

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель ГЦИ СИ
ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России»**



С.И. Донченко

2010 г.

ИНСТРУКЦИЯ

**Аппаратура навигационная потребителей глобальных навигационных
спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS «Бриз-КМ-ГС» -
комплекты навигационные гидрографические (индекс 14Ц856)**

Методика поверки

2010 г.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на аппаратуру навигационную потребителей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС и GPS «Бриз-КМ-ГС» - комплекты навигационные гидрографические (индекс 14Ц856) (далее – аппаратура) и устанавливает методы и средства ее первичной и периодической поверок.

1.2 Межповерочный интервал - 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполнить операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр.	8.1	да	да
2 Опробование.	8.2	да	да
3 Определение (контроль) метрологических характеристик:	8.3		
3.1 Определение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности определения координат в плане, высоты, скорости, путевого угла (в диапазоне скоростей от 0 до 13 м/с) при работе по: ГНСС ГЛОНАСС (код СТ и ВТ) в частотных диапазонах L1 и L2; ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1; ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 с использованием дифференциальных поправок по сигналам МДПС; ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 с использованием сигналов SBAS.	8.3.1	да	да
3.2 Определение СКО случайной составляющей погрешности синхронизации внутренней шкалы времени (ШВ) к шкалам системного времени ГНСС ГЛОНАСС и GPS и координированной ШВ UTC (SU) в режиме слежения за навигационными космическими аппаратами (НКА).	8.3.2	да	да
3.3 Определение СКО случайной составляющей погрешности определения приращений координат в статике (на расстоянии не более 50 км).	8.3.3	да	да
3.4 Определение СКО случайной составляющей погрешности определения приращений координат в диапазоне скоростей до 13 м/с (на расстоянии не более 50 км).	8.3.4	да	нет

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленное в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
1	2
8.3.1	Имитатор сигналов СН-3803М (предел допускаемого среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности формирования беззапросной дальности до НКА КНС ГЛОНАСС и GPS по фазе дальномерного кода 0,1 м).
8.3.2	Приемник–антенна синхронизирующий ТСЮИ.468157.123 (пределы допускаемой погрешности синхронизации внутренней ШВ со ШВ UTC (SU) в режиме «время на твердой точке» (при доверительной вероятности 0,95) ± 50 нс). Частотомер CNT-90 (диапазон частот от 0,01 Гц до 300 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте встроенного генератора $\pm 1,5 \cdot 10^{-8}$).
8.3.3	Рабочий эталон первого разряда - тахеометр электронный ТСА2003 (неисключенная систематическая погрешность измерения длин базисных линий 0,3 мм). GPS–приемник двухчастотный спутниковый геодезический Trimble 5700 (пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейного базиса в статическом режиме ± 6 мм).
8.3.4	GPS–приемник двухчастотный спутниковый геодезический Trimble 5700.

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2.

3.3 Все средства поверки должны быть утверждённого типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами, аттестованными в качестве поверителей в порядке, установленном в ПР 50.2.012-94 «ГСИ Порядок аттестации поверителей средств измерений».

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80 «ССБТ Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности».

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °C 20 ± 5 ;

- относительная влажность воздуха, % 65 ± 15 ;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) 100 ± 4 (750 ± 30).

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Поверитель должен изучить руководства по эксплуатации (РЭ) на аппаратуру и применяемые средства поверки.

7.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки;
- заземлить (если это необходимо) рабочие эталоны, средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в РЭ).

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре проверить:

- комплектность поверяемой аппаратуры;
- отсутствие внешних механических повреждений и неисправностей, влияющих на работоспособность аппаратуры;
- исправность органов управления.

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

8.2 Опробование

8.2.1 Установить антенну аппаратуры так, чтобы обеспечить возможность приема радиосигналов НКА ГНСС ГЛОНАСС/GPS с верхней полусферы.

8.2.2 Проложить антенный кабель от места установки антенны до аппаратуры и состыковать.

8.2.3 Включить приемник навигационный гидрографический ТДЦК.469635.010 (далее - ПНГ), для чего нажать клавишу «ВКЛ/ВЫКЛ» на передней панели ПНГ. После включения ПНГ автоматически перейдет в режим отображения «Основной экран».

8.2.4 После решения аппаратурой навигационной задачи в Зоне 2 «Основного экрана» отображается следующая информация:

- общее число видимых НКА двух ГНСС (сумма чисел после букв Г и G) должно быть не менее 5 или одной ГНСС не менее 4;
- символы звездочек (****) после символа σ изменятся на число, соответствующее СКО определения координат в метрах;
- значения координат изменяются с темпом обновления 1 с.

8.2.5 Результаты опробования считать положительными, если выполняются требования п. 8.2.4.

8.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

8.3.1 Определение СКО случайной составляющей погрешности определения координат в плане, высоты, скорости, путевого угла (в диапазоне скоростей от 0 до 13 м/с) при работе по: ГНСС ГЛОНАСС (код СТ и ВТ) в частотных диапазонах L1 и L2; ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1; ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 с использованием дифференциальных поправок по сигналам МДПС; ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 с использованием сигналов SBAS.

Определение провести с использованием имитатора сигналов ГНСС ГЛОНАСС, GPS, SBAS (далее – имитатор).

8.3.1.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1.

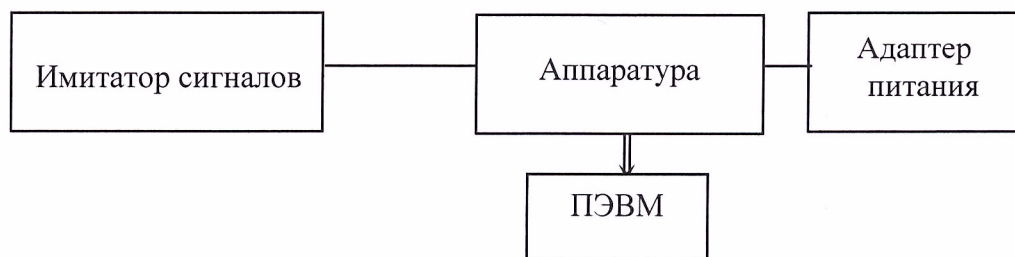


Рисунок 1

8.3.1.3 Выполнить действия по п. 8.2.

8.3.1.4 Подготовить имитатор к работе в соответствии с РЭ на него. Запустить сценарий имитации ГНСС ГЛОНАСС с параметрами траектории движения потребителя, приведенными в таблице 3.

Таблица 3

Формируемые спутниковые навигационные сигналы	ГЛОНАСС СТ (L1), ВТ (L1, L2)
Количество имитируемых спутников ГНСС ГЛОНАСС	12
Погрешности эфемеридной информации, частотно-временных поправок и т.д. Погрешности, вызванные распространением навигационного сигнала от НКА до потребителя (погрешности при распространении в тропосфере, ионосфере, многолучевость и т.д.)	имитируются
Начальная точка стояния	55°55′ с. ш., 37°44′ в. д.
Стоянка в течение	15 мин
Разгон	до 13 м/с за 13 с
Движение по окружности радиусом 3 км с постоянной скоростью	2 ч

8.3.1.5 Провести измерения в течение 2 ч по различным созвездиям НКА при геометрическом факторе HDOP не более 2 (VDOP не более 3). По окончании проведения измерений прекратить запись измерительной информации.

8.3.1.6 Выделить из файла формата стандарта «NMEA-0183» версии 2.30 информацию об измеренных координатах (строки формата «GGA»).

8.3.1.7 Определить систематическую погрешность измерений координат на интервалах стационарности по формулам (1), (2), например, для координаты В (широта):

$$\Delta B(j) = B(j) - B_{истj} , \quad (1)$$

$$dB = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta B(j) , \quad (2)$$

где $B_{истj}$ – истинное значение координаты В в j-ый момент времени, угл. с;
 $B(j)$ – измеренное значение координаты В в j-ый момент времени, угл. с;
 N – количество измерений.

Аналогичным образом определить систематические погрешности результата измерений

координат L (долготы), H (высоты).

8.3.1.8 Определить СКО результата измерений координат по формуле (3), например, для координаты В:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (B(j) - dB)^2}{N-1}} . \quad (3)$$

Аналогичным образом определить СКО результата измерений координат L и H.

8.3.1.9 Перевести погрешности определения СКО определения широты и долготы из угловых секунд в метры по формулам (4), (5):

- для широты:

$$B(M) = 2 \cdot \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}} \cdot \frac{0,5'' \cdot \pi}{180 \cdot 3600''} , \quad (4)$$

- для долготы:

$$L(M) = 2 \cdot \frac{a \cdot \cos \varphi}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}} \cdot \frac{0,5'' \cdot \pi}{180 \cdot 3600''} , \quad (5)$$

где а – большая полуось эллипсоида, м;

е – первый эксцентриситет;

φ – текущая широта, рад.

8.3.1.10 Определить СКО определения координат в плане по формуле (6):

$$\sigma_{план} = \sqrt{\sigma_{B(M)}^2 + \sigma_{L(M)}^2} . \quad (6)$$

8.3.1.11 Выделить из файла формата стандарта «NMEA-0183» версии 2.30 информацию об измеренной скорости (строки формата «VTG»).

8.3.1.12 Определить СКО определения скорости по формулам (7) ÷ (9):

$$\Delta V(j) = V(j) - V_{истj} , \quad (7)$$

$$dV = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta V(j) , \quad (8)$$

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (V(j) - dV)^2}{N-1}} . \quad (9)$$

где $V_{истj}$ – истинное значение скорости в j-ый момент времени, м/с;

V_j – измеренное значение скорости в j-ый момент времени, м/с;

N – количество измерений.

8.3.1.13 Выделить из файла формата стандарта «NMEA-0183» версии 2.30 информацию об измеренном путевом угле (строки формата «RMC»).

8.3.1.14 Определить СКО определения скорости по формулам (10) ÷ (12):

$$\Delta PU(j) = PU(j) - PU_{истj} , \quad (10)$$

$$dPU = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta PU(j) , \quad (11)$$

$$\sigma_{PU} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (PU(j) - dPU)^2}{N - 1}} . \quad (12)$$

где $PU_{истj}$ – истинное значение путевого угла в j–ый момент времени, м/с;
 PU_j – измеренное значение путевого угла в j–ый момент времени, м/с;
 N – количество измерений.

8.3.1.15 Выполнить действия по п.п. 8.3.1.2 ÷ 8.3.1.14 для сценариев имитации:

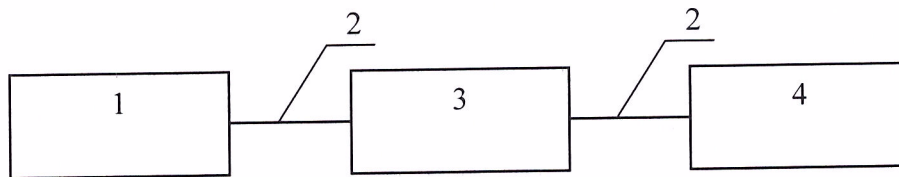
- ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1;
- ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 с использованием дифференциальных поправок по сигналам МДПС;
- ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 с использованием сигналов SBAS.

8.3.1.15 Результаты поверки считать положительными, если:

- значения СКО случайной составляющей погрешности определения координат в плане в диапазоне скоростей от 0 до 13 м/с находятся в пределе, м:
 - ГНСС ГЛОНАСС (код СТ и ВТ) в частотных диапазонах L1 и L2 - 10;
 - ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 - 7;
 - ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 с использованием дифференциальных поправок по сигналам МДПС - 5;
 - ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 с использованием сигналов SBAS - 5;
- значения СКО случайной составляющей погрешности определения высоты в диапазоне скоростей от 0 до 13 м/с находятся в пределе, м:
 - ГНСС ГЛОНАСС (код СТ и ВТ) в частотных диапазонах L1 и L2 - 15;
 - ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 - 10;
 - ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 с использованием дифференциальных поправок по сигналам МДПС - 7;
 - ГНСС ГЛОНАСС/GPS (код C/A без селективного доступа) в частотном диапазоне L1 с использованием сигналов SBAS - 7;
- значения СКО случайной составляющей погрешности определения скорости в диапазоне скоростей от 0 до 13 м/с находятся в пределе 0,05 м/с;
- значения СКО случайной составляющей погрешности определения путевого угла в диапазоне скоростей от 0 до 13 м/с находятся в пределе 3°.

8.3.2 Определение СКО случайной составляющей погрешности синхронизации внутренней ШВ к шкалам системного времени ГНСС ГЛОНАСС и GPS и координированной ШВ UTC (SU) в режиме слежения за НКА

8.4.2.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.



1 – испытываемая аппаратура 14Ц856; 2 – сигнальный кабель для передачи сигналов 1 Гц; 3 – частотомер CNT-90; 4 – приемник-антенна синхронизирующий ТСЮИ.468157.123

Рисунок 2

8.4.2.2 Запустить на ПЭВМ программу «BM_Ctrl». В рабочем окне программы выставить следующие настройки:

- «Установка параметров работы/Установка навигационной системы» - 0 (ГНСС ГЛОНАСС/GPS)/Установить;

- «Дополнительные параметры работы/код – 2а (ШВ ГНСС ГЛОНАСС) /Установить».

8.4.2.3 Результаты ежесекундных сличений $dT(i)$ (на i -ый момент времени измерений) ШВ, формируемой аппаратурой, и ШВ синхронизирующего приемника-антенны ТСЮИ.468157.123, синхронизированной со шкалой системного времени ГНСС ГЛОНАСС, наблюдать на табло частотомера CNT-90 и фиксировать на ПЭВМ (например, с использованием интерфейса RS-232).

8.4.2.4 Провести не менее N измерений ($N > 30$) и определить СКО синхронизации внутренней шкалы времени к шкале системного времени ГЛОНАСС (с учетом задержек в соединительных кабелях) по формулам (13) ÷ (15):

$$\Delta T(j) = T_j - T_{истj} , \quad (13)$$

$$dT = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta T(j) , \quad (14)$$

где $T_{ист}$ – истинное значение шкалы времени в j -ый момент времени, нс;

T_j – измеренное значение шкалы времени в j -ый момент времени, нс;

N – количество измерений;

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (T(j) - dT)^2}{N - 1}} . \quad (15)$$

8.4.2.5 В рабочем окне программы выставить следующие настройки:

- «Установка параметров работы/Установка навигационной системы» - 0 (ГНСС ГЛОНАСС/GPS)/Установить;

- «Дополнительные параметры работы/код – 1а (ШВ ГНСС GPS)/Установить».

8.4.2.6 В соответствии с РЭ на синхронизирующий приемник-антенну ТСЮИ.468157.123 синхронизировать его ШВ с ШВ ГНСС GPS.

8.4.2.7 Выполнить действия по п.п. 8.4.2.1 ÷ 8.4.2.4.

8.4.2.8 В рабочем окне программы выставить следующие настройки:

- «Установка параметров работы/Установка навигационной системы» - 0 (ГНСС ГЛОНАСС/GPS)/Установить;

- «Дополнительные параметры работы/код – 4а (ШВ UTC (SU))/Установить».

8.4.2.9 В соответствии с РЭ на синхронизирующий приемник–антенну ТСЮИ.468157.123 синхронизировать его ШВ с ШВ UTC (SU).

8.4.2.10 Выполнить действия по п.п. 8.4.2.1 ÷ 8.4.2.4.

8.3.2.11 Результаты поверки считать положительными, если СКО случайной составляющей погрешности синхронизации внутренней ШВ в режиме слежения за НКА находится в пределе, нс:

- к шкалам системного времени ГНСС ГЛОНАСС и GPS - 100;
- к координированной ШВ UTC (SU) - 300.

8.3.3 Определение СКО случайной составляющей погрешности определения приращений координат в статике (на расстоянии не более 50 км)

8.3.3.1 Перед проведением поверки подготовить испытательную базу, содержащую в своем составе базис № 1 ($100 \text{ м} < D_1 < 1 \text{ км}$) и базис № 2 ($45 \text{ км} < D_2 < 50 \text{ км}$).

8.3.3.2 Приращения координат точек, ограничивающих базис № 1 (dB_1, dL_1, dH_1) измерить с помощью тахеометра электронного ТСА2003, а приращения координат точек, ограничивающих базис № 2 (dB_2, dL_2, dH_2) испытательной базы, измерить с помощью GPS – приемника двухчастотного спутникового геодезического Trimble 5700 (далее - Trimble 5700), где В – геодезическая широта, L – геодезическая долгота, Н – геодезическая высота в системе координат WGS-84. Убедиться, что наклонная длина первого базиса от 0,1 до 1 км, наклонная длина второго базиса от 45 до 50 км (записать значение целого числа километров).

8.3.3.3 Для проверки СКО случайной составляющей погрешности определения приращений координат в статике установить блоки антенные аппаратуры на точки, ограничивающие базис № 1.

8.3.3.4 С помощью кнопок клавиатуры в формуляре «Геодезия» выбрать меню «Активировать» (начнется запись измерительной информации во внутреннюю память аппаратуры).

8.3.3.5 Провести синхронные измерения аппаратурой с записью измерительной информации во внутреннюю память в течение 1 ч.

8.3.3.6 Провести не менее 5 часовых сеансов определений координат и получить 5 файлов измерительной информации (на каждом экземпляре аппаратуры).

8.3.3.7 Провести обработку измерительной информации с помощью программного обеспечения «Аршин-ГС» и получить значения приращений координат ($dB_{\text{изм}}(i), dL_{\text{изм}}(i), dH_{\text{изм}}(i)$) между точками, ограничивающими базис № 1.

8.3.3.8 Определить СКО определения приращений координат (например, широты В) на неподвижном основании путем вычисления по формуле (13):

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (dB_{\text{изм}}(i) - \frac{\sum_{i=1}^5 dB_{\text{изм}}(i)}{5})^2}{(N-1)}}, \quad (13)$$

где $dB_{\text{изм}}$ – измеренной значение широты в i-ом сеансе наблюдения, угл. с;
N – количество измерений.

Аналогично вычислить СКО L и H.

8.3.3.9 Выполнить действия по п. 8.3.3.8.

8.3.3.10 Вычислить СКО случайной составляющей погрешности определения приращений координат в статике (базис менее 1 км) по формуле (14):

$$\sigma_l = \sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_L^2 + \sigma_H^2} \quad (14)$$

8.3.3.11 Выполнить действия по п.п. 8.3.3.3 ÷ 8.3.3.10 для базиса № 2.

8.3.3.12 Результаты поверки считать положительными, если значения СКО случайной составляющей погрешности определения приращений координат в статике (на расстоянии не более 50 км) находятся в пределе 2 мм + 3 мм/км.

8.3.4 Определение СКО случайной составляющей погрешности определения приращений координат в диапазоне скоростей до 13 м/с (на расстоянии не более 50 км)

8.3.4.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 3. Выполнить действия по п. 8.5.4. Trimble 5700 настроить на работу в режиме «Кинематика», начать запись измерительной информации.

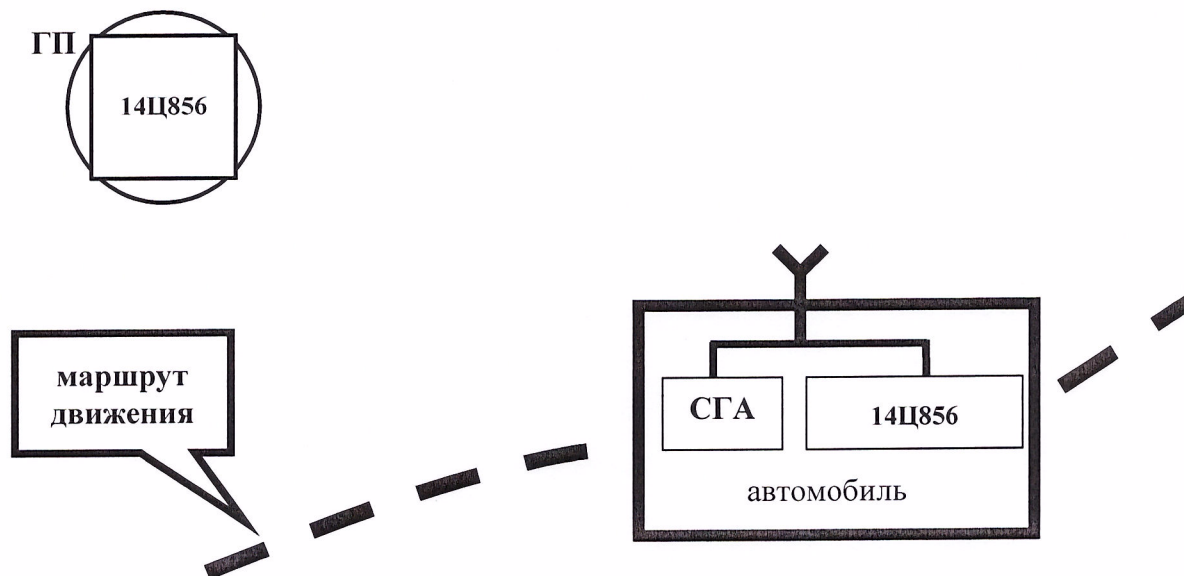


Рисунок 3

8.3.4.2 Двигаясь по заранее выбранному маршруту движения (без затенений сигналов ГНСС, постоянно удаляясь от стационарного комплекта аппаратуры) со скоростью не более 13 м/с (47 км/ч) выполнить синхронные измерения одновременно стационарным комплектом аппаратуры и мобильным комплектом аппаратуры и спутниковым геодезическим приемником с записью измерительной информации. Непрерывные измерения проводить в течение не менее 1 ч.

8.3.4.3 Провести обработку полученной измерительной информации с использованием штатного программного обеспечения:

«Trimble Geomatics Office» – для СГА;

«Аршин-ГС» – для 14Ц856.

По измерениям СГА убедиться, что отсутствуют наклонные дальности до стационарного комплекта аппаратуры более 50 км.

Измерительные массивы СГА и 14Ц856 разбить на интервалы, ограниченные целыми значениями километров удаления от неподвижного комплекта аппаратуры (далее приведены общие формулы обработки результатов определений. Каждый массив необходимо обрабатывать в отдельности).

8.3.4.4 Определить СКО определения широты по формуле (15):

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta B(j) - dB)^2}{N-1}}, \quad (15)$$

где
$$dB = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta B(j), \quad \Delta B(j) = B(j) - B_{ист},$$

$B_{ист}$ – значение широты в j -ый момент времени, полученное СГА Trimble 5700;

B_j – измеренное значение широты в j -ый момент времени;

N – количество измерений.

Аналогично вычислить СКО L и H .

8.3.4.5 Выполнить действия по п.п. 8.3.1.9, 8.3.3.10.

8.3.4.6 Результаты поверки считать положительными, если значения СКО случайной составляющей погрешности определения приращений координат в диапазоне скоростей до 13 м/с (на расстоянии не более 50 км) находятся в пределе $2 \text{ см} + 3 \text{ см/км}$.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки аппаратуры выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записывают результаты поверки.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемая аппаратура к дальнейшему применению не допускается. На такую аппаратуру выдается извещение об ее непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин.

Начальник отдела ГЦИ СИ
ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России»

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ
ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России»

О.В. Денисенко

А.А. Фролов