

СОГЛАСОВАНО

Начальник
ФГБУ «ГНМИЦ» Минобороны России



Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура геодезическая спутниковая AlphaGEO A

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

2303-24 МП

2024 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	5
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	6
9 Проверка программного обеспечения средства измерений	8
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	9
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	12
12 Оформление результатов поверки	16

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на аппаратуру геодезическую спутниковую AlphaGEO A (далее – аппаратура), изготавливаемую фирмой «GUANGZHOU ALPHA GEO-INFO 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 (после ремонта)	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» 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) измерений длины базиса в режиме «Дифференциальные кодовые измерения»	10.5	да	да

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
4.6 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в режиме «Автономный»	10.6	да	нет
5. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	да	да
1) Только для модификаций A1, A5			

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
<i>Основные средства</i>			
10.1-10.6	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)	
10.2-10.4	Рабочий эталон единиц координат местоположения 1-го разряда согласно государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Росстандарта от 07.06.2024 № 1374, предел допускаемой абсолютной погрешности хранения абсолютных координат 0,02 м	Специальный комплект аппаратуры для обеспечения единства измерений характеристик навигационной аппаратуры потребителей космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS (рег. № 53423-13)	
<i>Вспомогательные средства</i>			
10.2	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 - 10.6	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от -45 °C до +65 °C с пределами допускаемой абсолютной погрешности ±1 °C	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный ТСПВ-1.1 (рег. № 50256-12)
10.1 - 10.6	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 10% до 98%, пределы допускаемой абсолютной погрешности ±3%, температуры воздуха в диапазоне измерений от -10 °C до +60 °C, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ±0,4 °C, абсолютного давления в диапазоне измерений от 30 до 120 кПа, пределы допускаемой погрешности измерений ±0,5 кПа	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 44744-10)

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 °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), бракуются 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 3 с. После этого должны загореться индикаторные лампочки и загрузка должна длиться в течение 10 с с переходом в режим поиска и сопровождения радионавигационных сигналов ГНСС.

8.2.3 Для подключения контроллера с ПО SurPro к аппаратуре перейти во вкладку **Связь** и открыть ярлык **Соединение**. Перед выполнением подключения к аппаратуре необходимо проверить, что в строке **Оборудование** выбрано **GNSS**, **Производитель – AlphaGEO**, **Модель – RTK(A1/A2, A3/A10, A4, A5)**, **Тип соединения – Bluetooth**, затем выбрать заводской номер (s/n) аппаратуры из сопряженных или доступных устройств, после чего нажать кнопку **Соединение** для подключения к аппаратуре (рисунок 1).

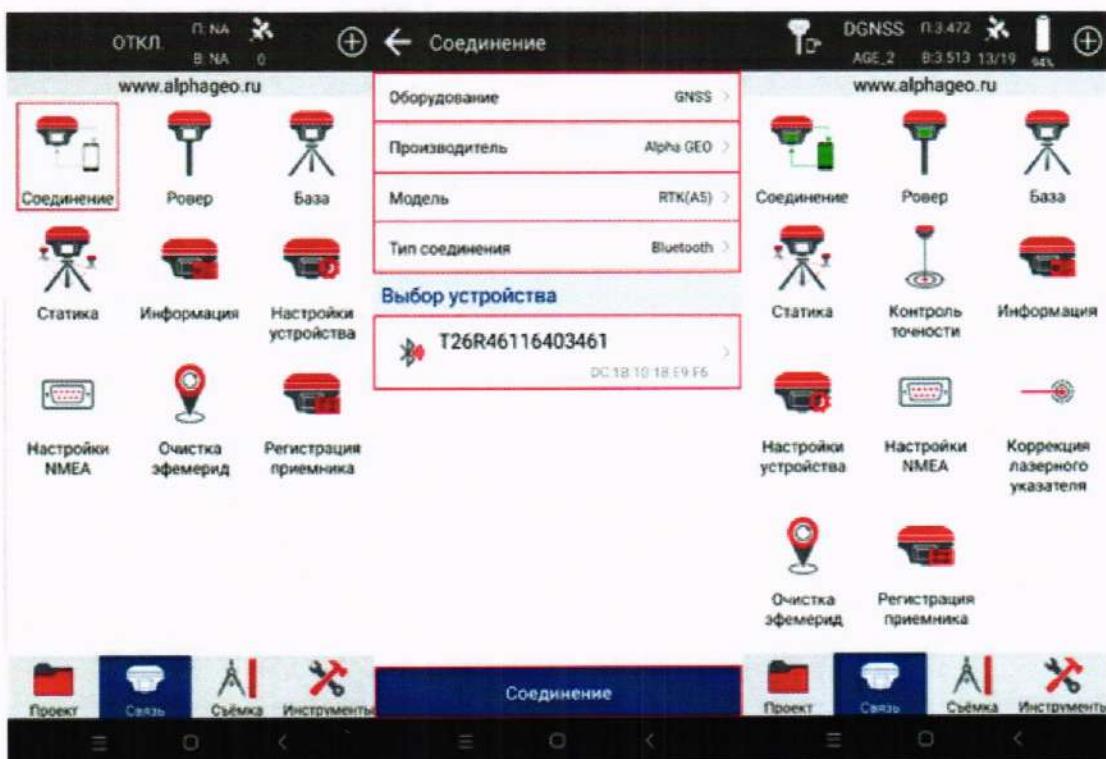


Рисунок 1 - Внешний вид главной страницы ПО SurPro

8.2.4 Перейти во вкладку **Связь** и открыть ярлык **Статика**, чтобы приступить к измерениям в режиме статики. Аппаратура модификаций A1 и A2 не имеют встроенной памяти для записи статики, поэтому запись данных производится в память контроллера. Необходимо постоянное подключение контроллера к аппаратуре во время сеанса записи статики (не выключайте экран контроллера и не сворачивайте ПО SurPro во время записи во избежание потери данных). Перед началом записи статических данных можно указать папку в памяти контроллера, куда будет сохранен файл. Аппаратура модификаций A3, A4, A5, A10 имеют встроенную память для записи статики.

8.2.5 Перед началом записи статических данных задать **Имя, Допуск PDOP, Угол отсечки (°), Интервал и Продолжительность** записи данных. Для старта записи файла статики нажать кнопку **Начать** и провести измерения в течении 10 минут (рисунок 2).



Рисунок 2 - Внешний вид страницы ПО SurPro для записи статических данных

8.2.6 Остановить запись данных на аппаратуре путем нажатия кнопки **Стоп**. Файл статики будет сохранен в формате ***.txt**.

8.2.7 Скачать записанный файл с измерениями в формате ***.txt** на персональный компьютер (далее - ПК) и с применением штатного конвертора перевести его в формат RINEX.

8.2.8 Открыть файл формата RINEX с применением любого текстового редактора на ПЭВМ и наблюдать результаты приема и обработки радионавигационных сигналов НКА ГНСС (рисунок 3).

8.2.9 Результаты поверки считать положительными, если аппаратура принимает радионавигационные сигналы НКА в соответствии с таблицей 3.

Файл Правка Поиск Вид Кодировки Синтаксисы Опции Инструменты Макросы Запуск Плагины Вкладки ?

op2212040_R_20242910705_01H_01S_MO.mrx

```

1      3.02          OBSERVATION DATA      M: MIXED          RINEX VERSION / TYPE
2  GnssDataConverter          20241118 110357 UTC  PGM / RUN BY / DATE
3  op22                         MARKER NAME
4  1204                         MARKER NUMBER
5  GEODETIC                      MARKER TYPE
6
7  T11R35116691199  NetBOX2          V2_0_11-D-20230324  OBSERVER / AGENCY
8  TX-208A
9  2832832.1258  2192744.4788  5259631.3918  REC # / TYPE / VERS
10 -0.0023      0.0000      0.0000  ANT # / TYPE
11 G L1C      0.0000      0.0000      0.0623  APPROX POSITION XYZ
12 G L2P      0.0000      0.0000      0.0635  ANTENNA: DELTA H/E/N
13 C 12 C1I L1I D1I S1I C6I L6I D6I S6I C7I L7I D7I S7I  ANTENNA: PHASECENTER
14 E 12 C1C L1C D1C S1C C5Q L5Q D5Q S5Q C7Q L7Q D7Q S7Q  ANTENNA: PHASECENTER
15 G 12 C1C L1C D1C S1C C2W L2W D2W S2W C5Q L5Q D5Q S5Q  ANTENNA: PHASECENTER
16 J 8 C1C L1C D1C S1C C5Q L5Q D5Q S5Q  SYS / # / OBS TYPES
17 R 8 C1C L1C D1C S1C C2C L2C D2C S2C  SYS / # / OBS TYPES
18 1.000
19 2024 10 17 7 5 11.0000000  GPS  INTERVAL
20 2024 10 17 8 23 29.0000000  GPS
21 C L2I 0.00000  TIME OF FIRST OBS
22 C L6I 0.00000  TIME OF LAST OBS
23 C L7I 0.00000  SYS / PHASE SHIFT
24 E L1C 0.50000  SYS / PHASE SHIFT
25 E L5Q -0.25000  SYS / PHASE SHIFT
26 E L7Q -0.25000  SYS / PHASE SHIFT
27 G L1C 0.00000  SYS / PHASE SHIFT
28 G L2W 0.00000  SYS / PHASE SHIFT
29 G L5Q -0.25000  SYS / PHASE SHIFT
30 J L1C 0.00000  SYS / PHASE SHIFT
31 J L5Q -0.25000  SYS / PHASE SHIFT
32 R L1C 0.00000  SYS / PHASE SHIFT
33 R L2C 0.00000  SYS / PHASE SHIFT
34 11 R01 1 R02 -4 R03 5 R08 6 R10 -7 R11 0 R12 -1 R17 4 GLONASS SLOT / FRQ #
35 R18 -3 R19 3 R24 2  GLONASS SLOT / FRQ #
36                                         GLONASS COD/PHS/BIS

```

Рисунок 3 - Внешний вид файла формата RINEX

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение
Принимаемые сигналы: - ГНСС GPS - ГНСС ГЛОНАСС - ГНСС BEIDOU - ГНСС GALILEO - QZSS (кроме модификации A1)	L1C/A, L2, L5 L1OF, L2OF B1, B2, B3 E1, E5A, E5B L1C/A, L5

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	SurPro	Compass Solution	Web-интерфейс	
Номер версии (идентификационный номер) ПО	6.0 и выше	2.0.0 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).

10.1.2 Установить поверяемую аппаратуру на пункты, расположенные на концах базисной линии, произвести измерения в режиме «Статика» в соответствии с РЭ. Повторить измерения, указанные в данном пункте не менее 10 раз.

10.1.3 Учитывая, что данные измерений накапливаются во внутренней памяти (для модификаций А3, А4, А5 и А10) и в памяти контроллера (для модификаций А1 и А2), используя USB-кабель, произвести передачу результатов измерений в персональный компьютер (далее - 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.

10.1.4 Определить по данным расстояние по j -ой линии с помощью поверяемой 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 режимах «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 режиме «Кинематика с постобработкой» 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. Установить на центральном пункте комплекса базовую станцию из состава специального комплекта аппаратуры для обеспечения единства измерений характеристик навигационной аппаратуры потребителей космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS и ввести в ее память точные координаты точки установки антенны.

10.2.2 Поверяемую аппаратуру поочередно устанавливать на выбранных пунктах комплекса. Произвести на них совместные измерения в режиме «Кинематика с постобработкой», выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с РЭ.

10.2.3 Учитывая, что данные измерений накапливаются во внутренней памяти (для модификаций А3, А4, А5 и А10) и в памяти контроллера (для модификаций А1 и А2), используя USB-кабель, произвести передачу результатов измерений на ПК, на котором установлено

ПО обработки данных, с помощью данного ПО произвести обработку выполненных результатов измерений и получить приращения координат пунктов, определяющих базисные линии в метрах - $\Delta B_{изм.i}$, $\Delta L_{изм.i}$, $\Delta H_{изм.i}$, где i - номер измерения.

10.2.4 Определить по полученным данным расстояние, полученное с помощью поврежемой 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 с постобработкой» приведена в п.11.2.

10.2.5 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Кинематика в режиме реального времени (RTK)» следует выбрать пять пунктов из состава комплекса с известными координатами и их взаимного планового и высотного положения дополнительно к центральному пункту комплекса.

10.2.6 Установить на центральном пункте комплекса базовую станцию из состава специального комплекта аппаратуры для обеспечения единства измерений характеристик навигационной аппаратуры потребителей космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS и ввести в ее память точные координаты точки установки антенны (с поправкой за высоту).

10.2.7 Поверяемую аппаратуру поочередно устанавливать на выбранных пунктах комплекса. Произвести на них совместные измерения в режиме «RTK», выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с РЭ.

10.2.8 Используя USB-кабель, произвести передачу результатов измерений на ПК, на котором установлено ПО обработки данных, с помощью данного ПО произвести обработку выполненных результатов измерений и получить приращения координат пунктов, определяющих базисные линии в метрах - $\Delta B_{изм.i}$, $\Delta L_{изм.i}$, $\Delta H_{изм.i}$, где i - номер измерения.

10.2.9 Определить по полученным данным расстояние, полученное с помощью поврежемой 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)» приведена в п.11.3.

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 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. Установить на центральном пункте комплекса базовую станцию из состава специального комплекта аппаратуры для обеспечения единства измерений характеристик навигационной аппаратуры потребителей космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS и ввести в ее память точные координаты точки установки антенны.

10.3.2 Поверяемую аппаратуру поочередно устанавливать на выбранных пунктах комплекса. На каждом пункте провести калибровку инерциального (IMU) датчика в соответствии с РЭ. Произвести на них 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 (для модификаций А3, А4) и от нуля до сто двадцати градусов (для модификаций А1, А2, А5, А10) в следующем порядке: на первой точке задать угол наклона равный 0° , на второй точке 10° , далее изменять угол наклона с шагом 10° , угол наклона задавать при помощи оптического квадранта.

10.3.3 Используя USB-кабель, произвести передачу результатов измерений на ПК, на

котором установлено ПО обработки данных, с помощью данного ПО произвести обработку выполненных результатов измерений и получить приращения координат пунктов, определяющих базисные линии в метрах - $\Delta B_{изм,i}$, $\Delta L_{изм,i}$, $\Delta H_{изм,i}$, где i - номер измерения.

10.3.4 Определить по полученным данным расстояние по j -ой 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.11.4.

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 A1 и A5 использовать пункты из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Министерства обороны России» (рабочий эталон 3-разряда) с известными координатами и их взаимного планового и высотного положения дополнительно к центральному пункту комплекса. Установить на центральном пункте комплекса базовую станцию из состава специального комплекта аппаратуры для обеспечения единства измерений характеристик навигационной аппаратуры потребителей космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS и ввести в ее память точные координаты точки установки антенны.

10.4.2 С применением тахеометра электронного Leica TS30 (рабочий эталон 2-разряда) относительно установки испытываемой аппаратуры подготовить базисные линии длиной $(2 \pm 10\%)$ м, $(3 \pm 10\%)$ м, $(4 \pm 10\%)$ м, $(5 \pm 10\%)$ м, $(10 \pm 10\%)$ м, $(15 \pm 10\%)$ м и $(20 \pm 10\%)$ м для определения координат и длины базисной линии до удаленного объекта относительно базовой станции в безотражательном режиме с применением встроенного лазерного дальномера аппаратуры.

10.4.3 На пункте установки испытываемой аппаратуры провести калибровку ее инерциального (IMU) датчика и лазерного дальномера в соответствии с РЭ. Произвести 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 наклон аппаратуры модификации A1 относительно линии отвеса установить равным 90° , а для аппаратуры модификации A5 – 0° . Угол наклона задавать при помощи оптического квадранта.

10.4.4 Используя USB-кабель, произвести передачу результатов измерений на ПК, на котором установлено ПО обработки данных, с помощью данного ПО произвести обработку выполненных результатов 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.

10.4.5 Определить по полученным данным расстояние по j -ой 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.11.5.

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 измерений

длины базиса 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. Установить на центральном пункте комплекса базовую станцию из состава специального комплекта аппаратуры для обеспечения единства измерений характеристик навигационной аппаратуры потребителей космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS, ввести в ее память точные координаты точки установки антенны и настроить на выдачу кодовых дифференциальных поправок в формате RTCM.

10.5.2 Поверяемую аппаратуру поочередно устанавливать на выбранных пунктах комплекса. Произвести на них 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.

10.5.3 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.11.6.

10.6 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в режиме «Автономный»

10.6.1 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный» использовать пункт из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИ Минобороны России» (рабочий эталон 3-разряда) с известными координатами.

10.6.2 Поверяемую аппаратуру установить на выбранном пункте комплекса. Произвести на них измерения абсолютных значений координат без использования дополнительной внешней корректирующей информации с записью измерительной информации во внутреннюю память аппаратуры в формате NMEA-0183 в течение 1 часа на пункте, выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с РЭ.

10.6.3 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 «Автономный» приведена в п.11.7.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

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

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

$$\Delta S_i = S_{изм_i} - S_{ист.}, \quad (2)$$

$$dS \cdot \sum_{i=1}^N \Delta S_i, \quad (3)$$

где $S_{ист.}$ - действительное значение длины базиса;

i - номер измерения;

N - количество измерений.

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

$$\Delta H_i = H_{\text{изм.}i} - H_{\text{ист.}}, \quad (4)$$

$$dH = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta H_i, \quad (5)$$

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

i - номер измерения;

N - количество измерений.

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

$$\sigma_S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta H_i - dH)^2}{N-1}}. \quad (6)$$

Определить СКО случайной составляющей погрешности измерения длины базиса по высоте по формуле:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta S_i - dS)^2}{N-1}}. \quad (7)$$

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

$$\Pi_S = \pm(|dS| + 2\sigma_S), \quad (8)$$

и по высоте по формуле:

$$\Pi_{H_i} = \pm(|dH| + 2\sigma_H). \quad (9)$$

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 в режиме «Кинематика с постобработкой»

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

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 в режиме «Кинематика с постобработкой» при вероятности 0,95 для выбранных длин базиса находятся в пределах $\pm 2 \cdot (5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм в плане и $\pm 2 \cdot (10 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм по высоте, 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)»

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)» при вероятности 0,95 для выбранных длин базиса находятся в пределах $\pm 2 \cdot (5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм в плане и $\pm 2 \cdot (10 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах.

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

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 базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с использованием инерциального (IMU) датчика при вероятности 0,95 для выбранных длин базиса находятся в пределах $\pm 2 \cdot (5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot \alpha)$ мм в плане и $\pm 2 \cdot (10 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot \alpha)$ мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах, α - коэффициент от 0 до 120, соответствующий углу наклона аппаратуры в градусах.

11.5 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

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

11.5.2 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 и встроенного лазерного дальномера при вероятности 0,95 для выбранных длин базиса находятся в пределах $\pm 2 \cdot (5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot \alpha + 5,0 \cdot S)$ мм в плане и $\pm 2 \cdot (10 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot \alpha + 5,0 \cdot S)$ мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах, α - коэффициент от 0 до 120, соответствующий углу наклона аппаратуры в градусах, S - коэффициент от 1 до 20 (для модификаций A1, A5), соответствующий измеренному расстоянию от аппаратуры до точки съёмки с использованием встроенного лазерного дальномера в метрах.

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

11.6.1 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.

11.6.2 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.

11.6.3 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.

11.6.4 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.

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

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

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

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

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

11.6.7 Рассчитать абсолютную погрешность измерения высоты по формуле:

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

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

H_{ref} — высота пункта из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России», градус.

11.6.8 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности измерения высоты по формуле:

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

11.6.9 Рассчитать СКО абсолютной погрешности измерения высоты по формуле:

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

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

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

11.6.11 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.

11.7 Подтверждение значений доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в режиме «Автономный»

11.7.1 Вычислить доверительные границы абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в автономном режиме по формулам (10) - (22).

11.7.2 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в режиме «Автономный» находятся в пределах $\pm 2\cdot 3000$ мм в плане и $\pm 2\cdot 6000$ мм по высоте.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке с нанесением знака поверки в виде оттиска клейма, на оборотной 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