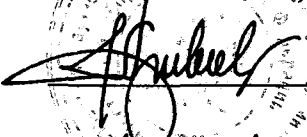


УТВЕРЖДАЮ

НАЧАЛЬНИК ГЦИ СИ «ВОЕНТЕСТ»

32 ГНИИ МО РФ

В.Н. Храменков
« 04 » 12 2002 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Система беззапросная измерительно-вычислительная
14Ц138

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

г. Мытищи, 2002 г.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на системы беззапросные измерительно-вычислительные 14Ц138 (далее – БИВС), и устанавливает методы и средства их первичной, периодической и внеочередной поверок, проводимых в соответствии с ПР 50.2.006 "ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений".

2. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1. Перед проведением поверки БИВС проводится внешний осмотр и операция подготовки ее к работе.

2.2. Метрологические характеристики БИВС, подлежащие проверке, и операции поверки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность поверки параметров		
		первичная поверка		периодическая поверка
		при выпуске	после ремонта	
1	2	3	4	5
1. Внешний осмотр	8.1	да	да	да
2. Опробование	8.2	да	да	да
3. Определение (контроль) метрологических характеристик:	8.3			
Определение среднего квадратического отклонения результата измерения псевдодальности на тактовой частоте 5,11 МГц и приращения псевдодальности на несущей частоте на интервале осреднения 2 мин.	8.3.1.	да	да	да
Определение предельного значения изменения аппаратурной медленноменяющейся составляющей погрешности измерения псевдодальности на тактовой частоте 5,11 МГц за 24 часа.	8.3.2.	да	да	да
Определение предельного значения инструментальной погрешности измерения БИВС координат и составляющих вектора скорости в режиме контроля навигационного поля.	8.3.3.	да	да	да

3. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1. 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 точностью.

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

Таблица 2

Наименование средств поверки	Требуемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)
	Пределы измерения	Погрешность	
1	2	3	4
1. Квантово-оптическая система.	<p>Диапазон измерения дальности, м:</p> <ul style="list-style-type: none"> - в ночное время суток на углах места 20 - 80 угл. град. - в дневное время суток на углах места 30 - 80 угл. град. при угловом отклонении КА от Солнца более 30 угл. град. - в сумеречное время суток на углах места 30 - 80 угл. град. <p>Инструментальная погрешность измерений дальности, м:</p> <ul style="list-style-type: none"> - случайная погрешность "нормальных" (сжатых) точек на интервале осреднения 10 с, выраженная в виде среднего квадратического отклонения, %, не более - систематическая погрешность, %, не более 	<p>$3,6 \cdot 10^7$</p> <p>$6 \cdot 10^6$</p> <p>$2 \cdot 10^7$</p> <p>$2 \cdot 10^{-2}$</p> <p>$2 \cdot 10^{-2}$</p>	"Сажень-Т"
2. Перевозимые квантовые часы на базе водородного стандарта частоты и времени.	Номинальные значения частот выходных сигналов 1 Гц, 5 МГц.	<p>Относительная погрешность по частоте $\leq \pm 1,5 \cdot 10^{-12}$.</p> <p>Среднее квадратическое относительное отклонение результата измерений частоты, не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> $3 \cdot 10^{-12}$ при $\tau_{и} = 1$ с; $7 \cdot 10^{-13}$ при $\tau_{и} = 10$ с; $2 \cdot 10^{-13}$ при $\tau_{и} = 100$ с; $3 \cdot 10^{-14}$ при $\tau_{и} = 1$ сут. 	Ч1-76
3. Частотомер электронно-счетный.	Диапазон частот 0,1 Гц – 200 МГц.	$\delta_{\text{кв}} \leq \pm 5 \cdot 10^{-7}$	ЧЗ-63

Наименование средств поверки	Требуемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)
	Пределы измерения	Погрешность	
4. Имитатор сигналов.	Выходные частоты: ГЛОНАСС- 1602+0,5625*N МГц, 1246+0,4375*N МГц, где N = -7, -6 ... -1, 0, 1 ... 13; NAVSTAR -1575, 42 МГц; WAAS-1575, 42 МГц; Количество каналов имитации – 8 ÷ 24; Динамические характеристики: Скорость – 10000 м/с; Ускорение – 50 g.	Стабильность частоты опорного генератора $1 \cdot 10^{-11}$ Погрешности имитации: Псевдодальности – не хуже 0,3 м; Скорости – не хуже 0,02 м/с; Ускорения – не хуже 0,2 м/с ² .	СН-3803
5. Геодезический пункт.	Координаты в системе ПЗ-90 и WGS-84.	Разность координат при передачи от сети геодезических пунктов не более 0,03 м; Погрешность определения координат относительно пунктов сети IGS, не более 0,05 м	Геодезический пункт 32 ГНИИИ МО РФ

4. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

Поверка 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 операций поверки должны соблюдаться следующие нормальные условия:

- температура окружающего воздуха, °С (К) 20 ± 5 (293 ± 5);
- среднесуточный дрейф температуры окружающего воздуха, не более ± 1 °С;
- относительная влажность воздуха, % 65 ± 15 ;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) 100 ± 4 (750 ± 30 мм рт. ст.);
- питание от сети переменного тока:
 - напряжением, В $220 \pm 4,4$;
 - частотой, Гц $50 \pm 0,5$;
 - содержание гармоник, % ≤ 5 .

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации поверяемой БИВС и используемых средств поверки.

7.2. Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемой БИВС для проведения поверки (соответствие аппаратуры конструкторской документации, наличие шнуров питания, измерительных шнуров и пр.);
- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) необходимые рабочие эталоны, средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в технической документации).

8. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

Произвести внешний осмотр БИВС, убедиться в отсутствии внешних механических повреждений и неисправностей, влияющих на ее работоспособность.

При проведении внешнего осмотра проверяется:

- сохранность пломб;
- чистота и исправность разъемов и гнезд;
- наличие предохранителей и их номиналов;
- отсутствие внешних механических повреждений корпуса, мешающих работе с БИВС, и ослабления элементов конструкции;
- исправность механических органов управления и четкость фиксации их положения.

Приборы, имеющие дефекты (механические повреждения), бракуют и направляют в ремонт.

8.2. Опробование

8.2.1. Проверка работоспособности БИВС осуществляется в нормальных климатических условиях и при нормальном напряжении питания. В процессе проверки работоспособности БИВС функционирует в штатном режиме. Опробование считается положительным, если представлен протокол работы ИВК БИВС с отражением всех операций непрерывного цикла функционирования программных подсистем на интервале 2 суток предшествующих проведению поверки.

8.3. Определение (контроль) метрологических характеристик

8.3.1. Определение среднего квадратического отклонения результата измерения псевдодальности на тактовой частоте 5,11 МГц и приращенния псевдодальности на несущей частоте на интервале осреднения 2 мин.

8.3.1.1. Собрать структурную схему измерений в соответствии с рис. 1.

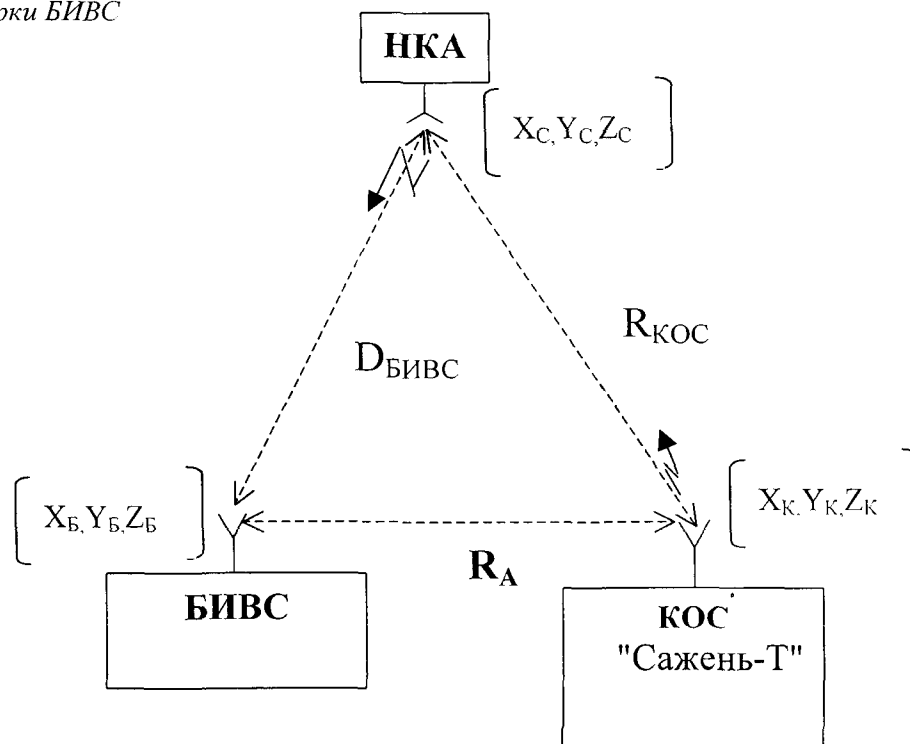


Рис. 1. Структурная схема измерений точностных характеристик БИВС.

В соответствии с рис. 1 вводятся следующие обозначения:

НКА - навигационный космический аппарат КНС "ГЛОНАСС";

$D_{БИВС}^i$ - измерения псевдодальности до НКА, выполненные БИВС в i -й момент времени;

$R_{КОС}^i$ - измерения запросной дальности до НКА, выполненные КОС "Сажень-Т" в i -й момент времени.

8.3.1.2. Вычисляется в каждый i -й момент времени разница $D_{БИВС}^i$ и $R_{КОС}^i$, при этом запросные измерения КОС "Сажень-Т" считают эталонными

$$\Delta^i = D_{БИВС}^i - R_{КОС}^i$$

8.3.1.3. Среднее значение разницы измерений $D_{БИВС}^i$ и $R_{КОС}^i$ на двухминутном интервале времени определяется по формуле

$$\bar{\Delta}^i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta^i,$$

где $N = 120$ – количество измерений в двухминутной выборке.

8.3.1.4. Среднее квадратическое отклонение результата измерения БИВС псевдодальности на тактовой частоте 5,11 МГц (S_{Δ}) определяется по формуле

$$S_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}$$

8.3.1.5. Результаты поверки считают удовлетворительными, если:

$$S_{\Delta} \leq 0,5 \text{ м}$$

Если не выполняются требования п. 8.3.1.5, то БИВС бракуется и должны быть проведены ее ремонтно-настроечные работы.

Примечание:

1. Рассмотренная выше методика относится к случаю, когда координаты антенных систем БИВС и КОС "Сажень-Т" совпадают, т.е.

$$(X_{БИВС}, Y_{БИВС}, Z_{БИВС}) = (X_{КОС}, Y_{КОС}, Z_{КОС})$$

2. Рассмотрим случай, когда координаты антенных систем БИВС и КОС "Сажень-Т" не совпадают, причем

$$\begin{aligned} \{X_{БИВС}\} &\neq \{X_{КОС}\}, \\ \{Y_{БИВС}\} &\neq \{Y_{КОС}\}, \\ \{Z_{БИВС}\} &= \{Z_{КОС}\}. \end{aligned}$$

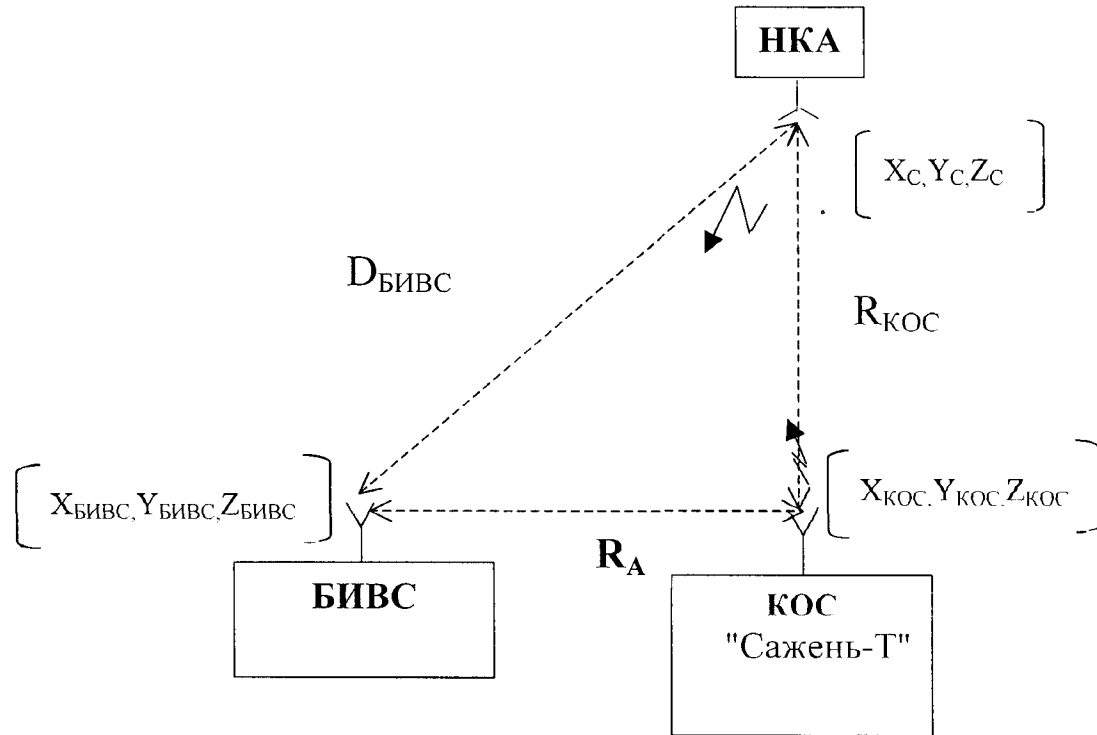


Рис. 2.

Дополнительно вводится следующее ограничение - НКА находится в точке минимального удаления от КОС. Расстояние (R_c) измеряется КОС "Сажень-Т" с суммарной погрешностью ($\sigma_{КОС}$), не более ± 2 см. Расстояние между антенными системами БИВС и КОС (R_A) определяется с суммарной погрешностью (σ_A), не более ± 10 см по формуле

$$R_A = \sqrt{\{X_{БИВС} - X_{КОС}\}^2 + \{Y_{БИВС} - Y_{КОС}\}^2 + \{Z_{БИВС} - Z_{КОС}\}^2}, \quad (1)$$

Так как, НКА, КОС "Сажень-Т" и БИВС находятся в одной плоскости, то расстояние от антенны БИВС до НКА (D_b) вычисляется по формуле

$$D_{БИВС} = \sqrt{R_{КОС}^2 + R_A^2} \quad (2)$$

Подставляя известные величины в формулу (2) и находя разницу ($D_{БИВС} - R_{КОС}$), можно показать, что она пренебрежительно мала по сравнению с погрешностью измерения псевдодальности БИВС.

При этом, средняя квадратическая погрешность определения расстояния $D_{БИВС}$ на основе измерений КОС "Сажень-Т" может быть вычислена по формуле:

$$\sigma_{БИВС} = \sqrt{\sigma_{КОС}^2 + \sigma_{R_A}^2},$$

где $\sigma_{R_A}^2$ - дисперсия погрешности определения расстояния между антенными системами БИВС и КОС (R_A).

Подставляя известные величины, получают, что значение средней квадратической погрешности ($\sigma_{БИВС}$) равно 10,2 см, что также мало по сравнению с погрешностью измерения псевдодальности БИВС.

Таким образом, при определении запросной дальности в точке минимального удаления НКА от КОС, можно пренебречь расстоянием R_A между антенными системами БИВС и КОС "Сажень-Т" и провести редуцирование результатов измерения запросной дальности в измерение беззапросной дальности, в точке минимального удаления НКА от КОС "Сажень-Т" с погрешностью удовлетворяющей требуемой.

3. Рассмотрим случай, когда координаты антенных систем БИВС и КОС "Сажень-Т" не совпадают, причем

$$\begin{aligned} \{X_{БИВС}\} &\neq \{X_{КОС}\}, \\ \{Y_{БИВС}\} &\neq \{Y_{КОС}\}, \\ \{Z_{БИВС}\} &\neq \{Z_{КОС}\}. \end{aligned}$$

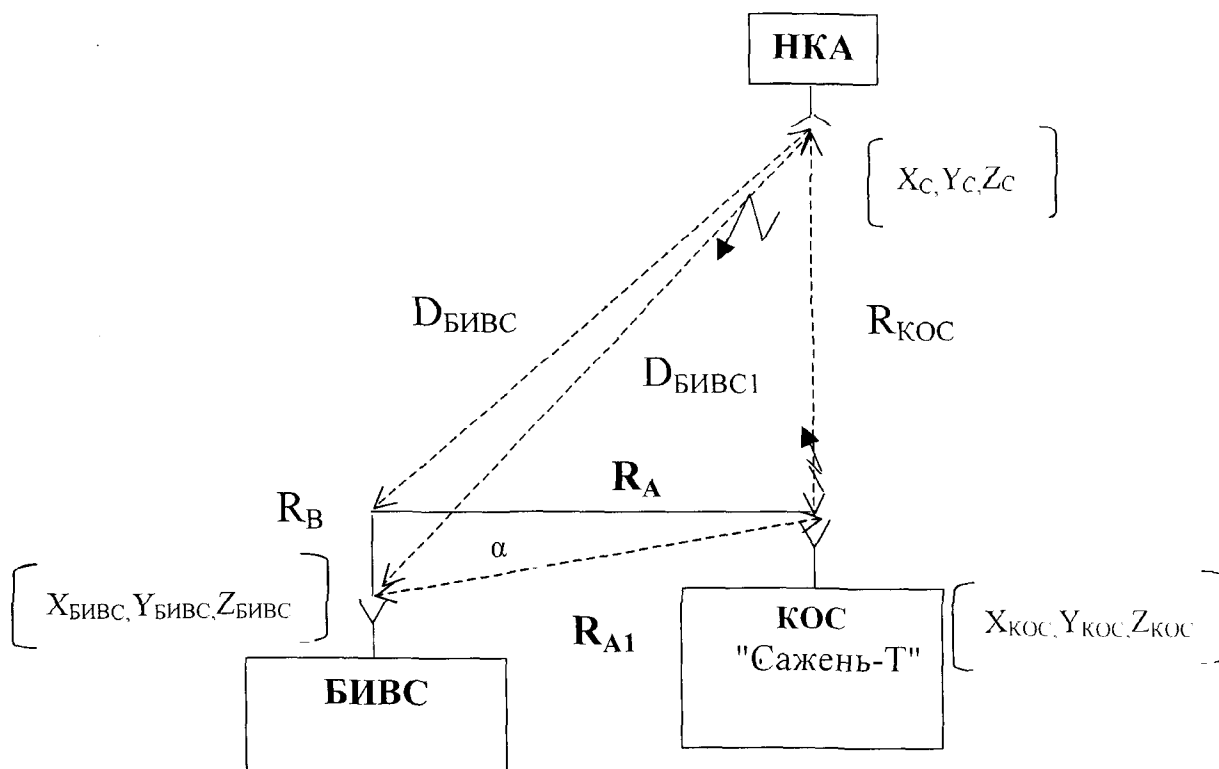


Рис. 3.

В этом случае, фазовый центр антенны БИВС сместится в вертикальной плоскости на расстояние R_B . Расстояние R_A определяется по формуле (1), расстояние в вертикальной плоскости между антенными системами БИВС и КОС "Сажень-Т" (R_B) определяется по формуле

$$R_B = \{Z_{БИВС}\} - \{Z_{КОС}\}$$

Можно показать, что погрешность определения величины R_B будет порядка 10 см.

Значение R_{A1} вычислить по формуле

$$R_{A1} = \sqrt{R_B^2 + R_A^2}$$

Определить величину угла α по формуле:

$$\alpha = \arcsin \frac{R_B}{R_A}$$

Далее, зная величины $R_{КОС}$, R_{A1} и α вычислить значение $D_{БИВС1}$ по формуле

$$D_{БИВС1} = \sqrt{R_{КОС}^2 + R_{A1}^2 - 2R_{КОС}R_{A1} \cos(\pi/2 + \alpha)}$$

Измерив величину $D_{БИВС}$ и вычислив $D_{БИВС1}$, можно провести редуцирование результатов измерения запросной дальности на результаты измерения беззапросной дальности.

При этом величина $D_{БИВС1}$ определяется с погрешностью не более $\pm 14,3$ см, что удовлетворяет требуемой погрешности измерения.

4. Рассмотрим случай, когда координаты антенных систем БИВС и КОС "Сажень-Т" не совпадают

$$\begin{aligned} \{X_{БИВС}\} &\neq \{X_{КОС}\}, \\ \{Y_{БИВС}\} &\neq \{Y_{КОС}\}, \\ \{Z_{БИВС}\} &\neq \{Z_{КОС}\}, \end{aligned}$$

и при этом, НКА прошел отрезок пути (L_i) за время t_i , где $0 \leq i \leq 120$ сек (рис. 4).

В момент времени t_0 расстояние от КОС "Сажень-Т" до НКА минимально (R_C). Запросное расстояние от КОС "Сажень-Т" до НКА, в момент времени t_i , ($R_{КОСi}$) измеряется с погрешностью ± 2 см.

Величину угла γ_i вычисляем по формуле

$$\gamma_i = \arccos \frac{L_i}{R_{КОСi}}$$

В первом приближении, принимаем, что движение НКА является прямолинейным и равномерным на интервале времени 120 сек.

В этом случае, функциональная зависимость расстояния $D_{БИВСi}$ от времени t_i пролета НКА относительно КОС имеет вид

$$D_{БИВСi} = \sqrt{R_{КОСi}^2 + R_A^2 + R_{A1}^2 - 2\sqrt{R_{КОСi}^2 (R_A^2 + R_{A1}^2)} * \cos \left(\arcsin \frac{R_B}{R_A} + \arccos \frac{L_i}{\sqrt{R_{КОСi}^2 + L_i^2}} \right)}$$

Расстояние пройденное НКА за промежуток времени t_i определяется по формуле

$$L_i = V_C t_i,$$

где V_C – скорость НКА.

Таким образом, выявив функциональную зависимость изменения беззапросной дальности НКА – БИВС $D_{БИВСi}$ от запросной дальности НКА – КОС "Сажень-Т" ($R_{КОСi}$) и базовых расстояний R_A и R_B при известной высоте орбиты НКА, провести редукцию измерений беззапросной дальности от НКА до БИВС в измерения запросной дальности от этого же НКА до КОС. При этом погрешность (σ_{D_i}) вычисления $D_{БИВСi}$ будет равна ± 20 см, что удовлетворяет требуемой погрешности измерения.

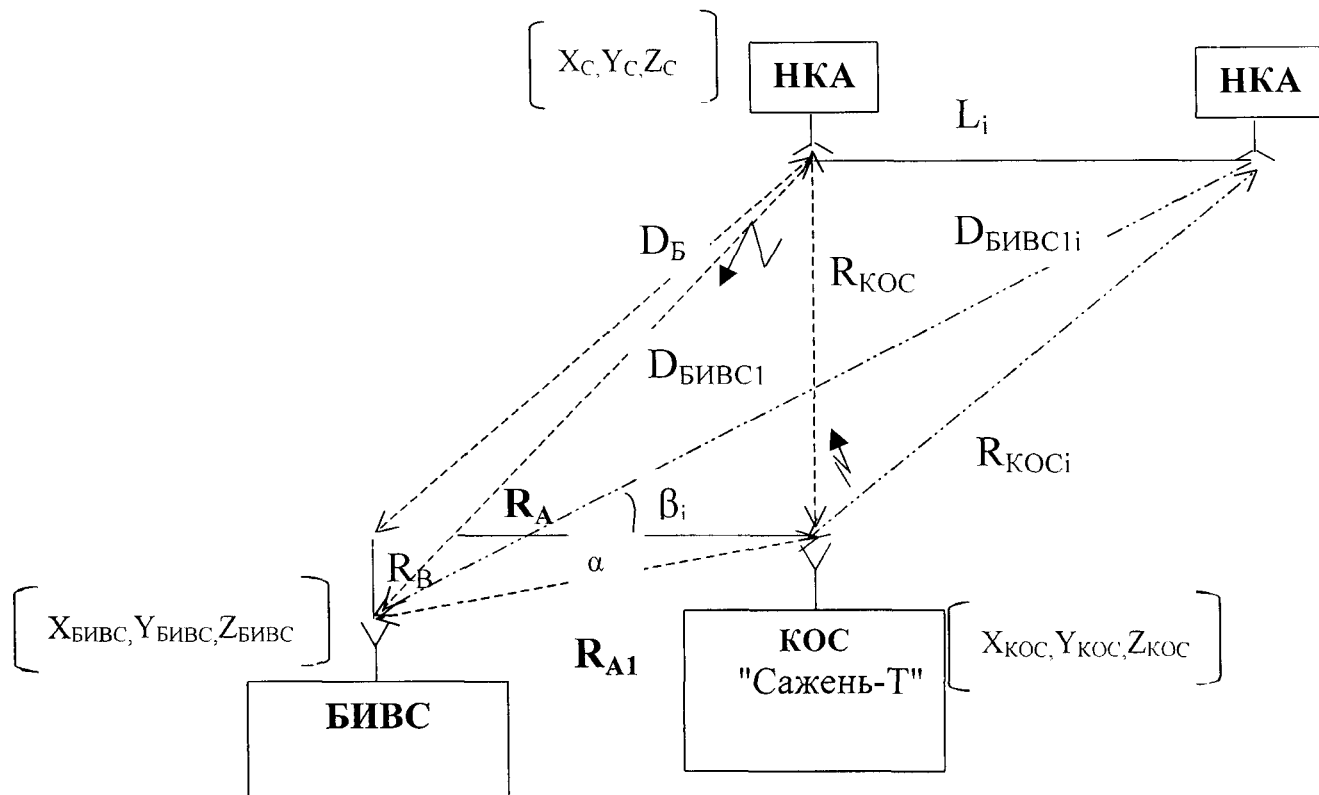


Рис. 4.

8.3.2. Определение предельного значения изменения аппаратурной медленноменяющейся составляющей погрешности измерения псевдодальности на тактовой частоте 5,11 МГц за 24 часа.

8.3.2.1. Собрать рабочее место в соответствии с рис. 5.



Рис. 5.

8.3.2.2. Включить имитатор сигналов КНС СН-3803. Сформировать на имитаторе сигнал для измерения БИВС псевдодальности на тактовой частоте псевдослучайной последовательности (ПСП) 5,11 МГц. Сформированный сигнал подается на ПС2, где происходит прием и обработка этих измерений. Статическую обработку осуществить в ПС6. Поверка проводится на интервале один сутки.

8.3.2.3. Переключить БИВС в работу в юстировочном режиме. В процессе поверки юстировочный сигнал от имитатора СН-3803 через малошумящий усилитель (МШУ) поступает в приемник, где осуществляется измерение псевдодальности на тактовой частоте ПСП 5,11 МГц.

8.3.2.4. Измерения БИВС, которые в дальнейшем будем обозначать через S_i , с темпом в одну секунду записываются в файл на интервале времени 1 час. В течение 24 часа формируется 24 одночасовых массива измерений S с темпом в одну секунду. Затем полученные измерения переписываются на магнитный носитель для статистической обработки.

8.3.2.5. Вычислить среднее значение полученных измерений S_i на интервале 24 часа:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{N},$$

где S_i - i -тое измерение псевдодальности на тактовой частоте ПСП 5,11 МГц на интервале 24 часа;

$i = 1 \dots N$ - количество односекундных измерений.

8.3.2.6. Определить разницу измерений S_i и среднего значения \bar{S} для всей выборки:

$$\Delta S_i = S_i - \bar{S}.$$

8.3.2.7. Определить максимальную ΔS_{\max} и минимальную ΔS_{\min} разницу измерений S_i и среднего значения \bar{S} .

8.3.2.8. Величина предельного значения изменения аппаратурной медленноменяющейся составляющей погрешности измерения псевдодальности на тактовой частоте 5,11 МГц за 24 часа определить по формуле:

$$\Delta(\Delta S) = \Delta S_{\max} - \Delta S_{\min}.$$

8.3.2.9. Результаты поверки считаются положительными, если $\Delta(\Delta S) < 0,75$ м. В противном случае прибор бракуется и отправляется в ремонт.

8.3.3. Определение предельного значения инструментальной погрешности измерения БИВС координат и составляющих вектора скорости в режиме контроля навигационного поля.

8.3.3.1. Определение предельного значения инструментальной погрешности измерения БИВС координат осуществляется на геодезическом пункте 32 ГНИИИ МО РФ. Для осуществления поверки необходимо приемный блок и антенное устройство доставить в 32 ГНИИИ МО РФ.

8.3.3.2. Проверка предельной погрешности определений координат местоположения на стоянке производится на геодезическом пункте (реперной точке). С этой целью:

8.3.3.2.1 Установить антенный модуль на реперной точке.

8.3.3.2.2 Заземлить корпуса приборов.

8.3.3.2.3 Подать на приемный блок внешнее питание.

8.3.3.2.4 Включить IBM PC и вызвать программу обработки результатов измерений (представляется разработчиком НАП).

8.3.3.2.5 Ввести координаты реперной точки.

8.3.3.2.6 Провести не менее 30 серий (циклов) навигационных измерений по различным созвездиям НКА при геометрическом факторе не более 3, по 30 измерений с интервалом в 1 минута в каждой серии.

8.3.3.2.7 На экране IBM PC выдаются разности dX , dY и dZ в виде неподвижной таблицы с меняющимися значениями. После заданного времени усреднения, на экран выдаются усредненные значения dX_j , dY_j и dZ_j в j -ой серии ($j = 1 \dots 30$).

8.3.3.2.8 Вычислить среднее значение погрешности измерения по совокупности серий по формуле

$$d\bar{X} = \frac{1}{30} \sum_{j=1}^{30} dX_j.$$

Аналогичным образом вычислить средние значения погрешностей $d\bar{Y}$, $d\bar{Z}$.

8.3.3.2.9 Так как погрешность эталонных координат реперной точки не превышает 1 м, то среднеквадратическое значение погрешностей по совокупности серий определить по формуле (например, для dX):

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{30} (dX_j - d\bar{X})^2}{29}}.$$

Аналогичным образом провести вычисления для σ_y, σ_z .

8.3.3.2.10 Предельную погрешность определения координат местоположения на стоянке (Δ) вычислить по формуле (например, как для dX):

$$\Delta = d\bar{X} + 3\sigma_x.$$

Аналогичную оценку выполнить для величин dY и dZ .

8.3.3.2.11 Если хотя бы одно из полученных значений Δ превышает величину 6 м, то прибор бракуется и отправляется в ремонт.

8.3.3.3. Проверка предельной погрешности определения составляющих вектора скорости.

8.3.3.3.1 Выполнить требования п.п. 8.3.3.2.1 - 8.3.3.2.3.

8.3.3.3.2 Включить IBM PC (с установленной программой обработки результатов измерений).

8.3.3.3.3 На экране сообщений программы должны появиться следующие параметры: V_x (в м/с); V_y (в м/с); V_z (в м/с); X (в м/с); Y (в м/с); Z (в м/с) и текущее время t (час: мин: сек).

8.3.3.3.4 Провести не менее 30 серий (циклов) навигационных измерений по различным созвездиям НКА при геометрическом факторе не более 3, по 30 измерений с интервалом в 1 мин. в каждой серии.

8.3.3.3.5 Вычислить усредненные значения V'_x, V'_y, V'_z в j -ой серии ($j = 1 \dots 30$).

8.3.3.3.6 Вычислить среднее значение погрешности измерения по совокупности серий по формуле:

$$\bar{V}_x = \frac{1}{30} \sum_{j=1}^{30} V'_x.$$

Аналогичным образом вычислить средние значения погрешностей \bar{V}_y, \bar{V}_z .

8.3.3.3.7 Среднеквадратическое значение погрешностей по совокупности серий определить по формуле (например, для V_x):

$$\sigma_{V_x} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{30} (V'_x - \bar{V}_x)^2}{29}}.$$

Аналогичным образом провести вычисления для V_y, V_z .

8.3.3.3.8 Предельную погрешность определения составляющих вектора скорости на стоянке (Δ) вычислить по формуле (например, как для V_x):

$$\Delta = \bar{V}_x + 3\sigma_{V_x}.$$

Аналогичную оценку выполнить для величин V_y, V_z .

8.3.3.3.9 Если хотя бы одно из полученных значений Δ превышает величину $1 \frac{\text{см}}{\text{с}}$, то прибор бракуется и отправляется в ремонт.

9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

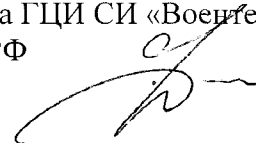
9.1. При положительных результатах поверки на БИВС выдается свидетельство установленной формы.

9.2. На оборотной стороне свидетельства записываются результаты поверки.

9.3. Параметры, определенные при поверке, заносят в формуляр на БИВС.

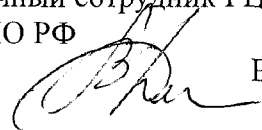
9.4. В случае отрицательных результатов поверки применение системы беззапросной измерительно-вычислительной запрещается и на нее выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин.

Начальник отдела ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИИ МО РФ



С.И. Донченко

Старший научный сотрудник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИИ МО РФ



В.И. Добровольский