

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального  
директора – заместитель по научной  
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов  
2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура геодезическая спутниковая многочастотная RGK SR1

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 651-22-080

р.п. Менделеево.

2022 г.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика (далее - МП) распространяется на аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную RGK SR1 (далее - аппаратура), изготавливаемую SingularXYZ Intelligent Technology Ltd., КНР, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Необходимо обеспечение прослеживаемости аппаратуры к государственным первичным эталонам единиц величин посредством использования аттестованных (поверенных) в установленном порядке средств поверки.

1.3 В результате поверки должны быть подтверждены значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Статика» и «Быстрая статика» при доверительной вероятности 0,95, измерений длины базиса в режимах «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)» при доверительной вероятности 0,95, определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)» при доверительной вероятности 0,95.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость аппаратуры к государственному первичному специальному эталону единицы длины – метра ГЭТ 199-2018 по государственной поверочной схеме для координатно-временных измерений, утвержденной приказом Росстандарта № 2831 от 29 декабря 2018 г.

Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки выполнить операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции проведения поверки

Наименование операции поверки	Номер раздела МП	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Проверка программного обеспечения (далее – ПО) средства измерений	9	да	да
Определение метрологических характеристик средств измерений	10	да	да
Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Статика» и «Быстрая статика» при доверительной вероятности 0,95	10.1	да	да
Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)» при доверительной вероятности 0,95	10.2	да	да
Определение доверительных границ абсолютной погрешности определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)» при доверительной вероятности 0,95	10.3	да	да
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	11	да	да

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 1, поверка прекращается и аппаратура признается непригодной к применению.

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверка должна проводиться в климатических условиях, соответствующих рабочим условиям применения эталонов и поверяемой аппаратуры:

- температура окружающего воздуха от 15 °С до 25 °С в лабораторных условиях;
- температура окружающего воздуха от минус 45 °С до плюс 65 °С в полевых условиях;
- атмосферное давление от 90 до 100 кПа;
- относительная влажность воздуха до 80 %.

3.2 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность аппаратуры, в соответствии с эксплуатационной документацией (далее - ЭД);
- проверить наличие сведений о результатах поверки средств измерений, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;
- аппаратура и средства поверки должны быть выдержаны при нормальных условиях не менее 1 ч.

### 4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица с высшим или средним техническим образованием, аттестованные в качестве поверителей в области геодезических средств измерений и изучившие настоящую методику, документацию на аппаратуру и эксплуатационную документацию на используемые средства поверки.

### 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Для поверки применять средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер раздела МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.1	Средство измерений длины, рабочий эталон 3-го разряда - эталонные базисы и эталонные пространственные полигоны, диапазон измерения длины до 4000 км, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta$ от 1,5 до 300 мм, в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной Приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2831	Полигон пространственный эталонный Краснодарский, регистрационный номер 53472-13 в Федеральном информационном фонде
10.2		
10.3	Средство измерений координат, рабочий эталон единиц координат местоположения 1 разряда, предел допускаемой погрешности хранения абсолютных координат 0,02 м, предел допускаемой погрешности измерения приращения координат в системах координат $(0,003 + 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot L)$ м, предел допускаемой погрешности воспроизведения беззапросной дальности по фазе дальномерного кода 0,05 м, предел допускаемой погрешности воспроизведения скорости изменения беззапросной дальности 0,01 м/с, в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной Приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2831	Комплекс эталонный формирования и измерения радионавигационных параметров ЭФИР, регистрационный номер 82567.21.1Р.00434535 в Федеральном информационном фонде

Продолжение таблицы 2

Номер раздела МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
<i>Вспомогательные средства</i>		
10.1, 10.2	Средство измерений длины, диапазон измерений от 0,07 до 30 км, доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины базиса (при доверительной вероятности 0,99) в режимах «Статика» и «Быстрая статика» $\pm 3 \cdot (2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм в плане, $\pm 3 \cdot (5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм по высоте, «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK) $\pm 3 \cdot (8 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,6 \cdot \alpha)$ мм в плане, $\pm 3 \cdot (15 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,6 \cdot \alpha)$ мм по высоте, где D - длина линии, вычисленная по измеренным приращениям координат в мм, $\alpha$ - коэффициент от 1 до 60, соответствующий углу наклона аппаратуры в градусах.	Аппаратура геодезическая спутниковая многочастотная South Galaxy, регистрационный номер 85303-22 в Федеральном информационном фонде
10.1, 10.2	Средство измерений температуры, давления, влажности, диапазоны измерения влажности от 0 до 99 %, температуры от минус 20 °С до 60 °С, давления от 840 гПа до 1060 гПа; пределы допускаемой погрешности измерений: влажности $\pm 2$ %; температуры $\pm 0,2$ °С; давления $\pm 3$ гПа	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, мод. ИВТМ-7 М 5-Д, регистрационный номер 15500-12 в Федеральном информационном фонде
10.2	Средство измерений плоского угла, диапазон измерений углов $\pm 120^\circ$ , пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов $\pm 30''$	Квадрант оптический КО-60, регистрационный номер 868-84 в Федеральном информационном фонде
<p><b>Примечания:</b></p> <p>1 Сведения о результатах поверки (аттестации) средств измерений (эталонов), применяемых при поверке, должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.</p> <p>2 Допускается применение средств поверки, не приведенных в рекомендуемом перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью, передачу единицы величины средству измерений при его поверке и прослеживаемость эталонов и средств измерений, применяемых при поверке, к государственным первичным эталонам единиц величин.</p>		

## 6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования по технике безопасности, указанные в ЭД на используемые средства поверки;
- правила по технике безопасности, действующие на месте поверки;
- ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССТБ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

## 7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре аппаратуры установить:

- комплектность аппаратуры и наличие маркировки (заводской номер, тип) путём сличения с ЭД на аппаратуру, наличие поясняющих надписей;
- исправность переключателей, работу подсветок, исправность разъемов и внешних соединительных кабелей;

- качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- наличие и исправность съёмных накопителей измерительной информации или управляющего ПЭВМ (в соответствии с ЭД);
- отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики.

7.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты внешнего осмотра удовлетворяют п. 7.1. В противном случае аппаратура бракуется, дальнейшие операции поверки не производят.

## **8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

8.1 При опробовании установить соответствие аппаратуры следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов;
- плавность и равномерность движения подвижных частей;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей (в соответствии с указаниями главы 4 документа «Аппаратура геодезическая спутниковая многочастотная RGK SR1. Руководство по эксплуатации» (далее - РЭ);
- работоспособность аппаратуры с использованием всех функциональных режимов (в соответствии с указаниями п.2.2 РЭ);

Если перечисленные требования не выполняются, аппаратуру признают негодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты опробования и проверки работоспособности удовлетворяют п. 8.1.

## **9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

9.1 Идентификационное наименование и идентификационный номер ПО получить после запуска ПО (на главном окне программы или в его заголовке/через меню «О программе»).

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО соответствуют приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные

Идентификационные данные (признаки)	Значение		
	МПО	SingularSurv	SingularPad
Идентификационное наименование ПО	МПО	SingularSurv	SingularPad
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	1.0.7	2.8.2	1.0
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	2DEE26D4	E4477176	00CEC126
Алгоритм вычисления идентификатора ПО	CRC32	CRC32	CRC32

## **10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

10.1 Определение доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Статика» и «Быстрая статика» при доверительной вероятности 0,95

10.1.1 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в этих режимах следует выбрать четыре базисные линии, действительные значения длин которых равномерно расположены в диапазоне измерений длины базиса поверяемой аппаратуры, входящих в состав эталонного базиса или эталонного пространственного полигона (далее – эталон), аттестованного в качестве рабочего эталона 3-го разряда.

10.1.2 Установить поверяемую аппаратуру на пункты, расположенные на концах базисной линии, произвести измерения в режимах «Статика» и «Быстрая статика» (в соответствии с указаниями главы 5 РЭ). Повторить измерения, указанные в данном пункте не менее 10 раз. Повторить вышеуказанные операции для оставшихся трех базисных линий.

Если при проведении поверки имеется в наличии только один экземпляр аппаратуры, то в качестве второго экземпляра аппаратуры использовать аппаратуру геодезическую спутниковую

многочастотную South Galaxy (далее - приемник).

Используя USB-кабель произвести передачу результатов полученных измерений в персональный компьютер (далее - ПК), на котором установлено штатное программное обеспечение SingularSurv (далее - ПО), с помощью данного ПО произвести постобработку результатов выполненных измерений и получить приращения координат пунктов, определяющих базисные линии в метрах –  $\Delta B_{изм_{ji}}$ ,  $\Delta L_{изм_{ji}}$ ,  $\Delta H_{изм_{ji}}$ , где  $j=1 \dots N$  – номер приема измерения,  $i=1 \dots M$  – номер базисной линии.

10.1.3 Определить по полученным данным расстояние, полученное по  $i$ -ой линии с помощью испытываемой аппаратуры в  $j$ -ом приеме измерений между пункта в плане по формуле (1):

$$S_{изм_{ji}} = \sqrt{(\Delta B_{изм_{ji}})^2 + (\Delta L_{изм_{ji}})^2} , \quad (1)$$

10.1.4 Определить систематическую составляющую погрешности измерения длины базиса в плане –  $dS_i$  по формулам (2) и (3):

$$\Delta S_{ji} = S_{изм_{ji}} - S_{ист_i} , \quad (2)$$

$$dS_i = \frac{1}{N} * \sum_{j=1}^N \Delta S_{ji} , \quad (3)$$

где  $S_{ист_i}$  – действительное значение длины базиса;

$j$  – номер измерения;

$N$  – количество измерений.

Определить систематическую составляющую погрешности измерения длины базиса по высоте –  $dH_i$  по формулам (4) и (5):

$$\Delta H_{ji} = H_{изм_{ji}} - H_{ист_i} , \quad (4)$$

$$dH_i = \frac{1}{N} * \sum_{j=1}^N \Delta H_{ji} , \quad (5)$$

где  $H_{ист_i}$  – действительное значение высоты;

$j$  – номер измерения;

$N$  – количество измерений.

10.1.5 Определить среднее квадратическое отклонение (СКО) случайной составляющей погрешности измерения длины базиса в плане по формуле (6):

$$\sigma_{S_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta S_{ji} - dS_i)^2}{N-1}} , \quad (6)$$

Определить СКО случайной составляющей погрешности измерения длины базиса по высоте по формуле (7):

$$\sigma_{H_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta H_{ji} - dH_i)^2}{N-1}} , \quad (7)$$

10.1.6 Определить доверительные границы абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений длины базиса в плане по формуле (8):

$$P_{S_i} = \pm (|dS_i| + 2\sigma_{S_i}) , \quad (8)$$

и по высоте по формуле (9):

$$P_{H_i} = \pm (|dH_i| + 2\sigma_{H_i}) . \quad (9)$$

10.1.7 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длин базиса при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне длин базиса от 0,07 до 30 км находятся в границах  $\pm 2 \cdot (2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  мм в плане и  $\pm 2 \cdot (5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах.

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

10.2.1 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Кинематика с постобработкой» выбрать пункт эталона и установить на него аппаратуру (если имеется только один экземпляр аппаратуры, то установить приемник) и ввести в ее память точные координаты точки установки антенны. В дополнение к этому пункту выбрать еще десять пунктов из состава эталона с известными координатами их взаимного планового и высотного положения. Действительные значения длин от выбранных десяти пунктов до пункта с установленной аппаратурой должны быть равномерно расположены в диапазоне измерений длины базиса поверяемой аппаратуры.

Поверяемую аппаратуру поочередно устанавливать на выбранных десяти пунктах эталона. Произвести на этих пунктах совместные измерения в режиме «Кинематика с постобработкой», выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с главой 5 РЭ.

Используя USB-кабель, произвести передачу полученных результатов измерений на, на котором установлено ПО, с помощью данного ПО произвести обработку выполненных результатов измерений и получить приращения координат пунктов, определяющих базисные линии в метрах –  $\Delta B_{изм_{ji}}$ ,  $\Delta L_{изм_{ji}}$ ,  $\Delta H_{изм_{ji}}$ , где  $j=1 \dots N$  – номер приема измерения,  $i=1 \dots M$  – номер базисной линии.

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

Определить систематическую составляющую погрешности измерения длины базиса в плане и по высоте по формулам (3) и (5).

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

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

10.2.2 Для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Кинематика в режиме реального времени (RTK)» произвести операции описанные в п. 10.2.1.

Поверяемую аппаратуру поочередно устанавливать на выбранных десяти пунктах эталона. Произвести на них измерения в режиме «RTK», выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с главой 5 РЭ, при измерениях производить наклон аппаратуры относительно линии отвеса в диапазоне от одного до шестидесяти градусов в следующем порядке: на первой точке задать угол наклона равный  $0^\circ$ , на второй точке  $10^\circ$ , далее изменять угол наклона с шагом  $5^\circ$  до восьмой точки, с восьмой по десятую точки изменять угол наклона с шагом  $10^\circ$ , угол наклона задавать при помощи оптического квадранта.

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

Определить систематическую составляющую погрешности измерения длины базиса в плане и по высоте по формулам (3) и (5).

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

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

10.2.3 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ абсолютной погрешности измерений длины базисов в режимах «Кинематика с

постобработкой» при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне длин базиса от 0,07 до 30 км находятся в границах  $\pm 2 \cdot (8,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  мм в плане и  $\pm 2 \cdot (15,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  мм по высоте, «Кинематика в реальном времени (RTK)» при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне длин базиса от 0,07 до 30 км находятся в границах  $\pm 2 \cdot (8,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot \alpha)$  мм в плане и  $\pm 2 \cdot (15,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D + 0,2 \cdot \alpha)$  мм по высоте, где  $D$  - измеренная длина базиса в миллиметрах,  $\alpha$  - коэффициент от 1 до 60, соответствующий углу наклона аппаратуры в градусах.

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

10.3.1 Собрать схему измерений, согласно рисунку 1, разместив испытываемую аппаратуру и приемник навигационных сигналов из состава рабочего эталона единиц координат местоположения 1 разряда в безэховых камерах, исключив возможное переизлучение сигнала от антенн с выходов имитатора и обеспечив возможность передачи поправок по радиоканалу.



Рисунок 1 — схема подключения аппаратуры для определения доверительных границ абсолютной погрешности измерений координат в дифференциальном кодовом режиме

10.3.2 Запустить имитатор сигналов из состава рабочего эталона 1 разряда единиц координат местоположения согласно его РЭ.

10.3.3 Включить испытываемую аппаратуру и эталонный навигационный приемник согласно их РЭ.

10.3.4 Выждать время прогрева имитатора сигналов до выхода его рабочих параметров на номинальный режим работы.

10.3.5 Сконфигурировать эталонный навигационный приемник для работы в режиме базовой станции с выдачей поправок с помощью УКВ антенны, согласно таблице 4.

Таблица 4 — Конфигурация эталонного навигационного приемника

Наименование характеристики	Значение характеристики
Конфигурация	База
Тип связи	УКВ встроенные
Поправки	RTCM3.2
Протокол	Transparent
Канал	6
Частота	460.05 МГц
Маска	10

10.3.6 Подключиться к испытываемой аппаратуре по беспроводному интерфейсу Bluetooth, используя ПО SingularSurv, установленное на устройство с операционной системой Android, согласно РЭ.

10.3.7 С помощью ПО SingularSurv сконфигурировать испытываемую аппаратуру для работы в режиме ровера и приёма поправок по сигналам УКВ, согласно таблице 5.

Таблица 5 — Конфигурация испытываемой аппаратуры

Наименование характеристики	Значение характеристики
Конфигурация	Ровер
Связь	УКВ встроенные
Поправки	RTCM3.2
Протокол	Transparent
Канал	6
Частота	460.05 МГц
Маска	10

10.3.8 В главном окне ПО SingularSurv перейти на вкладку «Измерения» и выбрать режим записи «Кинематика» с частотой записи измерительной информации 1 Гц.

10.3.9 Запустить на имитаторе сигналов сценарий согласно таблице 6.

Таблица 6 — Параметры сценария

Наименование характеристики	Значение
Формируемые спутниковые навигационные сигналы	ГЛОНАСС в частотном диапазоне L1, L2 GPS в частотном диапазоне L1, L2, L5
Количество НКА	не менее 6
Продолжительность, ч	2
Дискретность записи в файл формируемой траектории движения объекта, с	1
Параметры среды распространения навигационных сигналов	Тропосфера присутствует Ионосфера присутствует
Формируемые сигналы функциональных дополнений	Нет
Модель движения	Два статичных объекта (длина базиса 30 км): - базовая станция: а) широта 55°00'00" N б) долгота 37°00'00" E в) высота 200 м - ровер: а) широта 55°00'00" N б) долгота 37°28'12" E в) высота 200 м

10.3.10 Провести измерения аппаратурой в ходе исполнения сценария в соответствии с главой 6 РЭ.

10.3.11 Экспортировать файл с измерительной информацией аппаратуры в формате «\*.csv» согласно п. 5.9.2. РЭ «Экспорт данных проекта».

10.3.12 Выбрать измерения координат местоположения по широте, долготе и высоте на общем интервале времени из двух файлов: лог-файл имитатора сигнала и файл измерений геодезической аппаратуры.

10.3.13 Пересчитать координаты геодезического пункта на фазовый центр антенны аппаратуры, прибавив значения координат смещение фазового центра антенны аппаратуры к координатам геодезического пункта, получив координаты опорной точки.

10.3.14 Рассчитать абсолютную погрешность измерения широты по формуле:

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

где  $i=N$  — номер измерения;  
 $B_i$  — широта, измеренная аппаратурой, °;  
 $B_{ref}$  — широта из сценария имитатора, °.

10.3.15 Рассчитать абсолютную погрешность измерения долготы по формуле:

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

где  $L_i$  — долгота, измеренная аппаратурой, °;  
 $L_{ref}$  — долгота опорной точки, °.

10.3.16 Перевести полученные значения абсолютной погрешности измерения широты и долготы в метры по формулам (12) и (13) соответственно:

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

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

где  $\Delta B_i, \Delta L_i$  — абсолютная погрешность измерения испытуемой аппаратуры широты и долготы на  $i$ -ю эпоху, °;  
 $a$  — большая полуось общеземного эллипсоида, м;  
 $e$  — эксцентриситет общеземного эллипсоида.

10.3.17 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности измерения широты по формуле (14) и долготы по формуле (15):

$$M_B = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta B'_i; \quad (14)$$

$$M_L = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta L'_i. \quad (15)$$

10.3.18 Рассчитать СКО абсолютной погрешности измерения широты по формуле (16) и долготы по формуле (17):

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

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

10.3.19 Рассчитать доверительные границы абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерения координат в плане по формуле:

$$P_p = \pm \left( \sqrt{M_B^2 + M_L^2} + 2 \cdot \sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_L^2} \right). \quad (18)$$

10.3.20 Рассчитать абсолютную погрешность измерения высоты по формуле:

$$\Delta h_i = h_i - h_{ref}, \quad (19)$$

где  $h_i$  — высота, измеренная аппаратурой, м;  
 $h_{ref}$  — высота из сценария имитатора, м.

10.3.21 Рассчитать математическое ожидание абсолютной погрешности измерения высоты по формуле:

$$M_h = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta h_i. \quad (20)$$

10.3.22 Рассчитать СКО абсолютной погрешности измерения высоты по формуле:

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta h_i - M_h)^2}{N-1}}. \quad (21)$$

10.3.23 Рассчитать доверительные границы абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерения высоты по формуле:

$$P_h = \pm (|M_h| + 2 \cdot \sigma_h). \quad (22)$$

10.3.24 Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ абсолютной инструментальной погрешности определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)» при доверительной вероятности 0,95 в диапазоне работы режима от 0,07 до 30 км находятся в границах  $\pm 2 \cdot (250 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  мм в плане и  $\pm 2 \cdot (500 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах.

## 11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Процедура обработки результатов измерений метрологических характеристик приведены в п.п. 10.1.3 - 10.1.6 и 10.3.13 - 10.3.23.

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки аппаратуры подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца аппаратуры или лица, представившего ее на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке и (или) в паспорт аппаратуры вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

12.2 Результаты поверки оформить в соответствии с приказом № 2510 от 31.07.2020 г. Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Начальник отделения НИО-8  
 ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.М. Каверин

Заместитель начальника отделения  
 по научной работе НИО-8  
 ФГУП «ВНИИФТРИ»



И.С. Сильвестров

Начальник отдела № 83  
 ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.В. Мазуркевич