

1293

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель ГЦИ СИ
ФБУ «ГНМЦ Минобороны России»**



В.В. Швыдун

2012 г.

ИНСТРУКЦИЯ

**Приемники-антенны синхронизирующие СПА
ТСЮИ.468157.123**

Методика поверки

ТСЮИ.468157.123 МП

**г. Мытищи,
2012 г.**

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на приемники-антенны синхронизирующие СПА ТСЮИ.468157.123 (далее – приемники) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками- 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 Перед проведением поверки приемников провести внешний осмотр и операции подготовки их к работе.

1.2 Метрологические характеристики приемников, подлежащие проверке, и операции поверки приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Определение (контроль) метрологических характеристик:	7.2		
Определение погрешности определений координат (по уровню вероятности 0,95), при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС и (или) GPS	7.2.1	да	да
Определение погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC (SU) и ШВ UTC(USNO) (по уровню вероятности 0,95) при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС и GPS, в режиме «Навигация на стоянке»	7.2.2	да	да
Определение погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC (SU) и ШВ UTC(USNO) (по уровню вероятности 0,95) при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС и GPS, в режиме «Время на твердой точке»	7.2.3	да	да
Определение погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC (SU) и ШВ UTC(USNO) (по уровню вероятности 0,95) при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС и GPS, в режиме «Навигация в движении»	7.2.4	да	да

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 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 погрешностью.

2.2 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 оттиск поверительного клейма на приборе или в документации.

Таблица 2 - Перечень средств поверки

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
7.2.1	Имитатор сигналов СН-3803М (количество каналов для сигналов КНС ГЛОНАСС – 8, для сигналов КНС GPS – 16, пределы допускаемой погрешности установки уровня мощности выходного сигнала ± 1 дБ). Источник питания постоянного тока Б5-75 (диапазон воспроизводимых значений напряжения постоянного тока от 0,01 до 29,9 В).
7.2.2, 7.2.3 7.2.4	Частотомер электронно-счетный 53132А (диапазон измеряемых частот от 0,1 до 225 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора на интервале 1 год $\pm 1 \cdot 10^{-7}$). Имитатор сигналов СН-3803М. Источник питания постоянного тока Б5-75.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

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

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 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».

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении операций поверки должны соблюдаться следующие нормальные условия:

температура окружающего воздуха, °С (К)	20 ± 5 (293 ± 5);
относительная влажность воздуха, %	65 ± 15 ;
атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	100 ± 4 (750 ± 30);
напряжение питания от сети постоянного тока, В	24 ± 12 .

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации (РЭ) поверяемых приемников и используемых средств поверки.

6.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемых приемников (наличие интерфейсных кабелей, шнуров питания и пр.);

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

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра проверить:

- чистоту и исправность разъемов и гнезд,
- отсутствие внешних механических и химических повреждений, ослабления элементов конструкции.

Приемники, имеющие дефекты (механические повреждения), бракуются и направляются в ремонт.

7.2 Определение (контроль) метрологических характеристик

7.2.1 Определение погрешности определений координат (по уровню вероятности 0,95), при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС и (или) GPS проводить с использованием имитатора сигналов СН-3803М по схеме, приведенной на рисунок 7.1.

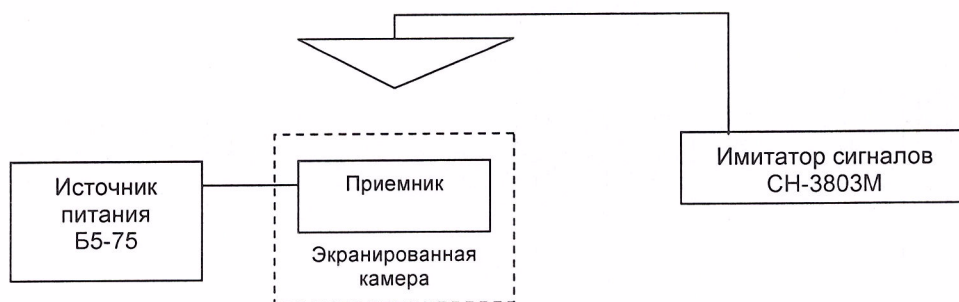


Рисунок 7.1

7.2.1.1 Включить и проверить работоспособность приемника в соответствии с пунктами 2.2 и 2.3 руководства по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ. Подготовить имитатор к работе согласно технической документации. Запустить сценарий имитации неподвижной точки без ошибок сигналов спутниковой группировки.

7.2.1.2 Согласно п. 2.3 руководства по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ выставить режим работы по совмещенной группировке ГЛОНАСС/GPS и систему координат WGS – 84.

7.2.1.3 Произвести запуск штатного программного обеспечения на ПЭВМ.

7.2.1.4 Установить частоту выдачи сигнала 1 Гц и запись в файл измерительной информации.

7.2.1.5 Провести измерение координат (B_i , L_i , H_i) в течение не менее двух часов.

7.2.1.6 Рассчитать погрешность составляющих координат по формуле (например для B) принимая за истинные координаты имитируемой точки B , L , H :

$$\Delta_{B_i} = B_i - B_{ист.}$$

7.2.1.7 Пересчитать погрешность из градусов в метры.

7.2.1.8 Рассчитать систематическую погрешность измерения составляющих координат (например для B):

$$\overline{\Delta_B} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta_{B_i}$$

где N – количество измерений.

7.2.1.9 Рассчитать среднее квадратическое отклонение результата измерений составляющих координат (например для B):

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^N (\overline{\Delta_B} - \Delta_{B_i})^2}$$

7.2.1.10 Рассчитать пределы допускаемой погрешности (по уровню вероятности 0,95) измерений составляющих координат (например для В):

$$P_B = \bar{\Delta}_B \pm 2 \cdot \sigma_B$$

7.2.1.11 Рассчитать пределы допускаемой погрешности (по уровню вероятности 0,95) измерений составляющих координат в плане Ппл:

$$P_{пл} = \sqrt{P_B^2 + P_L^2}$$

7.2.1.12 Согласно п. 2.3 руководства по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ выставить режим работы по совмещенной группировке ГЛОНАСС/GPS и систему координат ПЗ-90.

7.2.1.13 Провести измерения согласно п.п. 7.2.1.5 – 7.2.1.11.

7.2.1.14 Согласно п. 2.3 руководства по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ выставить режим работы по группировке GPS и систему координат WGS-84.

7.2.1.15 Провести измерения согласно п.п. 7.2.1.5 – 7.2.1.11.

7.2.1.16 Согласно п. 2.3. руководства по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ выставить режим работы по группировке ГЛОНАСС и систему координат ПЗ-90.

7.2.1.17 Провести измерения согласно п.п. 7.2.1.5 – 7.2.1.11.

7.2.1.18 Результаты поверки считаются положительными, если значения погрешности (по уровню вероятности 0,95) измерений координат в плане по КНС ГЛОНАСС находятся в пределах ± 15 м, для КНС GPS находятся в пределах ± 11 м, для КНС ГЛОНАСС/GPS находятся в пределах ± 10 м.

Результаты поверки считаются положительными, если значения погрешности (по уровню вероятности 0,95) измерения высоты в любой серии измерений по КНС ГЛОНАСС находятся в пределах ± 25 м, по КНС GPS находятся в пределах ± 16 м, по КНС ГЛОНАСС/GPS находятся в пределах ± 15 м.

Если указанные требования не выполняются, то приемник бракуется и отправляется в ремонт.

7.2.2 Определение погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC (SU) и ШВ UTC(USNO) (по уровню вероятности 0,95) при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС и GPS, в режиме «Навигация на стоянке» проводить с использованием частотомера электронно-счетного Agilent 53132A и имитатора сигналов СН-3803М по схеме, приведенной на рисунке 7.2. При этом имитатор сигналов СН-3803М должен быть откалиброван на предмет определения и учета погрешности передачи времени между импульсным сигналом времени 1 Гц и соответствующим ему событию в навигационном сигнале (1 PPS to RF alignment accuracy).

7.2.2.1 Обеспечить в соответствии с Руководством по эксплуатации ТДЦК.464938.006РЭ формирование имитатором сигналов СН38-03М навигационных сигналов КНС ГЛОНАСС и GPS для статического объекта при соблюдении условия PDOP не более 3 в течение не менее 3 часов.

7.2.2.2 Установить приемник в экранированную камеру и обеспечить прием сигналов КНС ГЛОНАСС и GPS от переизлучающей антенны, подключенной к имитатору сигналов СН-3803М.

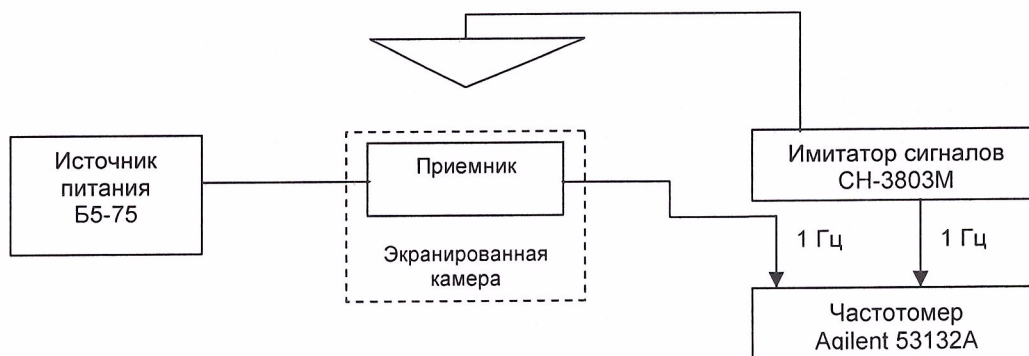


Рисунок 7.2

7.2.2.3 Согласно п. 2.3 руководства по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ выставить режим работы «Навигация на стоянке», работа по совмещенной группировке ГЛОНАСС/GPS, систему координат ПЗ-90, базовую ШВ UTC (SU).

7.2.2.4 Включить и подготовить частотомер электронно-счетный Agilent 53132A в соответствии с инструкцией по эксплуатации на него. Подключить на вход «CHANNEL 1» частотомера электронно-счетного Agilent 53132A импульсный сигнал с выхода «1 Гц» приемника, на вход «CHANNEL 2» частотомера электронно-счетного Agilent 53132A подать сигнал с выходного разъема «1 Гц» имитатора сигналов СН-3803М.

7.2.2.5 Установить по входам «CHANNEL 1» и «CHANNEL 2» частотомера электронно-счетного Agilent 53132A следующие параметры:

- level 1,5 V;
- slope: pos;
- sensvtvy: hi;
- common: 1 off;
- auto trg: off.

Включить частотомер электронно-счетный Agilent 53132A в режим измерений временных интервалов, для чего нажать кнопку «Time & Period» и выбрать функцию «Ti 1; TO 2». Зафиксировать не менее 1000 последовательных измерений расхождений шкалы времени.

7.2.2.6 Определить среднее значение измерений расхождений шкал времени приемника и имитатора сигналов по формуле:

$$\overline{\Delta T} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \Delta T_k,$$

7.2.2.7 Определить среднее квадратическое отклонение результата измерений расхождений шкал времени приемника и имитатора сигналов по формуле:

$$\sigma_{\Delta T} = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (\Delta T_k - \overline{\Delta T})^2}$$

7.2.2.8 Определить погрешность синхронизации формируемой модулем ШВ со ШВ UTC (SU) (по уровню вероятности 0,95) по формуле:

$$\Pi_{\Delta T} = \overline{\Delta T} \pm 2\sigma_{\Delta T}.$$

7.2.2.9 Для определения погрешности синхронизации формируемой приемником ШВ со ШВ UTC (USNO) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Навигация на стоянке» установить на имитаторе сигналов выдачу ШВ, синхронизированной со ШВ UTC (USNO). Согласно п. 2.3 руководства по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ выставить режим работы «Навигация на стоянке», работа по совмещенной группировке ГЛОНАСС/GPS, систему координат WGS-84, базовую ШВ UTC (USNO).

7.2.2.10 Выполнить действия согласно п.п. 7.2.2.5 - 7.2.2.8.

7.2.2.11 Дополнительно определить погрешность синхронизации формируемой приемником ШВ со ШВ UTC (SU) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Навигация на стоянке» при работе только по сигналам КНС ГЛОНАСС, а также погрешность синхронизации формируемой приемником ШВ со ШВ UTC (USNO) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Навигация на стоянке» при работе только по сигналам КНС GPS.

7.2.2.12 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения абсолютной погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC(SU) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Навигация на стоянке» при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС/GPS находятся в пределах ± 100 нс;

значения абсолютной погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC(USNO) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Навигация на стоянке» при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС/GPS находятся в пределах ± 100 нс.

Если указанные требования не выполняются, то приемник бракуется и отправляется в ремонт.

7.2.3 Определение погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC (SU) и ШВ UTC(USNO) (по уровню вероятности 0,95) при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС и GPS, в режиме «Время на твердой точке» проводить с использованием частотомера электронно-счетного Agilent 53132A и имитатора сигналов СН-3803М по схеме, приведенной на рисунке 7.2. При этом для приемника вместо режима «Навигация на стоянке» установить режим «Время на твердой точке», используя при этом координаты, моделируемые имитатором сигналов СН-3803М.

Имитатор сигналов СН-3803М должен быть откалиброван на предмет определения и учета погрешности передачи времени между импульсным сигналом времени 1 Гц и соответствующим ему событию в навигационном сигнале (1 PPS to RF alignment accuracy).

7.2.3.1 Обеспечить в соответствии с Руководством по эксплуатации ТДЦК.464938.006РЭ формирование имитатором сигналов СН38-03М навигационных сигналов КНС ГЛОНАСС и GPS для статического объекта при соблюдении условия PDOP не более 3 в течение не менее 3 часов.

7.2.3.2 Согласно п. 2.3 руководства по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ выставить режим работы «Время на твердой точке», работа по совмещенной группировке ГЛОНАСС/GPS, систему координат ПЗ-90, базовую ШВ UTC (SU).

7.2.3.3 Включить и подготовить частотомер электронно-счетный Agilent 53132A в соответствии с инструкцией по эксплуатации на него. Подключить на вход «CHANNEL 1» частотомера электронно-счетного Agilent 53132A импульсный сигнал с выхода «1 Гц» приемника, на вход «CHANNEL 2» частотомера электронно-счетного Agilent 53132A подать сигнал с выходного разъема «1 Гц» имитатора сигналов СН-3803М.

7.2.3.4 Установить по входам «CHANNEL 1» и «CHANNEL 2» частотомера электронно-счетного Agilent 53132A следующие параметры:

- level 1,5 V;
- slope: pos;
- senstvtv: hi;
- common: 1 off;
- auto trg: off.

Включить частотомер электронно-счетный Agilent 53132A в режим измерений временных интервалов, для чего нажать кнопку «Time & Period» и выбрать функцию «Ti 1; TO 2». Зафиксировать не менее 1000 последовательных измерений расхождений шкалы времени.

7.2.3.5 Определить среднее значение измерений расхождений шкал времени приемника и имитатора сигналов по формуле:

$$\overline{\Delta T} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \Delta T_k ,$$

7.2.3.6 Определить среднее квадратическое отклонение результата измерений расхождений шкал времени приемника и имитатора сигналов по формуле:

$$\sigma_{\Delta T} = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (\Delta T_k - \overline{\Delta T})^2}$$

7.2.3.7 Определить погрешность синхронизации формируемой модулем ШВ со ШВ UTC (SU) (по уровню вероятности 0,95) по формуле:

$$\Pi_{\Delta T} = \overline{\Delta T} \pm 2\sigma_{\Delta T}.$$

7.2.3.8 Для определения погрешности синхронизации формируемой приемником ШВ со ШВ UTC (USNO) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Время на твердой точке» установить на имитаторе сигналов выдачу ШВ, синхронизированной со ШВ UTC (USNO). Согласно п. 2.3 руководства по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ выставить режим работы «Время на твердой точке», работа по совмещенной группировке ГЛОНАСС/GPS, систему координат WGS-84, базовую ШВ UTC (USNO).

7.2.3.9 Выполнить действия согласно п.п. 7.2.3.4 - 7.2.3.7.

7.2.3.10 Дополнительно определить погрешность синхронизации формируемой приемником ШВ со ШВ UTC (SU) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Время на твердой точке» при работе только по сигналам КНС ГЛОНАСС, а также абсолютную погрешность синхронизации формируемой приемником ШВ со ШВ UTC (USNO) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Время на твердой точке» при работе только по сигналам КНС GPS.

7.2.3.11 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения абсолютной погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC(SU) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Время на твердой точке» при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС/GPS находятся в пределах ± 50 нс;

значения абсолютной погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC(USNO) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Время на твердой точке» при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС/GPS находятся в пределах ± 50 нс.

Если указанные требования не выполняются, то приемник бракуется и отправляется в ремонт.

7.2.4 Определение погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC (SU) и ШВ UTC(USNO) (по уровню вероятности 0,95) при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС и GPS, в режиме «Навигация в движении» проводить с использованием частотомера электронно-счетного Agilent 53132A и имитатора сигналов СН-3803М по схеме, приведенной на рисунке 7.2. При этом для приемника вместо режима «Навигация на стоянке» установить режим «Навигация в движении», используя при этом координаты, моделируемые имитатором сигналов СН-3803М.

Имитатор сигналов СН-3803М должен быть откалиброван на предмет определения и учета погрешности передачи времени между импульсным сигналом времени 1 Гц и соответствующим ему событию в навигационном сигнале (1 PPS to RF alignment accuracy).

7.2.4.1 Обеспечить в соответствии с Руководством по эксплуатации ТДЦК.464938.006РЭ формирование имитатором сигналов СН38-03М навигационных сигналов КНС ГЛОНАСС и GPS для динамического объекта при соблюдении условия PDOP не более 3 в течение не менее 3 часов.

7.2.4.2 Согласно п. 2.3 руководства по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ выставить режим работы «Навигация в движении», работа по совмещенной группировке ГЛОНАСС/GPS, систему координат ПЗ-90, базовую ШВ UTC (SU).

7.2.4.3 Включить и подготовить частотомер электронно-счетный Agilent 53132A в соответствии с инструкцией по эксплуатации на него. Подключить на вход «CHANNEL 1» частотомера электронно-счетного Agilent 53132A импульсный сигнал с выхода «1 Гц» приемника, на вход «CHANNEL 2» частотомера электронно-счетного Agilent 53132A подать сигнал с выходного разъема «1 Гц» имитатора сигналов СН-3803М.

7.2.4.4 Установить по входам «CHANNEL 1» и «CHANNEL 2» частотомера электрон-

но-счетного Agilent 53132A следующие параметры:

- level 1,5 V;
- slope: pos;
- sensvty: hi;
- common: 1 off;
- auto trg: off.

Включить частотомер электронно-счетный Agilent 53132A в режим измерений временных интервалов, для чего нажать кнопку «Time & Period» и выбрать функцию «Ti 1; TO 2». Зафиксировать не менее 1000 последовательных измерений расхождений шкалы времени.

7.2.4.5 Определить среднее значение измерений расхождений шкал времени приемника и имитатора сигналов по формуле:

$$\overline{\Delta T} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \Delta T_k,$$

7.2.4.6 Определить среднее квадратическое отклонение результата измерений расхождений шкал времени приемника и имитатора сигналов по формуле:

$$\sigma_{\Delta T} = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (\Delta T_k - \overline{\Delta T})^2}$$

7.2.4.7 Определить абсолютную погрешность синхронизации формируемой модулем ШВ со ШВ UTC (SU) (по уровню вероятности 0,95) по формуле:

$$\Pi_{\Delta T} = \overline{\Delta T} \pm 2\sigma_{\Delta T}.$$

7.2.4.8 Для определения погрешности синхронизации формируемой приемником ШВ со ШВ UTC (USNO) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Навигация в движении» установить на имитаторе сигналов выдачу ШВ, синхронизированной со ШВ UTC (USNO). Согласно п. 2.3 руководству по эксплуатации ТСЮИ.468157.123 РЭ выставить режим работы «Навигация в движении», работа по совмещенной группировке ГЛОНАСС/GPS, систему координат WGS-84, базовую ШВ UTC (USNO).

7.2.4.9 Выполнить действия согласно п.п. 7.2.4.4 - 7.2.4.7.

7.2.4.10 Дополнительно определить погрешность синхронизации формируемой приемником ШВ со ШВ UTC (SU) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Навигация в движении» при работе только по сигналам КНС ГЛОНАСС, а также погрешность синхронизации формируемой приемником ШВ со ШВ UTC (USNO) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Навигация в движении» при работе только по сигналам КНС GPS.

7.2.4.11 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения абсолютной погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC(SU) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Навигация в движении» при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС/GPS находятся в пределах ± 200 нс;

значения абсолютной погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC(USNO) (по уровню вероятности 0,95) в режиме «Навигация в движении» при работе по сигналам КНС ГЛОНАСС/GPS находятся в пределах ± 200 нс.

Если указанные требования не выполняются, то приемник бракуется и отправляется в ремонт.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

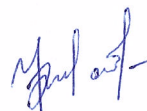
8.1 При положительных результатах поверки приемников выдается свидетельство установленной формы.

8.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

8.3 Параметры, определенные при поверке, заносят в формуляр на приемник.

8.4 В случае отрицательных результатов поверки, поверяемый приемник к дальнейшему применению не допускается. На него выдается извещение об его непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин, а в формуляре делаются соответствующие записи.

Заместитель начальника отдела – начальник лаборатории
ГЦИ СИ ФБУ «ГНМЦ Минобороны России»



В.Н. Федотов

Старший научный сотрудник
ГЦИ СИ ФБУ «ГНМЦ Минобороны России»



А.П. Фокин