

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

«30» октября 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура геодезическая спутниковая Kobus Navi

Методика поверки

МП-325-2024

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки аппаратуры геодезической спутниковой Kobus Navi (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 таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений длин базисов, м	от 0 до 30000
Границы допускаемой абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)», мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (8,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ $\pm 2 \cdot (15,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
Допускаемое среднее квадратическое отклонение измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)», мм: - в плане - по высоте	$8,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$ $15,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$
Границы допускаемой абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат в режиме «Автономный», мм: - в плане - по высоте	± 6000 ± 6000
L – длина линии, вычисленная по измеренным длинам базисов в мм	

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 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 части определения координат местоположения методом прямых измерений от рабочего эталона 2-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: 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 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 и среднего квадратического отклонения измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)»	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»	Да	Да	10.2

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от минус 40 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 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 40 °С до плюс 70 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7 (рег.№ 71394-18)

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.1	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;	Рулетки измерительные металлические торговой марки "Калиброн", рег. № 71665-18;
10.2	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 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 «KobusNavi R4», установленного в аппаратуру, необходимо подключиться к аппаратуре, используя ПО «KobusNavi», и выбрать пункт «Настройки», далее «Информация о плате», далее «Диалог с прошивкой». Номер версии отобразится в открывшемся окне.

9.2 Проверка программного обеспечения «KobusNavi»

Для идентификации ПО «KobusNavi», установленного на персональный компьютер или контроллер, следует запустить ПО. Номер версии отображается в верхнем левом углу окна программы.

9.3 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 и среднего квадратического отклонения измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)»

10.1.1 Среднее квадратическое отклонение и абсолютная погрешность измерений длин базисов в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)» определяются путем многократных измерений (не менее 5) эталонного базисного комплекса 3 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, и действительное значение которого расположено в диапазоне от 0 до 30 км.

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

10.1.3 В качестве базовой станции допускается использовать средство фазовых измерений приращения координат по сигналам ГНСС в диапазоне от 0 до 30,0 км, значения абсолютной и средней квадратической погрешностей которого не превышают значения, указанные в таблице 1 настоящей методики поверки.

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

Таблица 4 – 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
Автономный		10	60
Поверка проводится при устойчивом закреплении поверяемой аппаратуры, открытом небосводе, отсутствии многолучевого распространения сигнала спутников, а также при хорошей конфигурации спутниковых группировок. Значение геометрического фактора PDOP не должно превышать 3			

10.1.8 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.1.9 Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре.

10.1.10 СКО измерений длин базиса 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 базиса в плане/по высоте, мм;

L_{ij} – измеренное средством измерений значение i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;

$\bar{L}_i = \frac{\sum_{j=1}^n L_{ij}}{n}$ – среднее арифметическое из n измеренных значений длины базиса в плане/по высоте, мм;

j – номер измерения;

n – число измерений.

10.1.11 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 базиса в плане/по высоте, мм;

L_{ij} – измеренное средством измерений значение i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;

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

j – номер измерения;

n – число измерений.

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

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

где Δ_{Li} – абсолютная погрешность измерений i -й длины базиса 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 базиса в плане/по высоте, мм;

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

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

10.2 Определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»

10.2.1 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.

10.2.2 Собрать рабочее место в соответствии с рисунком 1.

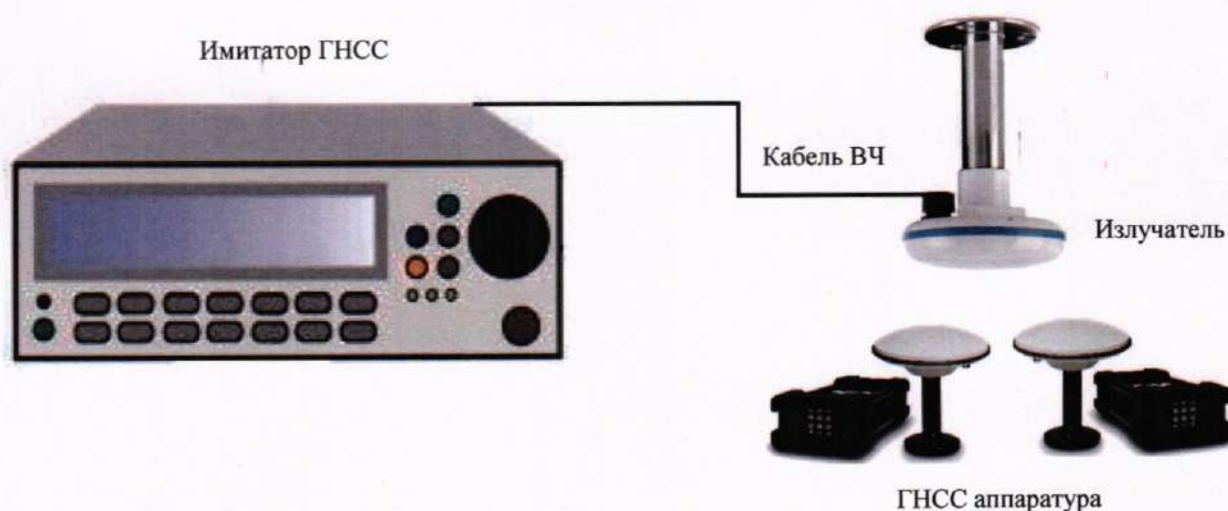


Рисунок 1 – Схема рабочего места при проведении испытаний на воздействие климатических факторов внешней среды

10.2.3 Составить сценарий имитации с параметрами, приведенными в таблице 5. Отслеживать значение геометрического фактора PDOP (не должно превышать 3).

Таблица 5 – 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

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

10.2.5 Включить имитатор сигналов ГНСС, запустить требуемый сценарий имитации.

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

10.2.7 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.

10.2.8 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.2.9 Остановить работу имитатора.

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

10.2.11 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, \dots° ;
 B_{0i} – действительное значение координаты B, \dots° ;
 i – эпоха измерений.

10.2.12 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, \dots° ;
 L_{0i} – действительное значение координаты L, \dots° ;
 i – эпоха измерений.

10.2.13 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 $e^2=0,006694337999$)

10.2.14 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.

10.2.15 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:

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

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

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

10.2.17 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.

10.2.18 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 n – число измерений.

10.2.19 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

10.2.20 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.

10.2.21 Абсолютная погрешность измерений длины базиса определяется как сумма систематической и случайной 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 i -й координаты по высоте, мм;
 δ_H – СКО измерений i -й координаты по высоте, мм;

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.

Ведущий инженер по метрологии ЛОЕИ
 ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



К.А. Ревин