3 разряда 3.7.АЖЬ.0004.20 24</p> <p>Рулетки измерительные металлические торговой марки "Калиброн", рег. № 71665-18</p> <p>Аппаратура геодезическая спутниковая SinoGNSS T30, рег. № 89966-23</p>
10.4	Визирная марка размером не менее 50 мм	Марка 6" Trimble 6705-10-TRK
10.5	Средство измерений углов наклона в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта от 26.11.2018 г. №2482 – Квадрант оптический КО, диапазон измерений не менее 60°, предел допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1$ °	Квадранты оптические КО, рег. № 26905-15
<p>Примечание: Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</p>		

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 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

Для идентификации ПО «NAVMOPO Survey», установленного на контроллер, следует запустить ПО, нажать на кнопку «≡», выбрать пункт «Обновление программного обеспечения». Номер версии отобразится в строке «Текущая версия»;

- для идентификации МПО, установленного в аппаратуру, необходимо подключиться к аппаратуре, используя ПО «NAVMOPO Survey», нажать на кнопку «Устройство» Номер версии отобразится в строке «Номер текущей 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 абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «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» определяется аналогично режиму «Статика» при этом, между каждым сеансом измерений, необходимо аппаратуре, 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, расположеннем на другом конце базиса, в течении всего периода проведения измерений должна оставаться неподвижной.

10.1.4 Установить проверяемую аппаратуру над центрами пунктов, расположенных на концах базисных линий и привести их 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 Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям эксплуатационной документации.

10.1.9 Провести измерения при условиях, указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Условия проведения измерений.

Режим измерений	Количество спутников, шт.	Время измерений, мин	Интервал между эпохами, с.
«Статика»		от 20 до 60	
«Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»			
«Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»			
«Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом измерений встроенной фотокамерой	≥ 6	от 0,1 до 1,0	1
«Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом наклона аппаратуры»			
Проверка 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 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.1.11 Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре.

10.1.12 Среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) измерений длин базисов δL 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

Значение абсолютной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в Таблице 1 настоящей методики поверки.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «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 измерения не менее трёх базисов, действительные значения длин которых расположены в заявляемом диапазоне измерений аппаратуры. 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.

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 на поверяемой аппаратуре при условиях, указанных в таблице 3.

10.2.8 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.2.9 Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре.

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

Значение абсолютной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в таблице 1 настоящей методики поверки.

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

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

Значение абсолютной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в таблице 1 настоящей методики поверки.

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

10.4.1 Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом измерений встроенной фотокамерой

10.4.2 Абсолютная погрешность 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.

10.4.3 Необходимо провести измерения не менее трёх базисов, действительные значения длин которых расположены в заявляемом диапазоне измерений аппаратуры. Длину каждого базиса измерить не менее 5 раз.

10.4.4 Установить аппаратуру, используемую в качестве базовой станции над центром одного из пунктов базиса и привести ее спутниковую антенну к горизонтальной плоскости.

10.4.5 Поверяемую аппаратуру (рover) установить на веху.

10.4.6 Над центром определяемого пункта базиса установить визирную марку (далее – марка). Марка представляет собой квадратный или круглый щит размером не менее 50×50 мм, поверхность щита окрашивается белой краской или разделена на черно-белые секторы. Располагать марку следует к аппаратуре таким образом, чтобы плоскость мишени была перпендикулярна направлению измерений. Пример марки приведён на рисунке 1;



Рисунок 1 – Визирная марка

10.4.7 Измерить высоту установки антенн аппаратуры и марки с помощью рулетки.

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

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

10.4.10 Измерения на поверяемой аппаратуре проводить при условиях, указанных в таблице 3.

10.4.11 Определить положение центра марки с использованием встроенной фотокамеры, располагая веху с установленным ровером на расстоянии от 1 до 5 метров.

10.4.12 Повторить измерения по предыдущему пункту, располагая веху с установленным ровером на расстоянии 5-10 метров.

10.4.13 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

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

Значение абсолютной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в таблице 1 настоящей методики поверки.

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

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

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

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

Значение абсолютной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в таблице 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.

Инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

С.К. Нагорнов