

СОГЛАСОВАНО

**Начальник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России**



Ф. Е. Мамлеев

2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура спутниковая геодезическая South

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

2307-25 МП

2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки средства измерений	3
3 Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	5
5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	5
6 Требования к условиям проведения поверки	5
7 Внешний осмотр средства измерений	6
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	6
9 Проверка программного обеспечения средства измерений	8
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	8
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	14
12 Оформление результатов поверки	18

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на аппаратуру спутниковую геодезическую South (далее – аппаратура), изготавливаемую фирмой «SOUTH SURVEYING & MAPPING TECHNOLOGY CO., LTD.», Китай, и устанавливает методы и средства ее первичной и периодической поверок.

1.2 Поверяемая аппаратура имеет прослеживаемость к Государственному первичному специальному эталону единицы длины ГЭТ 199-2024 по государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Росстандарта от 07.06.2024 № 1374.

1.3 Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.4 Сокращенная поверка аппаратуры не возможна.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Перед проведением поверки аппаратуры провести внешний осмотр и операции подготовки ее к работе.

2.2 Метрологические характеристики аппаратуры, подлежащие проверке, и операции поверки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
1 Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8		
2.1 Подготовка к поверке	8.1	да	да
2.2 Опробование	8.2	да	да
3 Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	да
4 Определение метрологических характеристик средства измерений	10		
4.1 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Статика»	10.1	да	да
4.2 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режимах «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)»	10.2	да	да
4.3 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика	10.3	да	да
4.4 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика и встроенного лазерного дальномера ¹⁾	10.4	да	да
4.5 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения»	10.5	да	да

Продолжение таблицы 1

1	.	2	3	4
5. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям		11	да	да

¹⁾ Только для модификаций INNO 5 и ALPS1

3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

3.1 Метрологические и технические требования, рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 2.

Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

Таблица 2

Номер пункта методики	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
<i>Основные средства</i>		
10.1-10.5	Рабочий эталон 3-го разряда - эталонные базисы и эталонные пространственные полигоны в диапазоне длин до 4000 км в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной Приказом Росстандарта от 07.06.2024 № 1374, предел допускаемой абсолютной погрешности эталонных базисов и эталонных пространственных полигонов Δ от 1,5 до 300 мм	Комплекс геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минобороны России» (регистрационный номер в Федеральном информационной фонде по обеспечению единства измерений (рег. № 42877-09))
10.4	Рабочий эталон 2-го разряда - тахеометр в диапазоне длин до 5000 м в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной Приказом Росстандарта от 07.06.2024 № 1374, допускаемое СКО измерений расстояний не более $(0,6+1\cdot10^{-6}\cdot D)$ мм, где D – измеряемое расстояние, мм	Тахеометр электронный Leica TS30 (рег. № 40890-09)
10.1, 10.2	Рабочий эталон 2-го разряда - имитаторы сигналов ГНСС с несколькими радиочастотными выходами в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Росстандарта от 07.06.2024 № 1374, предел допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения приращений координат (длин базисных линий) $(0,004+0,5\cdot10^{-3}\cdot L)$ м, где L – измеряемое расстояние, м	Установка измерительная - имитатор сигналов прецизионный многофункциональный К2-99 (рег. № 71594-18)
<i>Вспомогательные средства</i>		
10.3, 10.4	Средства измерений углов в диапазоне $\pm 120^\circ$ с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений углов $\pm 30''$	Квадрант оптический малогабаритный КО-10 (рег. № 1947-75)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
10.1 - 10.5	Средства измерений приращений координат с абсолютной погрешностью измерений длины базиса (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Статика» в плане $\pm 2 \cdot (2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм, по высоте $\pm 2 \cdot (5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм, где D – измеряемое расстояние, мм	Аппаратура геодезическая спутниковая многочастотная South Galaxy G3 (рег. № 91121-24)
10.1 - 10.5	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от -45°C до $+75^{\circ}\text{C}$ с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 1^{\circ}\text{C}$	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный ТСПВ-1.1 (рег. № 50256-12)
10.1 - 10.5	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 10% до 98%, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 3\%$, температуры воздуха в диапазоне измерений от -10°C до $+60^{\circ}\text{C}$, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$, абсолютного давления в диапазоне измерений от 30 до 120 кПа, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,5$ кПа	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 55464-13)

3.2 Все средства поверки должны быть исправны, применяемые при поверке средства измерений и рабочие эталоны должны быть поверены и иметь свидетельства о поверке с не истекшим сроком действия на время проведения поверки или знак поверки на приборе или в документации.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки аппаратуры допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющий опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке и имеющий право на поверку.

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные Приказом Минтруда России от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.2.091-2012 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование. Любые подключения производить только при отключенном напряжении питания аппаратуры.

5.2 К работе с аппаратурой допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94, ГОСТ Р 51350-99, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха от -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$ в полевых условиях;
- относительная влажность воздуха, % 65 ± 15 ;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) 100 ± 4 (750 ± 30).

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие механических повреждений;
- отсутствие ослабления элементов;
- четкость фиксации их положения;
- чёткость обозначений;
- чистоту и исправность разъёмов и гнёзд.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если отсутствуют внешние механические повреждения и неисправности, влияющие на работоспособность поверяемой аппаратуры, органы управления находятся в исправном состоянии.

7.3 Аппаратура, имеющая дефекты (механические повреждения), бракуется и направляется в ремонт.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Поверитель должен изучить РЭ поверяемой аппаратуры и используемых средств поверки.

8.1.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность аппаратуры в соответствии с ЭД;
- проверить наличие действующих свидетельств о поверке средств измерений.

8.2 Опробование

8.2.1 Разместить аппаратуру на геодезическом пункте из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минобороны России» таким образом, чтобы осуществлялся уверенный прием радионавигационных сигналов различных ГНСС.

8.2.2 Включить аппаратуру путем нажатия кнопки включения/выключения питания в течение 1 с. После этого загорятся индикаторные лампочки и аппаратура загрузится в течение 10 с с выдачей сообщения о текущем режиме работы (например, «Ровер с внутренним радио»).

8.2.3 Для проведения самодиагностики аппаратуры зажать кнопку включения в течение 10 с (не отпускать кнопку включения даже если аппаратура сообщает, что она выключается или меняет режим работы). В момент появления голосового сообщения **Самодиагностика** отпустить кнопку питания. Когда аппаратура издаст голосовое сообщение «Самодиагностика» отпустить кнопку включения/выключения. Аппаратура начинает проверять состояние составных частей по очереди в следующей последовательности:

- проверка OEM платы;
- проверка модуля УКВ;
- проверка датчиков;
- проверка модуля WiFi;
- проверка модуля Bluetooth.

При положительных результатах самодиагностики аппаратура озвучит текущий режим работы переходит в режим поиска и сопровождения радионавигационных сигналов ГНСС.

8.2.4 Подключить ПЭВМ (либо любое устройство с возможностью подключения к точкам доступа Wi-Fi) к беспроводной локальной сети аппаратуры, используя ее Wi-Fi точку доступа, согласно РЭ.

8.2.5 Запустить на ПЭВМ браузер и в поисковой строке ввести в адресную строку <http://10.1.1.1> для перехода в Web-интерфейс аппаратуры.

8.2.6 Пройти аутентификацию согласно РЭ.

8.2.7 После успешного входа в Web-интерфейс аппаратуры на экране отобразится главная страница Web-интерфейса (рисунок 1).

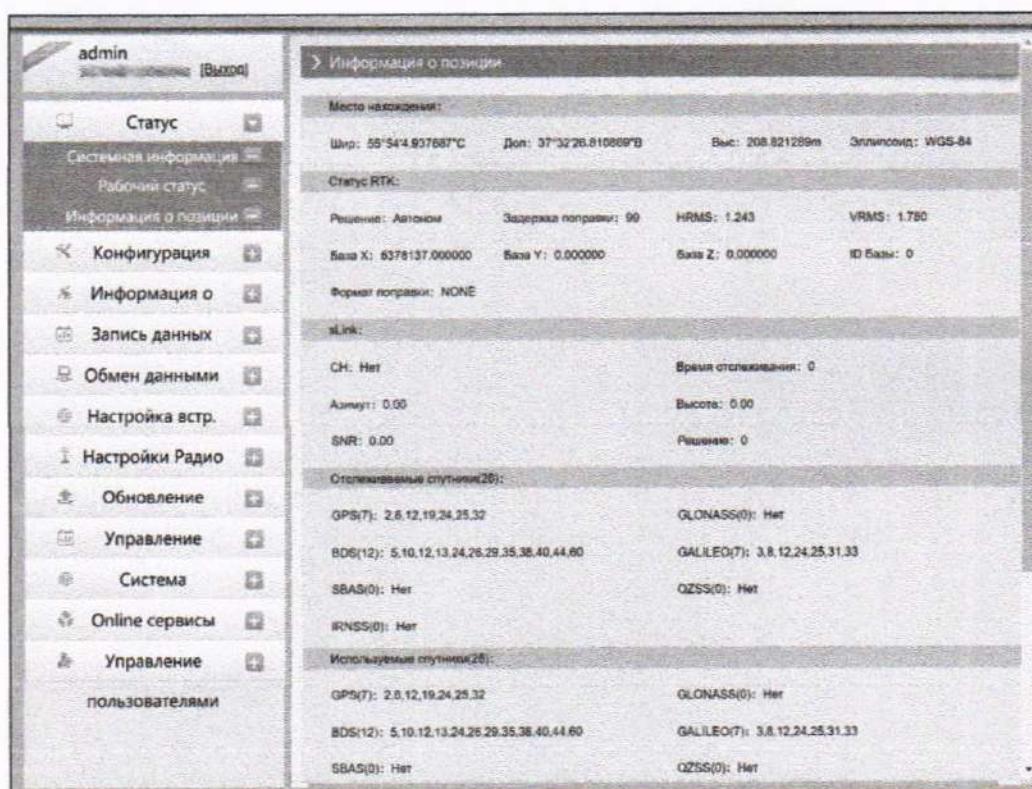


Рисунок 1 - Внешний вид главной страницы Web-интерфейс аппаратуры

8.2.8 Во вкладке «Информация о спутниках» выбрать режим работы по всем существующим ГНСС. Во вкладке «Список отслеживания» наблюдать прием радионавигационных сигналов НКА выбранных ГНСС (рисунок 2).

Список отслеживания											
CH	Тип	Высота	Азимут	L1SNR	Код	L2SNR	Код	L5SNR	Код	Статус	
2	GPS	46.00	136.00	42.30	CA	53.40	P	0.00	-	Используется	
6	GPS	46.00	86.00	42.30	CA	47.70	P	45.20	I	Используется	
12	GPS	88.00	238.00	47.20	CA	52.50	P	0.00	-	Используется	
19	GPS	29.00	69.00	40.30	CA	27.90	P	0.00	-	Используется	
34	GPS	32.00	182.00	37.50	CA	44.30	P	43.20	I	Используется	
25	GPS	43.00	264.00	42.00	CA	48.10	P	44.70	I	Используется	
32	GPS	29.00	238.00	38.70	CA	42.20	P	39.40	I	Используется	
14	GLONASS	73.00	306.00	38.50	CA	47.80	P	0.00	-	Используется	
23	GLONASS	75.00	98.00	33.80	CA	0.00	-	0.00	-	Используется	
24	GLONASS	50.00	190.00	31.50	CA	43.70	P	0.00	-	Используется	
5	BDS	25.00	154.50	31.50	I	39.70	I	33.60	I	Используется	
8	BDS	46.00	74.00	58.80	I	43.60	I	40.80	I	Используется	
10	BDS	16.00	102.00	32.40	I	36.80	I	33.00	I	Используется	
12	BDS	16.00	214.00	32.40	I	41.60	I	38.80	I	Используется	
13	BDS	45.00	112.00	59.80	I	42.70	I	40.60	I	Используется	
24	BDS	56.00	262.00	44.60	I	46.40	A	46.80	I	Используется	
26	BDS	57.00	176.00	42.20	I	44.50	A	46.10	I	Используется	
29	BDS	25.00	64.00	38.30	I	39.90	A	40.20	I	Используется	
35	BDS	70.00	104.00	44.50	I	45.20	A	47.50	I	Используется	
36	BDS	44.00	82.00	39.20	I	43.20	A	43.30	I	Используется	

Рисунок 2 - Внешний вид вкладки «Список отслеживания» Web-интерфейса аппаратуры

8.2.9 Результаты поверки считать положительными, если выполняются условия по п. 8.2.3 и аппаратура принимает радионавигационные сигналы НКА в соответствии с табли-

цей 3.

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификаций
Принимаемые сигналы:	
<i>Модификация Insight V2</i>	
- ГНСС GPS	L1C/A, L1C, L2Z, L2C, L5I
- ГНСС ГЛОНАСС	L1OF, L2OF
- ГНСС BEIDOU	B1 I, B2 I, B3 I
- ГНСС GALILEO	E1, E5A, E5B
- QZSS	L2C, L5Q
<i>Модификация Insight V3</i>	
- ГНСС GPS	L1C/A, L2Z, L5Q
- ГНСС ГЛОНАСС	L1OF, L2OF
- ГНСС BEIDOU	B1 I, B2 I, B3 I
- ГНСС GALILEO	E1, E5A, E5B
- QZSS	L1C/A, L2 Z, L5 Q
<i>Модификация Insight V4</i>	
- ГНСС GPS	L1C/A, L2Z, L5Q
- ГНСС ГЛОНАСС	L1OF, L2OF
- ГНСС BEIDOU	B1 I, B2 I, B3 I
- ГНСС GALILEO	E1, E5A
<i>Модификации INNO 5, INNO 8, ALPS1, Galaxy G4</i>	
- ГНСС GPS	L1C/A, L2Z, L5Q
- ГНСС ГЛОНАСС	L1OF, L2OF
- ГНСС BEIDOU	B1 I, B2 I, B3 I
- ГНСС GALILEO	E1, E5A, E5B

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Идентификационное наименование и идентификационный номер программного обеспечения (далее - ПО) получить при подключении аппаратуры к персональному компьютеру средствами ОС «Windows», основное меню/свойства файла.

9.2 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО соответствуют приведенным в таблице 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение		
Идентификационное наименование ПО	SurvX	SurvStar	Web-интерфейс
Номер версии (идентификационный номер) ПО	4.2 и выше	1.70 и выше	1.09
Цифровой идентификатор ПО	-	-	-

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Статика»

10.1.1 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Статика» следует выбрать базисную линию протяженностью $(100 \pm 10\%)$ м, входящую в состав комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минобороны России» (рабочий эталон 3-разряда) (далее - комплекс). В качестве базовой станции,

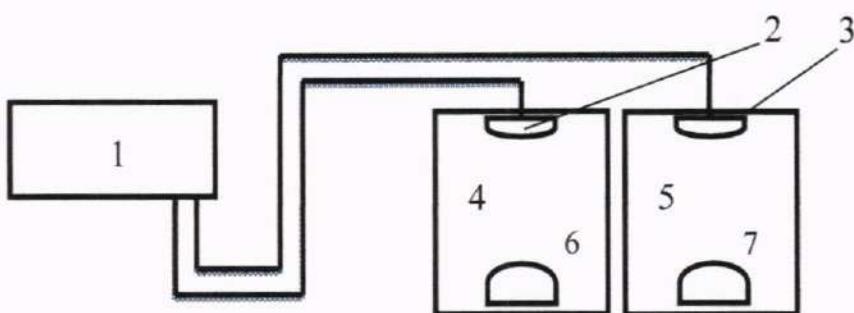
устанавливаемой на опорном пункте комплекса использовать аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную South Galaxy G3.

10.1.2 Разместить аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную South Galaxy G3 на пункт из состава комплекса, включить ее в соответствии с РЭ на нее и внести опорные координаты.

10.1.3 Установить испытываемую аппаратуру на пункт, расположенный на базисной линии, произвести измерения в режиме «Статика» в соответствии с РЭ. Повторить измерения, указанные в данном пункте не менее 10 раз.

10.1.4 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Статика» в диапазоне длин базисных линий до 30 км использовать установку измерительную - имитатор сигналов прецизионный многофункциональный К2-99.

10.1.5 Собрать рабочее место в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.



- 1 – установка измерительная - имитатор сигналов прецизионный многофункциональный К2-99;
- 2, 3 – переизлучающая антенна;
- 4, 5 – камера экранированная ТДЦК.442259.019;
- 6, 7 – аппаратура

Рисунок 3 – Схема рабочего места по п.10.1:

10.1.6 С помощью специализированного программного обеспечения (среда создания сценария) ТДЦК.80253-01, входящего в состав установки измерительной - имитатора сигналов прецизионного многофункционального К2-99, сформировать сценарий для многоэлементного объекта, имитирующий длину базисной линии 30 000 м. Параметры сценария имитации радионавигационного поля для базисной линии приведены в таблице 5.

Таблица 5

Наименование характеристики	Значение
<i>Общие параметры для всех сценариев</i>	
Формируемые спутниковые радионавигационные сигналы: ГЛОНАСС GPS GALILEO BeiDou QZSS	L1OF, L2OF L1 C/A, L1C, L2C, L5I E1, E5a и E5b B1I L1 C/A
Количество НКА	текущая группировка
Продолжительность, с	1800
Дискретность формирования спутниковых радионавигационных сигналов, с	0,1
Параметры среды распространения навигационных сигналов	тропосфера присутствует ионосфера присутствует

Наименование характеристики	Значение
Длина базисной линии, м	30 000
Координаты точки 1 (база)	B = 60°00,000000'N L = 030°00,000000'E H = 200 м
Координаты точки 2 (рover)	B = 60°16,1558760'N L = 030°00,000000'E H = 200 м

10.1.7 Провести измерения в режиме «Статика» в соответствии с РЭ с периодичностью записи измерительной информации 1 измерение в секунду. Повторить измерения для длины базисной линии не менее 10 раз.

10.1.8 Учитывая, что данные измерений накапливаются во внутренней памяти, используя USB-кабель, произвести передачу результатов полученных измерений в ПК, на котором установлено ПО для постобработки геодезических измерений. С помощью данного ПО произвести постобработку результатов выполненных измерений и получить приращения координат пунктов, определяющих базисные линии в метрах - $\Delta B_{изм.ij}$, $\Delta L_{изм.ij}$, $\Delta H_{изм.ij}$, где i - номер измерения, j - номер базисной линии.

10.1.9 Определить расстояние, полученное по j -ой линии с помощью испытуемой аппаратуры в i -ом приеме измерений между пунктами в плане по формуле:

$$S_{изм.ij} = \sqrt{\Delta B_{изм.ij}^2 + \Delta L_{изм.ij}^2}. \quad (1)$$

Методика расчета доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Статика» приведена в п.11.1.

10.2 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режимах «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)»

10.2.1 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)» следует выбрать базисную линию протяженностью $(100 \pm 10\%)$ м, входящую в состав комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минобороны России» (рабочий эталон 3-разряда). В качестве базовой станции, устанавливаемой на опорном пункте комплекса для формирования фазовых поправок к измерениям псевдодальнестей поверяемой аппаратуры, использовать аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную South Galaxy G3.

10.2.2 Разместить аппаратуру модификации аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную South Galaxy G3 на пункт из состава комплекса, внести опорные координаты и настроить на выдачу фазовых поправок для реализации режима «Кинематика в реальном времени (RTK)» в аппаратуре.

10.2.3 Установить поверяемую аппаратуру на определяемый пункт, расположенный на базисной линии, провести измерения в режимах в режимах «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)», выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с РЭ. Повторить измерения, указанные в данном пункте не менее 10 раз.

10.2.4 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)» в диапазоне длин базисных линий до 30 км использовать установку измерительную - имитатор сигналов прецизионный многофункциональный К2-99.

10.2.5 Собрать рабочее место в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.

10.2.6 С помощью специализированного программного обеспечения (среда создания сценария) ТДЦК.80253-01, входящего в состав установки измерительной - имитатора сигна-

лов прецизионного многофункционального К2-99, сформировать сценарий для многоэлементного объекта. При этом сценарии имитации формирует радионавигационное поле для одного статического объекта (База) и одного динамического объекта (Ровер), движущегося относительно статического объекта с постоянной скоростью. Параметры сценария имитации радионавигационного поля для формирования базисной линий приведены в таблице 6.

Таблица 6

Наименование характеристики	Значение
<i>Общие параметры для всех сценариев</i>	
Формируемые спутниковые радионавигационные сигналы: ГЛОНАСС GPS GALILEO BeiDou QZSS	L1OF, L2OF L1 C/A, L1C, L2C, L5 E1, E5a и E5b B1 L1 C/A
Количество НКА	текущая группировка
Продолжительность, с	1800
Параметры движения точки 2 (ровер) относительно точки 1 (база): 1) стоянка в течение, с движение в направлении на север: - скорость, м/с - длительность, с	60 0,1 240
2) стоянка в течение, с движение в направлении на север: - скорость, м/с - длительность, с	20 0,1 280
3) стоянка в течение, с движение в направлении на север: - скорость, м/с - длительность, с	20 0,1 280
4) стоянка в течение, с движение в направлении на север: - скорость, м/с - длительность, с	20 0,1 280
5) стоянка в течение, с движение в направлении на север: - скорость, м/с - длительность, с	20 0,1 280
6) стоянка в течение, с	300
Дискретность формирования спутниковых радионавигационных сигналов, с	0,1
Параметры среды распространения навигационных сигналов	тропосфера присутствует ионосфера присутствует
Скорость движения точки 2 (ровер) относительно точки 1 (база), м/с	0,1
Направление движения точки 2 (ровер)	север
Длина базисной линии, м	30 000
Координаты точки 2 (ровер) до начала движения	B = 60°16,1558760'N L = 030°00,0000000'E H = 200 м

10.2.7 Провести измерения в режиме «Кинематика с постобработкой», выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с РЭ.

10.2.8 Учитывая, что данные измерений накапливаются во внутренней памяти, используя USB-кабель, произвести передачу результатов полученных измерений в ПК, на котором установлено ПО для постобработки геодезических измерений. С помощью данного ПО произвести постобработку результатов выполненных измерений и получить приращения координат пунктов, определяющих базисные линии в метрах - $\Delta B_{изм.ij}$, $\Delta L_{изм.ij}$, $\Delta H_{изм.ij}$, где i - номер измерения, j - номер базисной линии.

10.2.9 Определить по полученным данным расстояние, полученное с помощью поверяемой аппаратуры в i -ом приеме измерений между пунктами в плане по формуле (1).

10.2.10 Провести измерения в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)», выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с РЭ.

10.2.11 Определить по полученным данным расстояние, полученное с помощью поверяемой аппаратуры в i -ом приеме измерений между пунктами в плане по формуле (1).

Методика расчета доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режимах «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)» приведена в п.11.2.

10.3 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика

10.3.1 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика следует выбрать базисную линию протяженностью ($100\pm10\%$) м, входящую в состав комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минобороны России» (рабочий эталон 3-разряда). В качестве базовой станции, устанавливаемой на опорном пункте комплекса для формирования фазовых поправок к измерениям псевдодальнестей испытываемой аппаратуры, использовать аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную South Galaxy G3.

10.3.2 Разместить аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную South Galaxy G3 на пункт из состава комплекса, включить ее в соответствии с РЭ на нее, внести опорные координаты и настроить на выдачу фазовых поправок для реализации режима «Кинематика в реальном времени (RTK)» в аппаратуре.

10.3.3 Разместить поверяемую аппаратуру на определяемом пункте комплекса и настроить на прием фазовых поправок, формируемых аппаратурой South Galaxy G3.

10.3.4 На пункте провести калибровку инерциального (IMU) датчика в соответствии с РЭ. Произвести на пункте совместные измерения в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)», выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с РЭ, при измерениях производить наклон аппаратуры относительно линии отвеса в диапазоне от нуля до шестидесяти градусов в следующем порядке: на первой точке задать угол наклона равный 0° , далее изменять угол наклона с шагом 10° , угол наклона задавать при помощи оптического квадранта.

10.3.5 Используя USB-кабель, произвести передачу полученных результатов измерений на ПК и получить приращения координат пунктов, определяющих базисную линию в метрах - $\Delta B_{изм.i}$, $\Delta L_{изм.i}$, $\Delta H_{изм.i}$, где i - номер измерения.

10.3.6 Определить по полученным данным расстояние, полученное для базисной линии с помощью поверяемой аппаратуры в i -ом приеме измерений между пунктами в плане по формуле (1).

Методика расчета доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности

0,95) измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика приведена в п.11.3.

10.4 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика и встроенного лазерного дальномера

10.4.1 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика и встроенного лазерного дальномера для аппаратуры модификаций INNO 5 и ALPS1 использовать пункты из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минобороны России» (рабочий эталон 3-разряда) с известными координатами и их взаимного планового и высотного положения дополнительно к центральному пункту комплекса. В качестве базовой станции, устанавливаемой на опорном пункте комплекса для формирования фазовых поправок к измерениям псевдодальностей испытываемой аппаратуры, использовать аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную South Galaxy G3.

10.4.2 Разместить аппаратуру модификации аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную South Galaxy G3 на пункт из состава комплекса, внести опорные координаты и настроить на выдачу фазовых поправок для реализации режима «Кинематика в реальном времени (RTK)» в аппаратуре модификации INNO 5.

10.4.3 С применением тахеометра электронного Leica TS30 (рабочий эталон 2-разряда) относительно определяемого пункта подготовить базисные линии длиной $(2\pm10\%)$ м, $(3\pm10\%)$ м, $(4\pm10\%)$ м, $(5\pm10\%)$ м и $(10\pm10\%)$ м для определения координат и длины базисной линии до удаленного объекта относительно базовой станции в безотражательном режиме с применением встроенного лазерного дальномера аппаратуры.

10.4.4 Разместить поверяемую аппаратуру модификации INNO 5 на пункте комплекса и настроить на прием фазовых поправок, формируемых аппаратурой South Galaxy G3.

10.4.5 На каждом пункте установки испытываемой аппаратуры поочередно провести калибровку ее инерциального (IMU) датчика и лазерного дальномера в соответствии с РЭ. Провести на них совместные измерения в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика и встроенного лазерного дальномера, выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с РЭ. При измерениях угол наклона аппаратуры относительно линии отвеса установить равным 0° . Угол наклона задавать при помощи оптического квадранта.

10.4.6 Выполнить действия согласно п.п. 10.4.2 - 10.4.5 для модификации аппаратуры ALPS1.

10.4.7 Используя USB-кабель, произвести передачу полученных результатов измерений на ПК и получить приращения координат пунктов, определяющих базисные линии в метрах - $\Delta B_{изм.ij}$, $\Delta L_{изм.ij}$, $\Delta H_{изм.ij}$, где i - номер измерения, j - номер базисной линии до удаленного объекта.

10.4.8 Определить по полученным данным расстояние, полученное по j -й линии с помощью поверяемой аппаратуры в i -ом приеме измерений между пунктами в плане по формуле (1).

Методика расчета доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика и встроенного лазерного дальномера приведена в п.11.4.

10.5 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения»

10.5.1 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения» использовать пункты из

состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минобороны России» (рабочий эталон 3-разряда) с известными координатами и их взаимного планового и высотного положения дополнительно к центральному пункту комплекса. В качестве базовой станции, устанавливаемой на опорном пункте комплекса для формирования кодовых поправок к измерениям псевдодальностей поверяемой аппаратурой, использовать аппаратуру геодезической спутниковой многочастотной South Galaxy G3.

10.5.2 Разместить аппаратуру South Galaxy G3 на пункт из состава комплекса, внести опорные координаты и настроить на выдачу кодовых поправок для реализации режима «Дифференциальные кодовые измерения» в аппаратуре.

10.5.3 Поверяемую аппаратуру установить на выбранном пункте комплекса и в соответствии с РЭ настроить на прием дифференциальных поправок. Произвести измерения в режиме «Дифференциальные кодовые измерения» с записью измерительной информации во внутреннюю память аппаратуры в формате NMEA-0183 в течение 1 часа на каждом пункте, выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с РЭ.

10.5.4 Выбрать измерения из полученного файла. Координаты пунктов из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минобороны России» при расчетах принимать в качестве опорных.

Методика расчета доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения» приведена в п.11.5.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Подтверждение значений доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режимах «Статика»

11.1.1 Определить систематическую составляющую погрешности измерения длины базиса в плане по формулам:

$$\Delta S_{ij} = S_{\text{изм},ij} - S_{\text{ист},j}, \quad (2)$$

$$dS_j = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta S_{ij}, \quad (3)$$

где $S_{\text{ист},j}$ - действительное значение длины базиса;

i - номер измерения;

N - количество измерений.

Определить систематическую составляющую погрешности измерения длины базиса по высоте по формулам:

$$\Delta H_{ij} = H_{\text{изм},ij} - H_{\text{ист},j}, \quad (4)$$

$$dH_j = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta H_{ij}, \quad (5)$$

где $H_{\text{ист},j}$ - действительное значение высоты;

i - номер измерения;

N - количество измерений.

11.1.2 Определить СКО случайной составляющей погрешности измерения длины базиса в плане по формуле:

$$\sigma_{S_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta S_{ij} - dS_j)^2}{N-1}}. \quad (6)$$

Определить СКО случайной составляющей погрешности измерения длины базиса по

высоте по формуле:

$$\sigma_{H_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta H_{ij} - dH_j)^2}{N-1}}. \quad (7)$$

11.1.3 Определить доверительные границы абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в плане по формуле:

$$\Pi_{S_j} = \pm (|dS_j| + 2\sigma_{S_j}) \quad (8)$$

и по высоте по формуле:

$$\Pi_{H_j} = \pm (|dH_j| + 2\sigma_{H_j}). \quad (9)$$

11.1.4 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длин базиса при вероятности 0,95 для выбранных длин базиса находятся в пределах $\pm 2 \cdot (2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм в плане и $\pm 2 \cdot (5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах.

11.2 Подтверждение значений доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)»

11.2.1 Определить систематическую составляющую погрешности измерения длины базиса в плане и по высоте по формулам (2), (3) и (4), (5), соответственно.

11.2.2 Определить СКО случайной составляющей погрешности измерения длины базиса в плане и по высоте по формулам (6) и (7).

11.2.3 Определить доверительные границы абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в плане по формуле (8) и по высоте по формуле (9).

11.2.4 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базисов при вероятности 0,95 для выбранных длин базиса в режиме «Кинематика с постобработкой» находятся в пределах:

- в плане – $\pm 2 \cdot (3 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм ;
- по высоте – $\pm 2 \cdot (5 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм.

где D - измеренная длина базиса в миллиметрах.

а в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» находятся в пределах:

- в плане – $\pm 2 \cdot (8 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм ;
- по высоте – $\pm 2 \cdot (15 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм.

где D - измеренная длина базиса в миллиметрах.

11.3 Подтверждение значений доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика

11.3.1 Вычислить доверительные границы абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в плане и по высоте по формулам (2) - (9).

11.3.2 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика при вероятности 0,95 для выбранных длин базиса находятся в пределах $\pm 2 \cdot (5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot a)$ мм в плане и $\pm 2 \cdot (10 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot a)$ мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах, a - коэффициент от 0 до 60, соответствующий углу наклона аппаратуры в градусах.

11.4 Подтверждение значений доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика и встроенного лазерного дальномера

11.4.1 Вычислить доверительные границы абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в плане и по высоте по формулам (2) - (9).

11.4.2 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика и встроенного лазерного дальномера при вероятности 0,95 находятся в пределах $\pm 2 \cdot (5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot a + 5,0 \cdot S)$ мм в плане и $\pm 2 \cdot (10 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot a + 5,0 \cdot S)$ мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах, a - коэффициент от 0 до 60, соответствующий углу наклона аппаратуры в градусах, S – коэффициент от 1 до 10, соответствующий измеренному расстоянию от аппаратуры до точки съёмки с использованием встроенного лазерного дальномера в метрах.

11.5 Подтверждение значений доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения»

11.5.1 Рассчитать абсолютную погрешность измерения широты по формуле:

$$\Delta B(j) = B(j) - B_{ref}, \quad (10)$$

где $B(j)$ - широта, измеренная аппаратурой, градус;

B_{ref} - широта пункта из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минообороны России», градус.

11.5.2 Рассчитать абсолютную погрешность измерения долготы по формуле:

$$\Delta L(j) = L(j) - L_{ref}, \quad (11)$$

где $L(j)$ - долгота, измеренная аппаратурой, градус;

L_{ref} - долгота пункта из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минообороны России», градус.

11.5.3 Перевести полученные значения абсолютной погрешности измерения широты и долготы в метры по формулам:

- для широты:

$$\Delta B_j' = \frac{\Delta B(j) \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot (1 - e^2)}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{ref})^{3/2}}, \quad (12)$$

- для долготы:

$$\Delta L_j' = \frac{\Delta L(j) \cdot \pi}{180} \cdot \frac{a \cdot \cos B_{ref}}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 B_{ref})^{1/2}}, \quad (13)$$

где $\Delta B(j)$, $\Delta L(j)$ — абсолютная погрешность измерения широты и долготы на j-ю эпоху, градус;

a – большая полуось эллипсоида, м;

e – первый эксцентриситет эллипсоида.

11.5.4 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности измерения широты и долготы по формулам:

$$M_B = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta B_j' , \quad (14)$$

$$M_L = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta L_j' , \quad (15)$$

где N — количество измерений.

11.5.5 Рассчитать СКО абсолютной погрешности измерения широты и долготы по формулам:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta B_j' - M_B)^2}{N-1}} , \quad (16)$$

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta L_j' - M_L)^2}{N-1}} . \quad (17)$$

11.5.6 Рассчитать доверительные границы абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений координат в плане по формуле:

$$P_{\text{план}} = \pm(\sqrt{M_B^2 + M_L^2} + 2 \cdot \sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_L^2}) . \quad (18)$$

11.5.7 Рассчитать абсолютную погрешность измерения высоты по формуле:

$$\Delta H(j) = H(j) - H_{\text{ref}} , \quad (19)$$

где $H(j)$ — высота, измеренная аппаратурой, м;

H_{ref} — высота пункта из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минообороны России», м.

11.5.8 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности измерения высоты по формуле:

$$M_H = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta H(j) . \quad (20)$$

11.5.9 Рассчитать СКО абсолютной погрешности измерения высоты по формуле:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta H(j) - M_H)^2}{N-1}} . \quad (21)$$

11.5.10 Рассчитать доверительные границы абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений высоты по формуле:

$$P_H = \pm(|M_H| + 2 \cdot \sigma_H) . \quad (22)$$

11.5.11 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ абсолютной погрешности определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения» при вероятности 0,95 в диапазоне работы режима до 30 км находятся в пределах $\pm 2 (250+1,0 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм в плане и $\pm 2 (500+1,0 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке с нанесением знака поверки в виде оттиска клейма, на обратной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

12.2 Параметры, определенные при поверке, заносят в паспорт.

12.3 Сведения о результатах поверки аппаратуры должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.4 В случае отрицательных результатов поверки поверяемая аппаратура к дальнейшему применению не допускается. На нее выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

С.Г. Серко

Научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Д.О. Нилов