

УТВЕРЖДАЮ

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

— А.Н. Щипунов

- 2015 E

ИНСТРУКЦИЯ

Имитаторы сигналов глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS
SMBV100A

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
651-14-24

1.p.60585-15

р.п. Менделеево,
2015 г.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на «Имитаторы сигналов глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS SMBV100A» (далее – аппаратура), изготовитель: «Rohde&Schwarz GmbH & Co. KG» (Германия). 81671, Munchen, Germany .

Методика устанавливает методы и средства проведения первичной и периодической поверок. Интервал между поверками – один год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение поверки	
		после ремонта	при периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование, идентификация программного обеспечения	8.2	да	да
3 Определение номинальных значений выходных частот	п. 8.3	да	нет
4 Определение относительной вариации частоты внутреннего опорного генератора за 1 сутки	п. 8.4	да	да
5 Определение предельного уровня мощности выходного сигнала	п. 8.5	да	да
6 Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования беззапросной дальности (псевдо дальности) по фазе дальномерного кода	п. 8.6	да	да
7 Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования беззапросной дальности (псевдо дальности) по фазе несущей частоты	п. 8.7	да	да
8 Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности)	п. 8.8	да	да

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение поверки	
		при первичной поверке, после ремонта	при периодической поверке
9 Определение погрешности (по уровню вероятности 0,67) синхронизации шкалы времени имитатора (выход сигнала метки времени 1PPS) с меткой времени, передаваемой в навигационном сигнале	п. 8.9	да	да
10 Определение диапазона скорости при моделировании параметров движения объекта-носителя НАП в навигационном поле СНС	п. 8.10	да	нет

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталонные средства измерений приведены в таблице 2.

3.2 Все средства поверки, применяемые при поверке средства измерений, должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства о поверке или оттиск поверительного клейма на приборе или технической документации.

Таблица 2

Наименование средств поверки	Требуемые технические характеристики средств поверки	Рекомендуемое средство поверки (тип)
Навигационная аппаратура потребителей ГНСС	диапазоны частот принимаемых сигналов СНС ГЛОНАСС (L1, L2), СНС GPS (L1, L2, L5), СНС Galileo (E1, E5ab), ШДПС SBAS (L1)	GNSS-приемник спутниковый геодезический многочастотный SIGMA (рег. №40862-09)
Частотомер электронно-счётный	пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения временных интервалов 0,62 нс для 100 мкс	частотомер универсальный CNT-90XL (рег. №41567-09)
Стандарт частоты рубидиевый	пределы относительной погрешности по частоте $\pm 5 \times 10^{-11}$	стандарт частоты рубидиевый FS725 (рег. №31222-06)
Анализатор спектра	диапазон рабочих частот от 9 кГц до 26,5 ГГц, пределы относительной погрешности частоты опорного генератора $\pm 1,5 \times 10^{-7}$	анализатор спектра N9010A (рег. №40312-08)

Наименование средств поверки	Требуемые технические характеристики средств поверки	Рекомендуемое сред- ство поверки (тип)
Ваттметр	пределы допускаемой относительной по- грешности измерений мощности $\pm 6\%$ в диапазоне значений от минус 70 до минус 30 дБ (исх. 1мВт)	измеритель мощности с блоком измерительным E4418B и первичными измерительными преоб- разователями 8481A и 8481D (рег. №38915-08)
Оциллограф	количество каналов 4, полоса пропускания 20 ГГц	оциллограф цифро- вой запоминающий WaveMaster 820Zi (рег. №40232-08)

Примечание: вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

Проверка должна осуществляться лицами, аттестованными в качестве поверителей в порядке, установленном в ПР 50.2.012-94.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия (если не оговорено иное):

- температура окружающего воздуха от 15 до 25 °C;
- относительная влажность воздуха от 45 до 80 %;
- атмосферное давление, от 720 до 780 мм рт. ст.;
- напряжение питания от 215 до 225 В;
- частота напряжения питания от 49,5 до 50,5 Гц.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Поверитель должен изучить техническую документацию изготовителя и руководства по эксплуатации (РЭ) применяемых средств 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

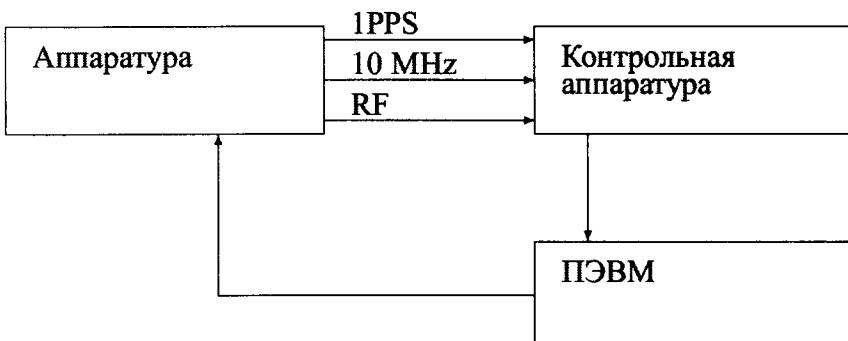
8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра проверить отсутствие механических повреждений и ослабления элементов, четкость фиксации их положения, чёткость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнёзд.

8.1.2 Результаты поверки считать положительными, если отсутствуют механические повреждения и ослабления элементов, фиксация их положения чёткая, разъёмы и гнёзда чистые и исправные.

8.2 Опробование, идентификация программного обеспечения

8.2.1 Для проверки работоспособности аппаратуры и дальнейших испытаний собрать схему в соответствии с рисунком 1.



Аппаратура - испытуемый образец

Контрольная аппаратура - GNSS-приемник спутниковый геодезический многочастотный SIGMA (рег. №40862-09)

Рис. 1 – Схема для проверки работоспособности аппаратуры

8.2.2 Настроить ПО для управления аппаратурой и контрольной НАП в соответствии с эксплуатационной документацией.

8.2.3 Настроить аппаратуру на воспроизведение сигналов всех доступных глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) для статической точки с произвольными координатами. Установить уровень мощности в соответствии с интерфесными контрольными документами (ИКД) на ГНСС.

8.2.4 Дождаться в течение не более 10 минут решения навигационной задачи, о чем должно свидетельствовать отображение соответствующей информации в строках «Дата», «Время», «Широта», «Долгота», «Высота».

8.2.5 Идентификационные данные ПО:

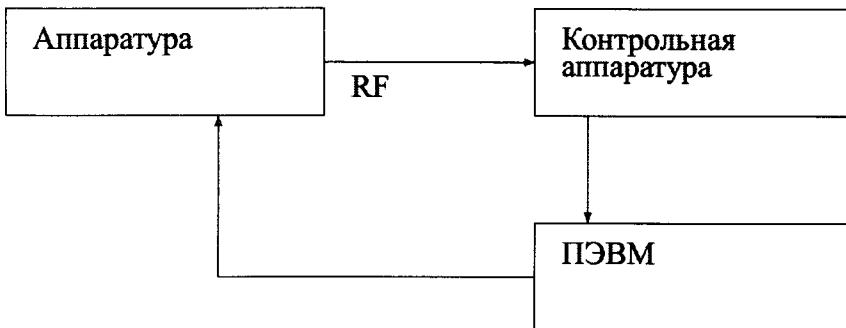
- наименование: «R&S SMBV100A firmware», номер версии (идентификационный номер) не ниже 3.20.012.109.1.1;

получить, используя программное обеспечение в соответствии с инструкциями производителя.

8.2.6 Результаты поверки считать положительными, если получена информация о текущем времени и координатах, соответствующая параметрам сценария, и идентификационные данные ПО соответствуют указанным в п. 8.2.5.

8.3 Определение номинальных значений выходных частот

8.3.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.



Аппаратура - испытуемый образец

Контрольная аппаратура - анализатор спектра N9010A (рег. №40312-08)

Рис. 2 – Схема для определения выходных частот

8.3.2 Сформировать и воспроизвести на аппаратуре сценарий по формированию сигналов СНС ГЛОНАСС (L1, L2), СНС GPS (L1, L2) для неподвижного объекта. Выставить мощность сигнала в максимальное значение.

8.3.3 Поочерёдно включать каждый сигнал по отдельности и контролировать на анализаторе спектра спектр принимаемого сигнала и его соответствия требованиям ИКД на соответствующую ГНСС.

8.3.4 Результаты считать положительными, если на дисплее анализатора спектра отображается спектр принимаемого сигнала в соответствии с ИКД. Таким образом, номинальные значения выходных частот сигналов, формируемых имитатором, должны составлять значения, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

Наименование ГНСС	Значения выходных частот
СНС ГЛОНАСС (L1)	$1602 + k \times 0,5625$, где $k = -7..7$
СНС ГЛОНАСС (L2)	$1246 + k \times 0,4375$, где $k = -7..7$
СНС GPS (L1)	1575, 4200
СНС GPS (L2)	1227, 6000

8.4 Определение относительной вариации частоты внутреннего опорного генератора за 1 сутки

8.4.1 Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора аппаратуры проводить после предварительного прогрева в течение не менее 2 часов.

8.4.2 Определение относительной погрешности по частоте проводить методом прямых измерений значений частоты внутреннего опорного генератора с помощью частотомера (частотомер универсальный CNT-90XL (рег. №41567-09)). В качестве опорного генератора для частотомера применять стандарт частоты (стандарт частоты рубидиевый FS725 (рег. №31222-06)).

8.4.3 Измерить частоту внутреннего опорного генератора аппаратуры в соответствии с РЭ на частотомер с интервалом 1 сутки.

8.4.4 Определить относительную вариацию частоты внутреннего опорного генератора аппаратуры за сутки в соответствии с ГОСТ 8.567-99 по формуле (1):

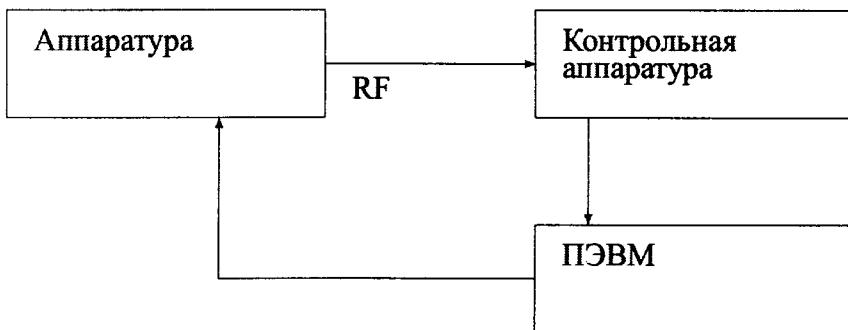
$$\sigma_f = \frac{f_1 - f_2}{f_{\text{ном}}}, \quad (1)$$

где f_1, f_2 – измеренные с интервалом 1 сутки значения частоты опорного генератора, Гц;
 $f_{\text{ном}}$ – номинальное значение частоты опорного генератора, Гц.

8.4.5 Результаты считать положительными, если значение относительной вариации частоты внутреннего опорного генератора аппаратуры за 1 сутки находится в пределах $\pm 5 \times 10^{-10}$.

8.5 Определение предельного уровня мощности выходного сигнала

8.5.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 3.



Аппаратура - испытуемый образец

Контрольная аппаратура - измеритель мощности с блоком измерительным Е4418В и первичными измерительными преобразователями 8481А и 8481D (рег. №38915-08)

Рис. 3 – Схема для определения уровня мощности

8.5.2 Перед использованием ваттметра необходимо провести его внутреннюю калибровку с учетом соответствующих поправочных коэффициентов. При проведении измерений использовать радиочастотный кабель с известным коэффициентом ослабления и учитывать его значение при вычислениях.

8.5.3 Сформировать и воспроизвести на аппаратуре сценарий по формированию сигнала в диапазоне L1 (литер 0) ГНСС ГЛОНАСС согласно эксплуатационной документации на аппаратуру. Установить нулевым значение скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности). Установить максимальный уровень мощности.

8.5.4 Измерить значение мощности сигнала с использованием ваттметра.

8.5.5 Провести аналогичные измерения в остальных диапазонах частот.

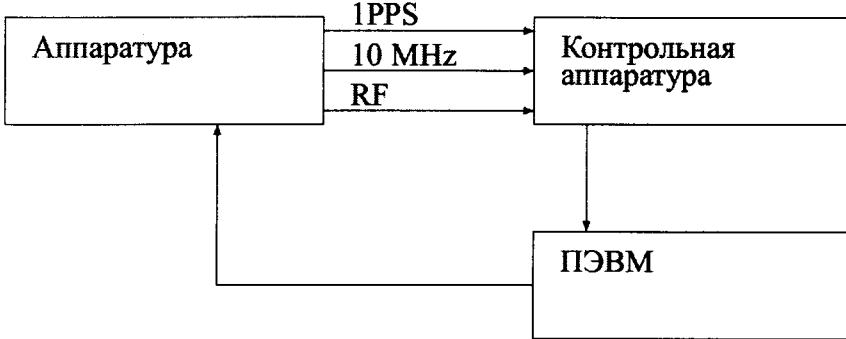
8.5.6 Результаты считать положительными, если измеренное значение мощности во всех диапазонах частот не ниже минус 10 дБВт.

8.6 Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования беззапросной дальности (псевдодальности) по фазе дальномерного кода .

8.6.1 Для проведения измерений собрать схему в соответствии с рисунком 4. Настроить НАП на работу от внешнего источника опорной частоты и шкалы времени. В качестве внешнего источника опорной частоты подать сигнал с выхода опорного генератора испытуемой аппаратуры, в качестве внешнего источника шкалы времени - сигнал с выхода 1PPS.

8.6.2 Сформировать и воспроизвести на аппаратуре сценарий по формированию сигналов всех доступных ГНСС для неподвижного объекта продолжительностью не менее 120 минут. Сформировать файл протокола сценария в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.6.3 Настроить контрольную НАП на запись измеренных значений навигационных параметров с частотой 1 сообщение в 1 с в течение всего сценария.



Аппаратура - испытуемый образец

Контрольная аппаратура - GNSS-приемник спутниковый геодезический многочастотный SIGMA (рег. №40862-09)

Рис. 4 – Схема для определения погрешности воспроизведения псевдодальности

8.6.4 Выделить из итоговых результатов измерения псевдодальности по фазе дальномерного кода для сигналов с открытым доступом в частотном диапазоне L1 ГНСС ГЛОНАСС для каждого видимого НКА. Соответствующие исходные значения псевдодальности выделить из файла протокола сценария, сформированного при его создании.

8.6.5 Определить среднее квадратическое отклонение (СКО) погрешности формирования псевдодальностей по формулам (2), (3), (4):

$$\Delta D_{(i)}(j) = (D_i(j)_{\text{изм}} - D_i(j)_{\text{исх}}); \quad (2)$$

$$M(D_{(i)}) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Delta D_{(i)}(j); \quad (3)$$

$$\sigma(D_{(i)}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta D_{(i)}(j) - M(D_{(i)}))^2}{N-1}}; \quad (4)$$

где $D_i(j)_{\text{изм}}$ – измеренное значение навигационного параметра i -го НКА, м;
 $D_i(j)_{\text{исх}}$ – исходное значение навигационного параметра i -го НКА по данным протокола сценария, м;
 N – количество измерений.

Аналогичные вычисления провести для всех сигналов всех видимых НКА.

8.6.6 Повторить вычисления для аналогичных измерений во всех частотных диапазонах всех доступных ГНСС.

8.6.7 Повторить вычисления для измерений псевдодальности по фазе несущей частоты во всех частотных диапазонах всех доступных ГНСС.

8.6.8 Результаты считать положительными, если для всех НКА значение СКО погрешности формирования беззапросной дальности по фазе дальномерного кода не превышает 0,8 м.

8.7 Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования беззапросной дальности (псевдодальности) по фазе несущей частоты .

8.7.1 Из результатов, полученных в ходе выполнения п. 8.6 выделить измерения псевдодальности по фазе несущей частоты в частотном диапазоне L1 ГНСС ГЛОНАСС. При этом перевести

измеренные значения псевдодальности по фазе несущей частоты из единиц длин волн в метры, путём умножения на длину волны (с учётом несущей частоты сигнала). Соответствующие исходные значения псевдодальности выделить из файла протокола сценария, сформированного при его создании.

8.7.2 Определить среднее квадратическое отклонение (СКО) погрешности формирования беззапросной дальности по фазе несущей частоты по формулам (2), (3), (4) для всех видимых НКА.

8.7.3 Повторить вычисления для аналогичных измерений во всех частотных диапазонах всех доступных ГНСС.

8.7.4 Результаты считать положительными, если для всех НКА значение СКО погрешности формирования беззапросной дальности по фазе несущей частоты не превышает 0,002 м.

8.8 Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности)

8.8.1 Из результатов, полученных в ходе выполнения п. 8.6 выделить измерения доплеровского смещения несущей частоты сигналов ГНСС ГЛОНАСС в частотном диапазоне L1 для каждого видимого НКА. Соответствующие исходные значения псевдодальности выделить из файла протокола сценария, сформированного при его создании.

8.8.2 Перевести измеренные значения доплеровского смещения несущей частоты сигналов из герц в м/с, путём умножения на длину волны (с учётом несущей частоты сигнала). Полученные значения - радиальные псевдоскорости соответствующих НКА.

8.8.3 Определить среднее квадратическое отклонение (СКО) погрешности формирования псевдоскорости по формулам (2), (3), (4) для всех видимых НКА.

8.8.4 Повторить вычисления для аналогичных измерений во всех частотных диапазонах всех доступных ГНСС.

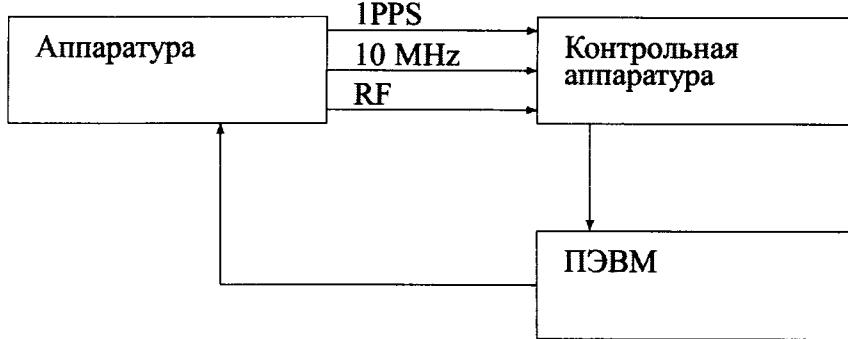
8.8.5 Результаты считать положительными, если для всех НКА значение СКО погрешности формирования псевдоскорости не превышает 0,01 м/с.

8.9 Определение погрешности (по уровню вероятности 0,67) синхронизации шкалы времени имитатора (выход сигнала метки времени 1PPS) с меткой времени, передаваемой в навигационном сигнале

8.9.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 5. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «RF» вход канала 1 осциллографа. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «1PPS» вход канала 2 осциллографа. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «10MHz» вход внешней опорной частоты осциллографа. При проведении измерений использовать радиочастотные кабели с известными значениями группового времени запаздывания и учитывать эти значения при вычислениях.

8.9.2 Сформировать и воспроизвести на аппаратуре сценарий по формированию сигнала в диапазоне L1 (литер 0) СНС ГЛОНАСС согласно РЭ. Установить нулевым значение беззапросной дальности (псевдодальности) и скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности).

8.9.3 Измерить на осциллографе интервал времени между импульсным сигналом времени 1 Гц и соответствующим ему событию в навигационном сигнале, характеризующимся изменение фазы высокочастотного сигнала. Учесть в результатах измерений значения группового времени запаздывания радиочастотных кабелей. Провести не менее 20 измерений.



Аппаратура - испытуемый образец

Контрольная аппаратура - осциллограф цифровой запоминающий WaveMaster 820Zi (рег. №40232-08)

Рис. 5 – Схема для определения погрешности синхронизации шкал времени

8.9.4 Рассчитать погрешность (по уровню вероятности 0,67) измеренной величины по формулам (5), (6), (7):

$$M(T) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Delta T(j), \quad (5)$$

$$\sigma(T) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta T(j) - M(T))^2}{N - 1}}, \quad (6)$$

$$\Pi(T) = |M(T)| + k \cdot \sigma(T); \quad (7)$$

где $k = 1$ для доверительной вероятности 0,67.

8.9.5 Провести аналогичные измерения в диапазонах частот L2 СНС ГЛОНАСС, а также СНС GPS (L1, L2).

8.9.6 Результаты считать положительными, если значения погрешности (по уровню вероятности 0,67) синхронизации шкалы времени имитатора (выход сигнала метки времени 1PPS) с меткой времени, передаваемой в навигационном сигнале не превышают 100 нс.

8.10 Определение диапазона скорости при моделировании параметров движения объекта-носителя НАП в навигационном поле СНС

8.10.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 1, вместо контрольной НАП подключить анализатор спектра (анализатор спектра N9010A (рег. №40312-08)).

8.10.2 Сформировать и воспроизвести на аппаратуре сценарий по формированию немодулированного сигнала в диапазоне L1 (литер 0, номинальное значение частоты сигнала $f_0 = 1602,00$ МГц) СНС ГЛОНАСС согласно РЭ. Установить максимальное доступное значение скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности).

8.10.3 Измерить частоту сигнала f_1 при помощи маркера анализатора спектра N9010A.

8.10.4 Рассчитать значение доплеровского сдвига частоты по формуле (8):

$$F_{dop} = |f_1 - f_0|; \quad (8)$$

8.10.5 Рассчитать значение скорости изменения псевдодальности по формуле (9):

$$v = \frac{F_{dop}}{f_0} \times c, \quad (9)$$

где c - скорость света.

8.10.6 Провести аналогичные измерения во всех доступных частотных диапазонах всех доступных ГНСС.

8.10.7 Результаты считать положительными, если рассчитанное значение скорости изменения псевдодальности составляет не менее 515 м/с.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки аппаратуры выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

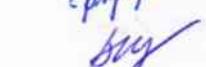
9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемая аппаратура к дальнейшему применению не допускается. На такую аппаратуру выдается извещение об ее непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования.

Заместитель начальника НИО-8 по научной работе



Федотов В.Н.

Начальник 84 отдела НИО-8



Каверин А.М.

Научный сотрудник 84 отдела НИО-8



Печерица Д.С.