СОГЛАСОВАНО

Начальник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

_____ Т.Ф. Мамлеев

«18» _____04_____ 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура геодезическая спутниковая многочастотная RGK SR2

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

2305-25 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	5
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	5
9 Проверка программного обеспечения средства измерений	8
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	9
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	14
12 Оформление результатов поверки	17

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную RGK SR2 (далее – аппаратура), изготавливаемую фирмой «SingularXYZ Intelligent Technology 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 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 режимах «Статика» и «Быстрая 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 «Дифференциальные кодовые измерения»	10.4	да	да
4.5 Определение доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в режиме «Автономный»	10.5	да	нет
5. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	да	да

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
	Основные средства	
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 ГНИИИ Минобороны России» (регистрационный номер в Федеральном информационной фонде по обеспечению единства измерений (рег. №) 42877-09)
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)
	Вспомогательные средства	
10.3	Средства измерений углов в диапазоне ±60° с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений углов ±30"	Квадрант оптический малогабаритный КО-10 (рег. № 1947-75)
10.1 - 10.4	Средства измерений приращений координат с абсолютной погрешностью измерений длины базиса (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Статика» в плане $\pm2\cdot(2{,}5+0{,}5\cdot10^{-6}\cdot D)$ мм, по высоте $\pm2\cdot(5{,}0+0{,}5\cdot10^{-6}\cdot D)$ 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 °С до +65 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности ±1 °С	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 ±3%, температуры воздуха в диапазоне измерений от -10 °С до +60 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ±0,4 °С, 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 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, 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 -45 °С до +65 °С 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 ГНИИИ 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 SingularPad к аппаратуре перейти во вкладку **Приемник** и открыть ярлык **Соединение**. Перед выполнением подключения к аппаратуре необходимо проверить, что в строке **Оборудование** выбрано **GNSS**, **Производитель – RGK**, **Модель – PTK (SR2, SR2 Lite, SR2 Pro)**, **Тип соединения – Bluetooth**, затем выбрать заводской номер (s/n) аппаратуры из сопряженных или доступных устройств, после чего нажать кнопку **Соединение** для подключения к аппаратуре (рисунки 1 и 2).

Рисунок 1 - Внешний вид главной страницы ПО SingularPad

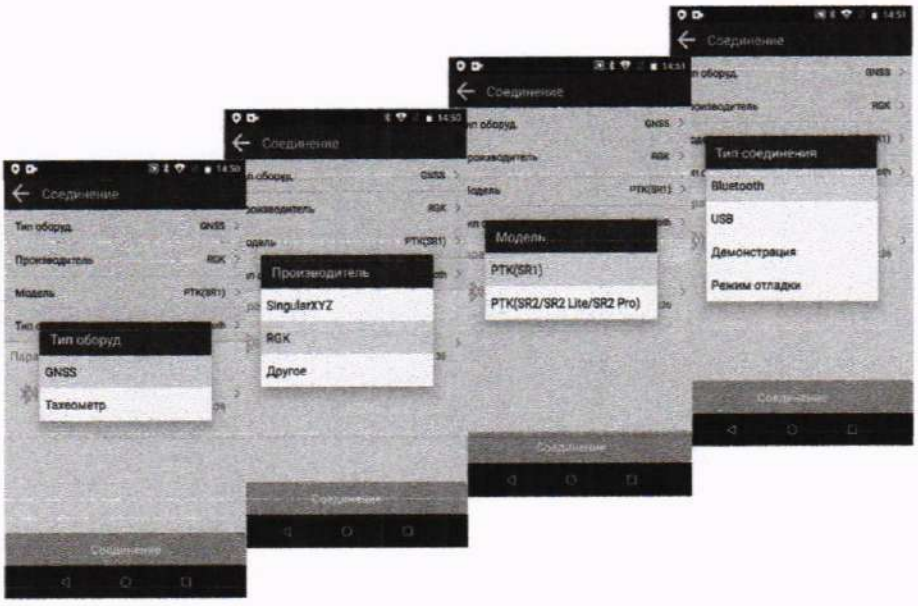


Рисунок 2 - Внешний вид страниц ПО SingularPad для соединения с аппаратурой

8.2.4 Перейти во вкладку **Приемник** и открыть ярлык **Запись статики и съемка точек,** чтобы приступить к измерениям в режиме статики. Необходимо постоянное подключение контроллера к аппаратуре во время сеанса записи статики (не выключайте экран контроллера и не сворачивайте ПО SingularPad во время записи во избежание потери данных). Перед началом записи статических данных необходимо указать папку в памяти аппаратуры.

8.2.5 Перед началом записи статических данных задать **Имя**, **Допуск PDOP**, **Угол отсечки (°)**, **Интервал, Формат** и **Продолжительность** записи данных. Для старта записи файла статики нажать кнопку **Начать** и провести измерения в течении 10 минут (рисунок 3).

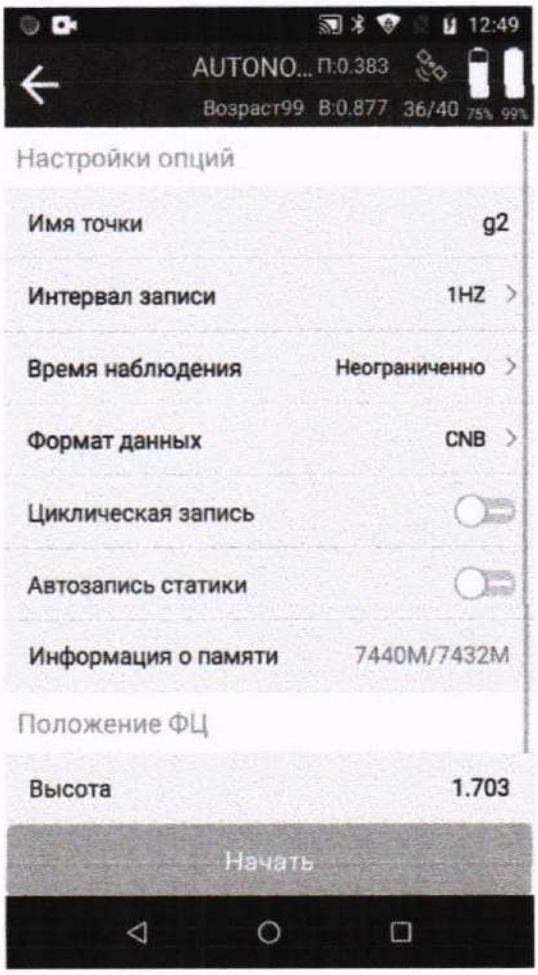


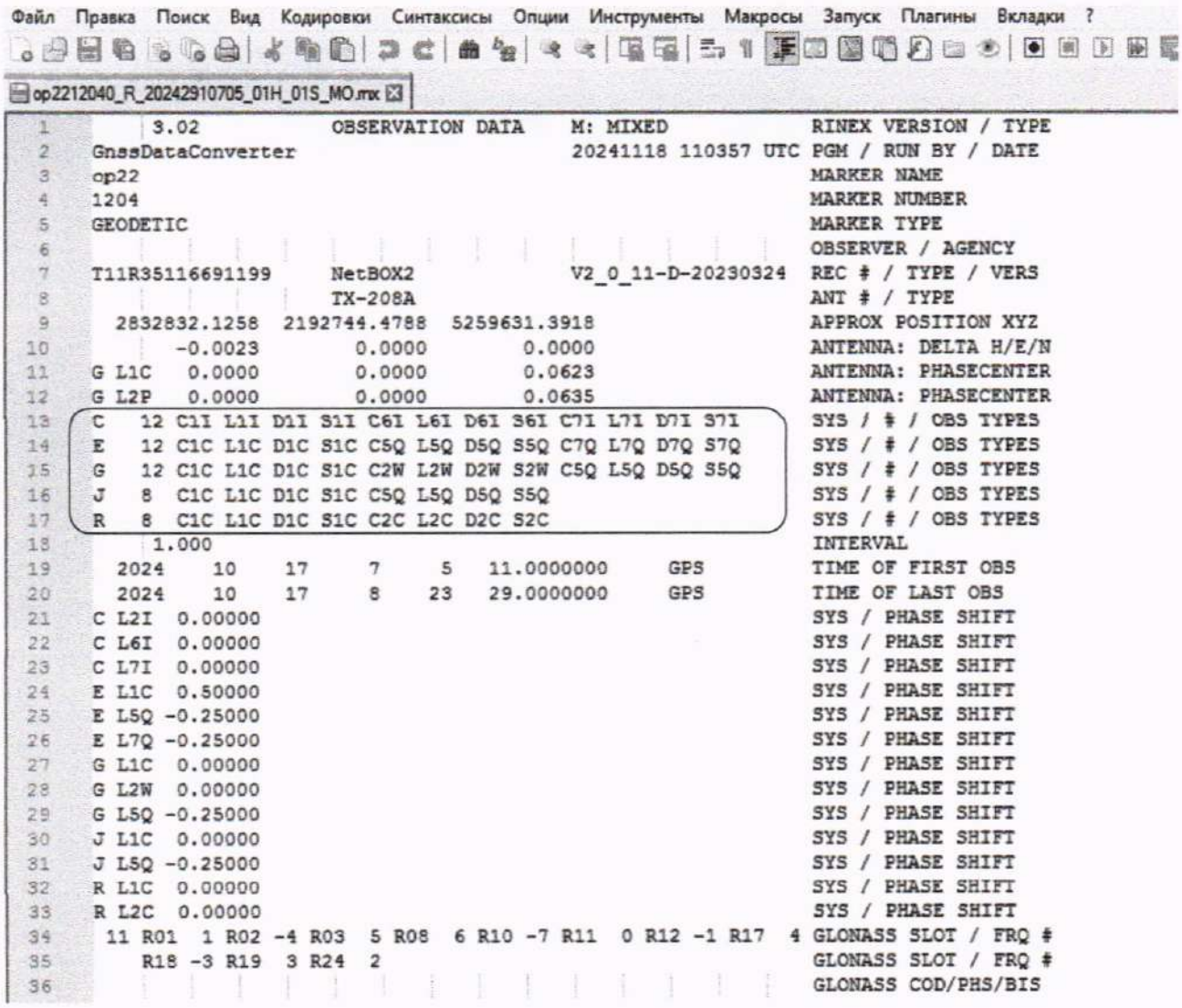
Рисунок 3 - Внешний вид страницы ПО SingularPad для записи статических данных

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

8.2.7 Скачать записанный файл с измерениями в формате RINEX на персональный компьютер (далее - ПК).

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 4).

8.2.9 Результаты опробования 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.rnx

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

Рисунок 4 - Внешний вид файла формата RINEX

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение
Принимаемые сигналы:	
- ГНСС GPS	L1C/A, L1C, L2C, L5
- ГНСС ГЛОНАСС	L1OF, L2OF, L3OC
- ГНСС BEIDOU	B1, B2a, B2b, B3
- ГНСС GALILEO	E1, E5A, E5B, E6
- ГНСС QZSS	L1C/A, L2C, L5
- ГНСС IRNSS	L5
- SBAS	L1C/A

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	МПО	SingularPad	Web-интерфейс
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0.A19T	1.0	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 режимах «Статика» и «Быстрая статика»

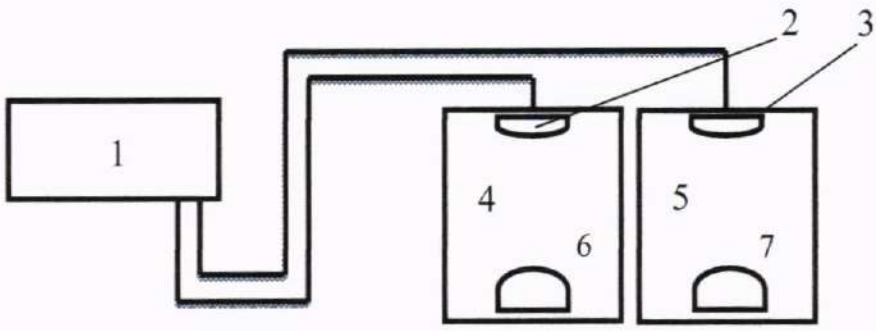
10.1.1 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Статика» следует выбрать базисную линию протяженностью (100±10%) м, входящую в состав комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России» (рабочий эталон 3-разряда) (далее - комплекс). В качестве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

10.1.4 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 5.



1 – установка измерительная - имитатор сигналов прецизионный многофункциональный К2-99;
2, 3 – переизлучающая антенна;
4, 5 – камера экранированная ТДЦК.442259.019;
6 – аппаратура South Galaxy G3,
7 – поверяемая аппаратура

Рисунок 5 – 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
Формируемые спутниковые радионавигационные сигналы: ГЛОНАСС GPS GALILEO BeiDou QZSS SBAS	 L1OF, L2OF, L3OC L1C/A, L1C, L2C, L5 E1, E5a и E5b B1 L1C/A L1C/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
Длина базисной линии, м	30 000
Координаты точки 1 (база - South Galaxy G3)	B = 60°00,0000000´N L = 030°00,0000000´E H = 200 м
Координаты точки 2 (ровер – поверяемая аппаратура)	B = 60°16,1558760´N L = 030°00,0000000´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 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 - $\Delta B_{\text{изм.}ij}$, $\Delta L_{\text{изм.}ij}$, $\Delta H_{\text{изм.}ij}$, где i - номер измерения, j - номер базисной линии.

10.1.9 В соответствии с РЭ настроить аппаратуру на режим «Быстрая статика» и выполнить действия согласно п.п.10.1.3 – 10.1.8.

10.1.10 Определить по данным расстояние по j-ой линии с помощью поверяемой аппаратуры в i-ом приеме измерений между пунктами в плане по формуле:

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

Методика расчета доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режимах «Статика» и «Быстрая 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±10%) м, входящую в состав комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России» (рабочий эталон 3-разряда). В качестве базовой станции, устанавливаемой на опорном пункте комплекса

для формирования фазовых поправок к измерениям псевдодальностей поверяемой аппаратуры, использовать аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную South Galaxy G3.

10.2.2 Разместить 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 5.

10.2.6 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. 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
Формируемые спутниковые радионавигационные сигналы: ГЛОНАСС GPS GALILEO BeiDou QZSS SBAS	 L1OF, L2OF, L3OC L1C/A, L1C, L2C, L5 E1, E5a и E5b B1 L1C/A L1C/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 2) стоянка в течение, с движение в направлении на север: - скорость, м/с - длительность, с 3) стоянка в течение, с движение в направлении на север: - скорость, м/с - длительность, с 4) стоянка в течение, с движение в направлении на север:	 60 0,1 240 20 0,1 280 20 0,1 280 20

Наименование характеристики	Значение
- скорость, м/с - длительность, с 5) стоянка в течение, с движение в направлении на север: - скорость, м/с - длительность, с 6) стоянка в течение, с	0,1 280 20 0,1 280 300
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 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 - $\Delta B_{\text{изм.}i}, \Delta L_{\text{изм.}i}, \Delta H_{\text{изм.}i}$, где i - номер измерения.

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).

Методика расчета доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Кинематика с постобработкой» 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 выбрать базисную линию протяженностью (100±10%) м, входящую в состав комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России» (рабочий эталон 3-разряда). В качестве базовой станции, устанавливаемой на опорном пункте комплекса для формирования фазовых поправок к измерениям псевдодальностей поверяемой 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, внести опорные координаты и настроить на выдачу фазовых поправок для реализации режима «Кинематика в реальном времени (RTK)» в аппаратуре.

10.3.3 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 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.

10.3.4 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 - $\Delta B_{\text{изм.}i}, \Delta L_{\text{изм.}i}, \Delta H_{\text{изм.}i}$, где i - номер измерения.

10.3.5 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 приведена в п.11.3.

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

10.4.1 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения» использовать пункты из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИИ 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 испытываемой аппаратуры, использовать аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную South Galaxy G3.

10.4.2 Поверяемую аппаратуру установить на выбранном пункте 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.

10.4.3 Выбрать измерения из полученного файла. Координаты пунктов из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИИ 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.11.4.

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

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

10.5.2 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.

10.5.3 Выбрать измерения из полученного файла. Координаты пунктов из состава комплекса геодезических базисов ФГУ «32 ГНИИИ 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.11.5.

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» и «Быстрая статика»

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

$$\Delta S_{ij} = S_{\text{изм.}ij} - S_{\text{ист.}j}\,, \tag{2}$$

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

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:

$$\Delta H_{ij} = H_{\text{изм.}ij} - H_{\text{ист.}j}\,, \tag{4}$$

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

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:

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

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

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

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

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

и по высоте по формуле:

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

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) 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 режимах «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)» при вероятности 0,95 для выбранных длин базиса находятся в пределах $\pm 2\cdot(8+1\cdot 10^{-6}\cdot D)$ мм в плане и $\pm 2\cdot(15+1\cdot 10^{-6}\cdot D)$ 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)» 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 $\pm 2\cdot(8+1\cdot 10^{-6}\cdot D+0{,}2\cdot\alpha)$ мм в плане и $\pm 2\cdot(15+1\cdot 10^{-6}\cdot D+0{,}2\cdot\alpha)$ мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах, α - коэффициент от 0 до 120, соответствующий углу наклона аппаратуры в градусах.

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

11.4.1 Рассчитать абсолютную погрешность измерения широты по формуле:

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

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

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

11.4.2 Рассчитать абсолютную погрешность измерения долготы по формуле:

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

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

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

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

- для широты:

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

- для долготы:

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

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.

11.4.4 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности измерения

широты и долготы по формулам:

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

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

где N — количество измерений.

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

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

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

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

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

11.4.7 Рассчитать абсолютную погрешность измерения высоты по формуле:

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

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

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

11.4.8 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности измерения высоты по формуле:

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

11.4.9 Рассчитать СКО абсолютной погрешности измерения высоты по формуле:

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

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

$$\Pi_H = \pm(|M_H| + 2 \cdot \sigma_H) . \tag{22}$$

11.4.11 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 ±2 ($200+1{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot D$) мм в плане и ±2 ($400+1{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot D$) мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах.

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

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

11.5.2 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ абсолютной погрешности (при вероятности 0,95) определения координат в режиме «Автономный» находятся в пределах ±2·1200 мм в плане и ±2·2500 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