

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



(Handwritten signature)

А.Н. Щипунов
2017 г.

ИНСТРУКЦИЯ
ПРИЕМНИКИ НАВИГАЦИОННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ
АППАРАТУРЫ ТРЕХЧАСТОТНЫЕ
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
651-17-038 МП

р. п. Менделеево
2017 г.

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика распространяется на приемники навигационные геодезической аппаратуры трехчастотные (далее – приемники трехчастотные) и устанавливает методы и средства её первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – два года.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполнить операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции поверки	Номер пункта методики поверки	Проведение операций при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр и опробование	7.1	да	да
2 Определение абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Статика» и «Быстрая статика», определение абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени», определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный», определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения»	7.2-7.5	да	да
3 Идентификация программного обеспечения (ПО)	7.6	да	да

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Для поверки применять рабочие эталоны, приведенные в таблице 2.

3.2 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик системы с требуемой точностью.

3.3 Применяемые при поверке СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

Таблица 2

Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки. Разряд по государственной поверочной схеме. Основные метрологические характеристики	Номер пункта методики поверки
- Государственный рабочий эталон единиц координат местоположения 1 разряда в области пространства до 8000000 м от поверхности геоида, скорости в диапазоне от 0 до 12000 м/с, беззапросной дальности в диапазоне от 0 до 90000000 м, скорости изменения беззапросной дальности, в диапазоне от 0 до 11000 м/с, углов пространственной ориентации в диапазоне от 0° до 360°, доверительная граница погрешности $p=0,67$ хранения абсолютных координат в системах координат WGS-84, ПЗ-90.11, ГСК-2011, м, не более 0,01 м; - эталонный пространственный полигон 2-го разряда по МИ 2292-94, доверительные границы абсолютной погрешности полигона (при доверительной вероятности 0,95) при измерении приращений координат в плане ± 30 мм; регистрационный номер 42014-09 в Федеральном информационном фонде; - линейные базисы по ГОСТ Р 8.750-2011, пределы допускаемой абсолютной погрешности длин линий базиса между геодезическими пунктами $\pm(1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм, где D – длина базиса в миллиметрах;	7.2-7.5

Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки. Разряд по государственной поверочной схеме. Основные метрологические характеристики	Номер пункта методики поверки
<ul style="list-style-type: none"> - линейка измерительная металлическая 300 мм по ГОСТ 427-75, регистрационный номер № 66266-16 в Федеральном информационном фонде; - рулетка измерительная металлическая 2 м по ГОСТ 7502-98, регистрационный номер № 46391-11 в Федеральном информационном фонде; - термогигрометры ИВА-6Н-КП-Д, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,3$ °С; регистрационный номер № 46434-11 в Федеральном информационном фонде. 	

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей в области пространственных и координатных измерений и изучившие настоящую методику, документацию на приемники трехчастотные и эксплуатационную документацию на используемые средства поверки.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования по технике безопасности, указанные в эксплуатационной документации (ЭД) на используемые средства поверки;
- правила по технике безопасности, действующие на месте поверки;
- правила по технике безопасности при производстве топографо-геодезических работ ПТБ-73 (Изд. «Недра», М., 1973 г.);
- ГОСТ 12.2.007.0-75;
- ГОСТ Р 50377 – 92.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

6.1 Поверка должна проводиться в климатических условиях, соответствующих рабочим условиям применения указанных в эксплуатационной и технической документации на приемники трехчастотные и на средства их поверки.

6.2 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность приемников трехчастотных, эталонов и вспомогательных средств, достаточных для проведения поверки;
- проверить наличие действующих свидетельств о поверке СИ.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр и опробование

7.1.1. При внешнем осмотре приемников установить:

- исправность переключателей, работу подсветок, исправность разъемов и внешних соединительных кабелей;
- качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики;
- наличие маркировки согласно требованиям ЭД;

7.1.2 Проверить работоспособность приемников трехчастотных при пробном включении тестированием по встроенным программам, установленных в ЭД.

7.1.3 Результаты поверки считать положительными, если тестирование по встроенным программам прошло успешно, результаты внешнего осмотра удовлетворяют п. 7.1.1.

7.2 **Определение абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Статика» и «Быстрая статика»**

7.2.1 Для определения абсолютной погрешности измерений в этом режиме следует выбрать три базисных линии протяженностью от 0,07 до 30 км, входящих в состав эталонного геодезического стенда из состава ГЭТ 199-2012.

7.2.2 Для получения оценки точности измерений отдельных базисных линий и координат в набор следует включить линии, предварительно измеренные геодезическими дальномерами или тахеометрами из состава ГЭТ 199-2012 и с известными координатами начальных и конечных пунктов, а также их взаимного планового и высотного положения.

7.2.3 В соответствии с пунктом РЭ «Порядок работы» выбрать продолжительность сеансов наблюдений для режимов «Статика» и «Быстрая статика». Повторить измерения, указанные в данном пункте не менее 10 раз.

7.2.4 Используя USB-кабель произвести передачу полученных измерений в персональный компьютер, на котором установлено штатное ПО «STOREGIS», с помощью данного ПО произвести постобработку выполненных измерений, используя сигналы всех ГНСС и получить координаты пунктов, определяющих базисные линии.

7.2.5 Вычислить приращения координат между пунктами по формулам (1):

$$\begin{aligned}\Delta B_{\text{изм}ji} &= B a_{ji} - B b_{ji}, \\ \Delta L_{\text{изм}ji} &= L a_{ji} - L b_{ji}, \quad (1) \\ \Delta H_{\text{изм}ji} &= H a_{ji} - H b_{ji},\end{aligned}$$

где B_{ji}, L_{ji}, H_{ji} – значения координат пункта, полученные в j -ый прием измерений;

a_j, b_j, \dots – номера пунктов в j -ый прием измерений;

j – прием измерения;

i – номер базисной линии;

$\Delta B; \Delta L; \Delta H$ – приращения координат между пунктами в плане и по высоте.

Перевести значения приращения координат в плане (широты и долготы) из угловых секунд в метры по формулам (2):

- для широты:

$$\Delta B_{\text{изм}j(\text{м})} = \text{arc}1'' \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}} \cdot \Delta B(c),$$

- для долготы:

$$\Delta L_{\text{изм}j(\text{м})} = \text{arc}1'' \frac{a(1-e^2)\cos B}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}} \cdot \Delta L(c), \quad (2)$$

где a – большая полуось эллипсоида, м;

e – первый эксцентриситет эллипсоида;

$1'' = 0,000004848136811095359933$ радиан ($\text{arc} 1''$).

7.2.6 Определить по полученным данным расстояние, полученное по i -ой линии с помощью испытуемого приемника трехчастотного в j -ом приеме измерений между пункта в плане по формуле (3):

$$S_{\text{изм}ji} = \sqrt{(\Delta B_{\text{изм}ji(\text{м})})^2 + (\Delta L_{\text{изм}ji(\text{м})})^2}, \quad (3)$$

и по высоте $\Delta H_{\text{изм}ji}$ по формуле (1).

7.2.7 Определить систематическую составляющую погрешности измерения длины базиса в плане по формулам (4) и (5):

$$\Delta S_{ji} = S_{\text{изм}ji} - S_{\text{ист}i}, \quad (4)$$

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

где $S_{изм_{ji}}$ – измеренная длина базиса; $S_{ист_i}$ – действительное значение длины базиса; j – номер измерения; N – количество измерений.

Аналогичным образом определить систематическую составляющую погрешности измерения длины базиса по высоте.

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

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

Аналогичным образом определить СКО случайной составляющей погрешности измерения длины базиса по высоте.

7.2.9 Определить абсолютную погрешность (по уровню вероятности 0,997) измерений длины базиса в плане по формуле (7):

$$П_{S_i} = \pm (|dS_i| + 3\sigma_{S_i}) , \quad (7)$$

и по высоте по формуле (8):

$$П_{H_i} = \pm (|dH_i| + 3\sigma_{H_i}) . \quad (8)$$

7.2.9 Результаты опробования считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений длин базиса при доверительной вероятности 0,997 в диапазоне длин базиса от 0,07 до 30 км находятся в границах $\pm 3 \cdot (5 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм в плане и $\pm 3 \cdot (10 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах.

7.3 Определение абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Кинематика с постобработкой» и «Кинематика в реальном времени (RTK)»

7.3.1 Выбрать несколько пунктов кинематической сети эталонного геодезического стенда с известными координатами и их взаимного планового и высотного положения дополнительно к центральному пункту стенда. Измерить расстояния от центрального пункта стенда до остальных пунктов высокоточным тахеометром (дальномером) из состава ГЭТ 199-2012.

7.3.2 Установить на центральном пункте стенда базовую станцию и ввести в ее память точные координаты точки установки антенны.

7.3.3 Испытуемые приемники трехчастотные поочередно устанавливаются на выбранных пунктах. Произвести на них измерения в режиме «Кинематика с постобработкой», выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с рекомендациями РЭ.

7.3.4 Используя USB-кабель произвести передачу полученных измерений в персональный компьютер, на котором установлено штатное ПО «STOREGIS», с помощью данного ПО произвести постобработку выполненных измерений, используя сигналы всех ГНСС и получить координаты пунктов.

7.3.5 Вычислить приращения координат между пунктами по формулам (1).

7.3.6 Определить по полученным данным расстояние, полученное по i -ой линии, с помощью испытуемого приемника трехчастотного в j -ом приеме измерений между пункта в плане по формуле (3).

7.3.7 Определить систематическую составляющую погрешности измерения длины базиса в плане и по высоте по формулам (4) и (5).

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

7.3.9 Определить абсолютную погрешность (по уровню вероятности 0,997) измерений длины базиса в плане и по высоте по формулам (7) и (8).

7.3.10 Для определения абсолютной погрешности измерений в режиме «Кинематика в реальном времени» выбрать несколько пунктов кинематической сети эталонного геодезического стенда с известными координатами и их взаимного планового и высотного положения дополнительно к центральному пункту стенда. Измерить расстояния от центрального пункта стенда до остальных пунктов высокоточным тахеометром (дальномером) из состава ГЭТ 199-2012.

7.3.11 Установить на центральном пункте стенда базовую станцию и ввести в ее память точные координаты точки установки антенны (с поправкой на высоту).

7.3.12 Испытуемые приемники трехчастотные поочередно устанавливать на выбранных пунктах. Произвести на них измерения в режиме «Ровер», используя сигналы всех ГНСС, выбрав время инициализации и время наблюдений в соответствии с РЭ.

7.3.13 Используя USB-кабель произвести передачу полученных координат пунктов в персональный компьютер, на котором установлено штатное ПО «STOREGIS».

7.3.14 Сравнить координаты пунктов, измеренные приемниками трехчастотными, с их действительными координатами. Вычислить абсолютную погрешность измерений длины базиса в плане и по высоте по формулам (1) – (8).

7.3.15 Результаты опробования считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений длины базисов при доверительной вероятности 0,997 в диапазоне длин базиса от 0,07 до 30 км находятся в границах $\pm 3 \cdot (10 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм в плане и $\pm 3 \cdot (15 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм по высоте, где D - измеренная длина базиса в миллиметрах.

7.4 Определенне абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»

7.4.1 Определение погрешности (по уровню вероятности 0,997) определения координат объекта.

Подключить переизлучающую антенну в безэховой камере к имитатору сигналов из состава государственного рабочего эталона 1 разряда по ГОСТ Р 8.750 и поместить модуль антенный гибридный ГНСС в безэховую камеру, как это показано на рисунке 1.

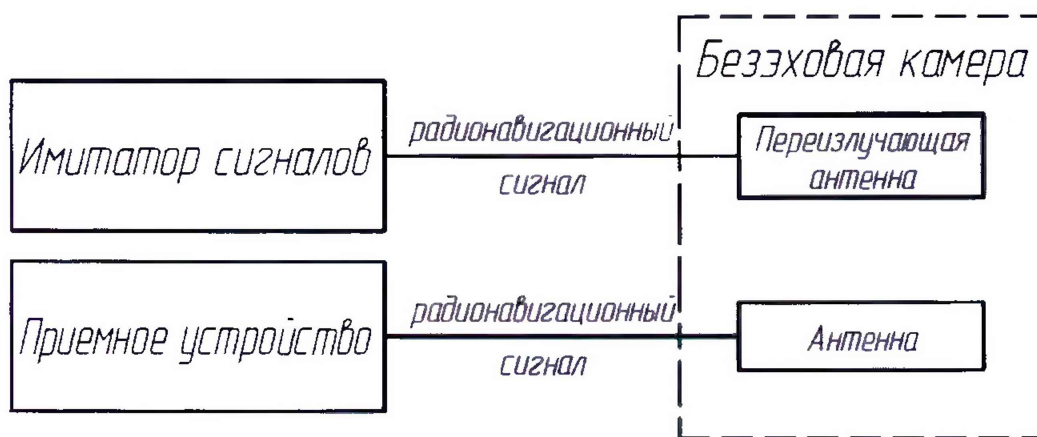


Рисунок 1 – Схема для проведения измерений

7.4.1.1 Подготовить сценарий имитации с параметрами, приведенными в таблице 3, при этом контролировать, чтобы значение геометрического фактора ухудшения не превышало 4.

7.4.1.2 Запустить сценарий имитации.

7.4.1.3 Настроить приемники трехчастотные на выдачу результатов измерений в протоколе NMEA.

7.4.1.4 Осуществить запись NMEA сообщений с частотой 1 сообщение в 1 с в абсолютном режиме работы модулей в течение 120 минут.

Таблица 3

Наименование параметра имитации	Значение параметра имитации
Формируемые спутниковые навигационные сигналы	ГЛОНАСС и GPS (код C/A без SA)
Продолжительность	120 мин
Количество каналов: ГЛОНАСС GPS GALILEO	8 8 8
Параметры среды распространения навигационных сигналов: тропосфера ионосфера	отсутствует присутствует
Координаты в системе координат WGS-84: - широта - долгота - высота, м - высота геоида, м	60°00'000000 N 030°00'000000 E 100,00 18,00

7.4.1.5 Определить систематическую составляющую погрешности определения координат в плане (широты и долготы) и высоты по формулам (9) и (10), например, для координаты В (широты):

$$\Delta B(j) = B(j) - B_{ист}, \quad (9)$$

$$dB = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta B(j), \quad (10)$$

где $B_{ист}$ – истинное значение координаты В, с;

$B(j)$ – значение координаты В в j-й момент времени, с;

N – количество измерений.

Аналогичным образом определить систематическую составляющую погрешности определения координаты L (долготы) и H (высоты).

7.4.1.6 Определить СКО случайной составляющей погрешности определения координат по формуле (11), например, для координаты В (широты):

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta B(j) - dB)^2}{N - 1}}. \quad (11)$$

Аналогичным образом определить СКО случайной составляющей погрешности определения координаты L (долготы) и H (высоты).

7.4.1.7 Перевести значения погрешностей определения координат в плане (широты и долготы) из угловых секунд в метры по формулам (12), (13):

- для широты:

$$\Delta B_{(м)} = \text{arcl}'' \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}} \cdot \Delta B_{(с)}, \quad (12)$$

- для долготы:

$$\Delta L_{(м)} = \text{arcl}'' \frac{a(1-e^2) \cos B}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}} \cdot \Delta L_{(с)}, \quad (13)$$

где a – большая полуось эллипсоида, м;

e – первый эксцентриситет эллипсоида;

1" = 0,000004848136811095359933 радиан (arc 1").

Для приближенных расчетов можно применять следующие формулы:

$$\Delta B(m) = 30,92 \cdot \Delta B(c); \Delta L(m) = 30,92 \cdot \Delta L(c) \cdot \cos B.$$

7.4.1.8 Определить абсолютную погрешность (по уровню вероятности 0,997) определения координат для высоты в соответствии с формулой (14):

$$\Pi_H = \pm (|dH| + 3\sigma_H) \quad (14)$$

7.4.1.9 По формуле (15) рассчитать абсолютную погрешность в плане:

$$\Pi_P = \pm \sqrt{(|dB| + 3\sigma_B)^2 + (|dL| + 3\sigma_L)^2} \quad (15)$$

7.4.2 Результаты опробования считать положительными, если значения абсолютной погрешности определения координат находятся в границах ± 3600 мм в плане и ± 6000 мм по высоте.

7.5 Определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения»

7.5.1 Определение абсолютной погрешности (по уровню вероятности 0,997) определения координат объекта

Подключить переизлучающую антенну в безэховой камере к имитатору сигналов из состава государственного рабочего эталона 1 разряда по ГОСТ Р 8.750 и поместить модуль антенный гибридный ГНСС в безэховую камеру, подключить имитатор сигналов к приемному модулю приемника трехчастотного для выдачи дифференциальных поправок, как это показано на рисунке 2.

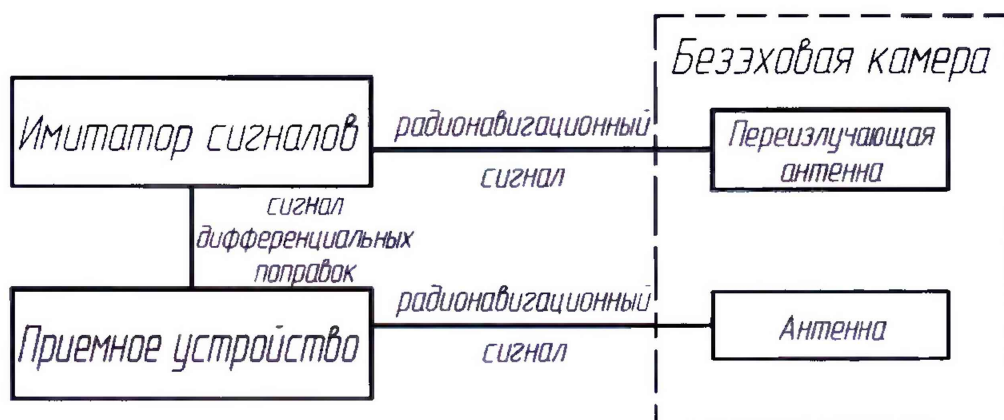


Рисунок 2 – Схема для проведения измерений

7.5.1.1 Подготовить сценарий имитации с параметрами, приведенными в таблице 3, при этом контролировать, чтобы значение геометрического фактора ухудшения не превышало 4.

7.5.1.2 Запустить сценарий имитации.

7.5.1.3 Включить приемники трехчастотные в режиме «Дифференциальные кодовые измерения» и настроить на выдачу результатов измерений в протоколе NMEA.

7.5.1.4 Осуществить запись NMEA сообщений с частотой 1 сообщение в 1 с в течение 120 минут.

7.5.1.5 Выполнить измерения по пунктам 7.4.1.5 – 7.4.1.9.

Таблица 3

Наименование параметра имитации	Значение параметра имитации
Формируемые спутниковые навигационные сигналы	ГЛОНАСС и GPS (код C/A без SA)
Продолжительность	120 мин.
Количество каналов: ГЛОНАСС	8

GPS GALILEO	8 8
Параметры среды распространения навигационных сигналов: тропосфера ионосфера	отсутствует присутствует
Координаты в системе координат WGS-84: - широта - долгота - высота, м - высота геоида, м	60°00'000000 N 030°00'000000 E 100,00 18,00

7.5.2 Результаты опробования считать положительными, если значения абсолютной погрешности определения координат находятся в границах ± 1800 мм в плане и ± 2700 мм по высоте.

7.6 Идентификация ПО

7.6.1 Идентификационное наименование и идентификационный номер ПО получить при подключении приемника трехчастотного к ППК средствами ОС «Windows», основное меню/свойства файла.

7.6.2 Результаты занести в протокол.

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО соответствуют приведенным в таблице 5.

Таблица 5

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
Аппаратно-встроенная программа для центрального процессора приемника трехчастотного «nav»	nav	1.05	d292e9293a5c 2686c15c1e51 0b7ab043	MD5
Аппаратно-встроенная программа для навигационного процессора приемника трехчастотного «CRYS 01 04.img»	CRYS_01_04. img	1.04	758c9ebb1f46a 40534cd3d054 8efb14d	MD5

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При положительных результатах поверки приемников трехчастотных выдается свидетельство установленной формы.

8.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

8.3 В случае отрицательных результатов поверки приемники трехчастотные к дальнейшему применению не допускаются. На них выдается извещение о его непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования.

Заместитель начальника НИО-8 ФГУП «ВНИИФТРИ»

И.С. Сильвестров

Начальник отдела № 83 ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.В. Мазуркевич