

3202

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ФГБУ
«ГНМЦ» Минобороны России



В.В. Швыдун

2017 г.

Инструкция

Изделия 8МЦБЗ ИТБС.461211.018-02

Методика поверки ИТБС.461211.018-02МП

2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Введение	3
2 Операции поверки	3
3 Средства поверки	4
4 Требования к квалификации поверителей.....	4
5 Требования безопасности.....	4
6 Условия поверки.....	5
7 Проведение поверки	5
8 Оформление результатов поверки	11

1 Введение

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на изделия 8МЦБЗ ИТБС.461211.018-02, (далее – изделия) и устанавливает порядок проведения их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками - 1 год.

2 Операции поверки

2.1 При поверке должны выполнять операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Подготовка к поверке	6.2	+	+
2 Внешний осмотр	7.1	+	+
3 Опробование	7.2	+	+
4 Определение метрологических характеристик	7.3		
4.1 Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора	7.3.1	+	+
4.2 Определение среднего квадратического относительно-го отклонения частоты сигнала 2,048 МГц при интервалах времени измерений 1 и 100 с	7.3.2	+	+
4.3 Определение среднего квадратического относительно-го отклонения частоты сигнала 2,048 МГц при интервале времени измерений 1 сутки	7.3.3	+	–
4.4 Определение спектральной плотности мощности случайных отклонений фазы в спектре выходного сигнала 2,048 МГц в одной боковой полосе	7.3.4	+	–
4.5 Определение амплитуды напряжения сигнала на нагрузке 50 Ом	7.3.5	+	–
4.6 Определение относительного уровня спектральных побочных составляющих в полосе частот от 0,1 до 100 МГц (за исключением второй гармоники)	7.3.6	+	–
4.7 Определение относительного уровня мощности второй гармоники основной частоты	7.3.7	+	–
4.8 Определение максимального разбега сигналов по фазе между выходами	7.3.8	+	–
4.9 Определение средней квадратической инструментальной погрешности привязки шкалы времени по сигналам КНС ГЛОНАСС	7.3.9	+	+
5 Оформление результатов поверки	8	+	+

3 Средства поверки

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

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основных или вспомогательных средств поверки, номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
7.3.1, 7.3.2, 7.3.3, 7.3.9	Приемник-компаратор ЧК7-56: номинальное значение частоты выходных сигналов 1 Гц, 1, 5, 10 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте в режиме слежения за космическими аппаратами ГЛОНАСС/GPS через 8 часов после включения $\pm 2,0 \cdot 10^{-12}$, пределы допускаемой абсолютной погрешности синхронизации основной шкалы времени прибора относительно шкалы времени UTC(SU) ± 50 нс
7.3.1, 7.3.2, 7.3.3, 7.3.4	Анализатор фазовых шумов TSC 5120A: диапазон измеряемых частот от 1 до 30 МГц, спектральная плотность мощности случайных отклонений фазы в спектре выходного сигнала 5 МГц в одной боковой полосе при отстройке от несущей частоты на ± 1 кГц, не более минус 145 дБ/Гц
7.3.5	Вольтметр переменного тока ВЗ-71: диапазон измерений напряжения переменного тока от 100 мкВ до 300 В, диапазон частот напряжения переменного тока от 10 Гц до 1000 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения $\pm 1,5\%$
7.3.6, 7.3.7	Анализатор спектра СК4-99: диапазон частот от 10 Гц до 3 ГГц, пределы допускаемой погрешности измерений уровня $\pm 1,2$ дБ
7.3.8, 7.3.9	Частотомер универсальный CNT-90: пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения фазовых сдвигов $1,08^\circ$, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения временных интервалов 0,62 нс

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

3.3 Используемые средства поверки должны быть поверены в соответствии с требованиями приказа Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 и иметь действующее свидетельство о поверке (знак поверки).

3.4 Средства поверки должны быть внесены в рабочее помещение не менее чем за 4 часа до начала поверки.

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющим опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ), изучивший настоящую методику поверки.

5 Требования безопасности

5.1 При подготовке и проведении поверки следует соблюдать требования безопасности и производственной санитарии, установленные в эксплуатационной документации на изделие и средства измерений.

5.2 Запрещается проведение измерений при отсутствии или неисправности заземления изделия и средств измерений.

5.3 Измерения необходимо производить при отсутствии резких перепадов напряжения питания сети и температуры окружающего воздуха.

6 Условия поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 15 до 25°C;
- относительная влажность воздуха не более 80%;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питания $220 \pm 4,4$ В;
- частота $50 \pm 0,5$ Гц.

6.2 При подготовке к поверке выполнить следующие операции:

- проверить наличие средств поверки, укомплектованность их технической документацией (ТД) и необходимыми элементами соединений;
- используемые средства поверки разместить, заземлить и соединить в соответствии с требованиями РЭ;
- подготовку, соединение, включение и прогрев средств поверки, регистрацию показаний и другие работы по поверке произвести в соответствии с РЭ.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре установить соответствие изделия требованиям ТД. При внешнем осмотре убедиться в:

- отсутствии механических повреждений;
- чистоте гнезд, разъемов и клемм;
- исправности соединительных проводов и кабелей;
- целостности лакокрасочных покрытий и четкости маркировки;
- отсутствии снаружи изделия незакрепленных предметов.

Проверить комплектность изделия в соответствии с ТД.

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если изделие удовлетворяет вышеперечисленным требованиям, комплектность изделия полная. В противном случае поверка не проводится до устранения выявленных недостатков.

7.2 Опробование

7.2.1 Опробование провести в соответствии с ИТБС.461211.018-02РЭ.

7.2.2 Результаты поверки считать положительными, если на стойке СС включен индикатор «РАБОТА» в зоне «БОЧ», а индикатор «ВЫХОД», расположенный в этой же зоне, мигает один раз в секунду.

В противном случае изделие дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт.

7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора

7.3.1.1 Относительную погрешность по частоте опорного генератора определить методом сравнения частоты опорного генератора изделия и эталонных сигналов времени и частоты, передаваемых глобальной навигационной спутниковой системой ГЛОНАСС, с использованием приемника-компаратора ЧК7-56 и анализатора фазовых шумов TSC 5120A в соответствии с рисунком 1.

7.3.1.2 Подготовить к работе приемник-компаратор ЧК7-56 следующим образом:

- установить блок антенный и подключить антенный кабель (место установки блока антенного должно быть выбрано с учетом наличия прямой радиовидимости максимальной площади небесной полусферы. Блок антенный должен быть установлен так, чтобы верхняя полусфера не перекрывалась элементами окружающих конструкций и предметов);
- подключить шнур питания к компаратору, обеспечив при этом надежное подключение прибора к линии защитного заземления через проводную вилку шнура питания или с использованием соответствующего перехода, гарантирующего надежное заземление;

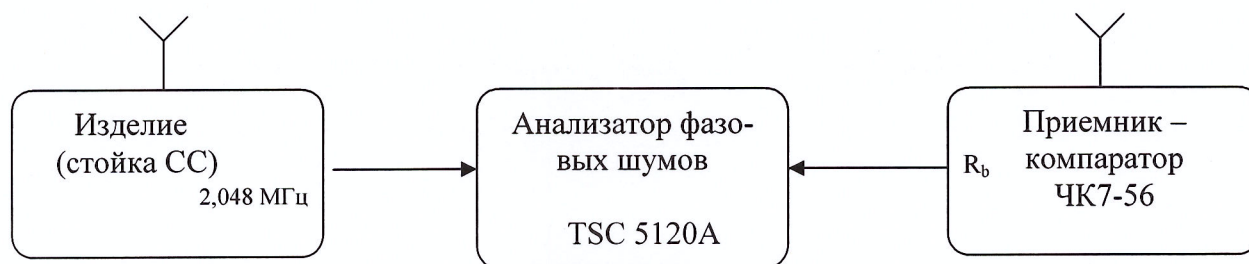


Рисунок 1

- подключить кабель соединительный ВЧ ЯНТИ.685671.019 из состава комплекта прибора к разъемам «(→R_b)», «(→)R_b»;
- включить шнур питания в сеть. Переключатель «СЕТЬ» должен при этом находиться в выключенном состоянии;
- проверить подключение кабеля блока антенного и соединительного кабеля между разъемами «(→R_b)» и «(→)R_b».

7.3.1.3 Переключатель «СЕТЬ» поставить в положение «ВКЛ» и убедиться в том, что приемник-компаратор ЧК7-56 устанавливается в режим «СТАНДАРТ ЧАСТОТЫ», загорается и через 2-3 с гаснет, перейдя в режим периодической подсветки, индикатор «ОТКАЗ», информирующий о начале процесса установления рабочего режима устройств и нормальной работе многофункционального приемного устройства (МПИ), загорается индикатор «СРНС», информирующий о работе прибора от образцового сигнала МПИ, а индикатор «СИНХР. R_b» находится в режиме периодической подсветки.

7.3.1.4 Прогреть приемник-компаратор до проведения измерений в течение 4 ч.

7.3.1.5 Прогреть анализатор фазовых шумов TSC 5120A в течение не менее 2 часов.

7.3.1.6 Подать на вход «Reference» анализатор фазовых шумов TSC 5120A выходной сигнал с розетки «2,048 МГц» стойки СС частотой 2,048 МГц, а на вход «Input» сигнал с выхода рубидиевого стандарта частоты из состава ЧК7-56.

По истечении 24 часов снять показания анализатора фазовых шумов TSC 5120A « $\delta f/f$ ».

7.3.1.7 Расчет относительной погрешности по частоте приемником-компаратором ЧК7-56 проводится автоматически по формуле:

$$\delta f/f = (\Phi_i - \Phi_{i-1}) / T_{\text{изм}}, \quad (1)$$

где $(\Phi_i - \Phi_{i-1})$ - набег фазы Φ за интервал времени измерений;

$T_{\text{изм}} = T_i - T_{i-1}$ - интервал времени измерений;

$i = 1, 2, 3, \dots$ - номер отсчета фазы.

7.3.1.8 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора находятся в пределах $\pm 2 \cdot 10^{-9}$.

7.3.2 Определение среднего квадратического относительного отклонения частоты сигнала 2,048 МГц при интервалах времени измерений 1 с и 100 с

7.3.2.1 Среднее квадратическое относительного отклонения частоты сигнала 2,048 МГц определить методом сравнения частоты опорного генератора изделия и эталонных сигналов времени и частоты, передаваемых глобальной навигационной спутниковой системой ГЛОНАСС, с использованием приемника-компаратора ЧК7-56 и анализатора фазовых шумов TSC 5120A в соответствии с рисунком 1.

7.3.2.2 Подготовить к работе приемник-компаратор ЧК7-56 следующим образом:

- установить блок антенный и подключить антенный кабель (место установки блока антенного должно быть выбрано с учетом наличия прямой радиовидимости максималь-

ной площади небесной полусферы. Блок антенный должен быть установлен так, чтобы верхняя полусфера не перекрывалась элементами окружающих конструкций и предметов);

- подключить шнур питания к компаратору, обеспечив при этом надежное подключение прибора к линии защитного заземления через проводную вилку шнура питания или с использованием соответствующего перехода, гарантирующего надежное заземление;

- подключить кабель соединительный ВЧ ЯНТИ.685671.019 из состава комплекта прибора к разъемам «(→R_b)», «(→)R_b»;

- включить шнур питания в сеть. Переключатель «СЕТЬ» должен при этом находиться в выключенном состоянии;

- проверить подключение кабеля блока антенного и соединительного кабеля между разъемами «(→R_b)» и «(→)R_b».

7.3.2.3 Переключатель «СЕТЬ» поставить в положение «ВКЛ» и убедиться в том, что приемник-компаратор ЧК7-56 устанавливается в режим «СТАНДАРТ ЧАСТОТЫ», загорается и через 2-3 с гаснет, перейдя в режим периодической подсветки, индикатор «ОТКАЗ», информирующий о начале процесса установления рабочего режима устройств и нормальной работе МПИ, загорается индикатор «СРНС», информирующий о работе прибора от образцового сигнала МПИ, а индикатор «СИНХР. R_b» находится в режиме периодической подсветки.

7.3.2.4 Прогреть приемник-компаратор ЧК7-56 до проведения измерений в течение 2 ч.

7.3.2.5 Прогреть анализатор фазовых шумов TSC 5120A в течение не менее 2 часов.

7.3.2.6 Подать на вход «Reference» анализатора фазовых шумов TSC 5120A выходной сигнал с розетки «2,048 МГц» стойки СС частотой 2,048 МГц, а на вход «Input» сигнал с выхода рубидиевого стандарта частоты из состава ЧК7-56.

По истечении соответственно 10 секунд, 10 минут соответственно снять показания анализатора фазовых шумов TSC 5120A «σ_γ» за время измерения «1 СЕК», «100 СЕК».

7.3.2.7 Расчет среднего квадратического относительного отклонения частоты опорного генератора анализатором фазовых шумов TSC 5120A проводится автоматически по формуле:

$$\sigma_{\gamma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n \sigma_{0i}^2}{(n-1)}}, \quad (2)$$

где σ_{0i} - относительная вариация;

n – количество отсчетов

i = 1, 2, 3... – номер отсчета.

7.3.2.8 Результаты испытаний считать положительными, если значение среднего квадратического относительного отклонения частоты опорного генератора при интервале времени измерений 1 с когда не превышает значения 1·10⁻¹¹; при интервале времени измерений 100 с не превышает значения 2·10⁻¹¹.

7.3.3 Определение среднего квадратического относительного отклонения частоты сигнала 2,048 МГц при интервалах времени измерений 1 сутки

7.3.3.1 Среднее квадратическое относительного отклонения частоты сигнала 2,048 МГц определить методом сравнения частоты опорного генератора изделия и эталонных сигналов времени и частоты, передаваемых глобальной навигационной спутниковой системой ГЛОНАСС с использованием приемника-компаратора ЧК7-56 при помощи анализатора фазовых шумов TSC 5120A в соответствии с рисунком 1.

7.3.3.2 Подготовить к работе приемник-компаратор ЧК7-56 следующим образом:

- установить блок антенный и подключить антенный кабель (место установки блока антенного должно быть выбрано с учетом наличия прямой радиовидимости максимальной площади небесной полусферы. Блок антенный должен быть установлен так, чтобы верхняя полусфера не перекрывалась элементами окружающих конструкций и предметов);

- подключить шнур питания к компаратору, обеспечив при этом надежное подключение прибора к линии защитного заземления через проводную вилку шнура питания или с использованием соответствующего перехода, гарантирующего надежное заземление;

- подключить кабель соединительный ВЧ ЯНТИ.685671.019 из состава комплекта прибора к разъемам «(→R_b», «(→)R_b»;

- включить шнур питания в сеть. Переключатель «СЕТЬ» должен при этом находиться в выключенном состоянии;

- проверить подключение кабеля блока антенного и соединительного кабеля между разъемами «(→R_b» и «(→)R_b».

7.3.3.3 Переключатель «СЕТЬ» поставить в положение «ВКЛ» и убедиться в том, что приемник-компаратор ЧК7-56 устанавливается в режим «СТАНДАРТ ЧАСТОТЫ», загорается и через 2-3 с гаснет, перейдя в режим периодической подсветки, индикатор «ОТКАЗ», информирующий о начале процесса установления рабочего режима устройств и нормальной работе МПИ, загорается индикатор «СРНС», информирующий о работе прибора от образцового сигнала МПИ, а индикатор «СИНХР. R_b» находится в режиме периодической подсветки.

7.3.3.4 Прогреть приемник-компаратор ЧК7-56 до проведения измерений в течение 2 ч.

7.3.3.5 Прогреть анализатор фазовых шумов TSC 5120A в течение не менее 2 часов.

7.3.3.6 Подать на вход «Reference» анализатора фазовых шумов TSC 5120A выходной сигнал с розетки «2,048 МГц» стойки СС частотой 2,048 МГц, а на вход «Input» сигнал с выхода рубидиевого стандарта частоты из состава ЧК7-56.

7.3.3.7 Расчет среднего квадратического относительного отклонения частоты опорного генератора анализатором фазовых шумов TSC 5120A проводится автоматически по формуле (2).

По истечении 6 суток снять показания компаратора частотного «σ_γ» за время измерения «1 сут».

7.3.3.8 Результаты поверки считать положительными, если значение среднего квадратического относительного отклонения частоты опорного генератора при интервале времени измерений 1 сут не превышает значения $5 \cdot 10^{-11}$.

7.3.4 Определение спектральной плотности мощности случайных отклонений фазы в спектре выходного сигнала 2,048 МГц в одной боковой полосе

7.3.4.1 Спектральную плотность мощности случайных отклонений фазы в спектре выходного сигнала 2,048 МГц в одной боковой полосе определить с использованием анализатора фазовых шумов TSC 5120A в соответствии с рисунком 2.

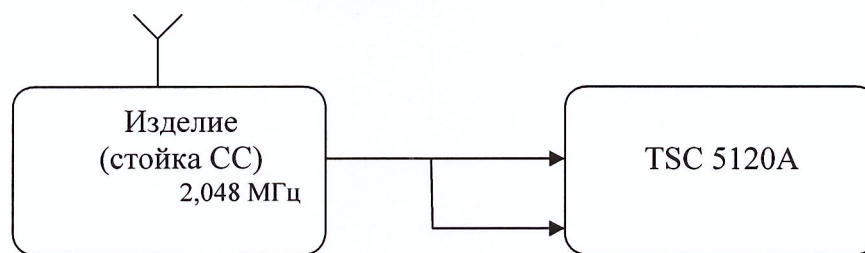


Рисунок 2

7.3.4.2 Соединить выход «2,048 МГц» стойки СС изделия со входами «Input» и «Reference» анализатора фазовых шумов TSC 5120A, при этом длина измерительных кабелей должна быть одинаковой.

7.3.4.3 Перевести анализатор фазовых шумов TSC 5120A в режим отображения результатов измерений спектральной плотности мощности фазовых шумов, для чего нажать кнопку «PhaseNoisePlot» в правом верхнем углу анализатора.

7.3.4.4 Нажать кнопку «Start» на анализаторе фазовых шумов TSC 5120A. Через 2 ч записать с экрана анализатора фазовых шумов TSC 5120A значения спектральной плотности мощности фазовых шумов при различных отстройках от несущей частоты.

Из полученных результатов вычесть 3 дБ.

7.3.4.5 Результаты поверки считать положительными, если значения спектральной плотности мощности случайных отклонений фазы в спектре выходного сигнала 2,048 МГц в одной боковой полосе не превышают значения минус 110 дБ/Гц при отстройке от несущей частоты на 1 кГц; минус 115 дБ/Гц при отстройке от несущей частоты на 10 кГц; минус 115 дБ/Гц при отстройке от несущей частоты на 100 кГц.

7.3.5 Определение амплитуды напряжения сигнала на нагрузке 50 Ом

7.3.5.1 Амплитуду напряжения сигнала на нагрузке 50 Ом определить с помощью вольтметра переменного тока ВЗ-71 в соответствии с рисунком 3.

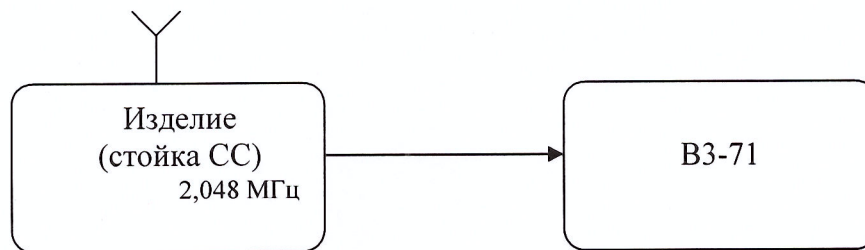


Рисунок 3

7.3.5.2 Соединить выход «2,048МГц» стойки СС изделия со входом вольтметра переменного тока ВЗ-71 с использованием нагрузки 50 Ом.

7.3.5.3 Измерить значение напряжения поочередно на разъемах «1» - «8» в зонах «КАНАЛА А 2,048МГц» и «КАНАЛА Б 2,048МГц» стойки СС.

7.3.5.4 Результаты поверки считать положительными, если значения напряжения на всех выходах на нагрузке 50 Ом находятся в диапазоне от 0,85 до 1,45 В.

7.3.6 Определение относительного уровня спектральных побочных составляющих в полосе частот от 0,1 до 100 МГц (за исключением второй гармоники)

7.3.6.1 Относительный уровень спектральных побочных составляющих в полосе частот от 0,1 до 100 МГц (за исключением второй гармоники) определить с помощью анализатора спектра СК4-99 в соответствии с рисунком 4.

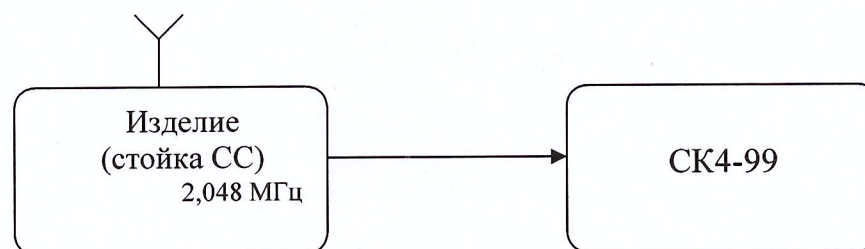


Рисунок 4

7.3.6.2 Соединить выход «2,048МГц» стойки СС изделия с входами анализатора спектра СК4-99.

7.3.6.3 Измерить относительный уровень спектральных побочных составляющих в полосе частот от 0,1 до 100 МГц на всех 8 выходах полуккомплектов «А» и «Б».

7.3.6.4 Результаты поверки считать положительными, если значения относительного уровня спектральных побочных составляющих в полосе частот от 0,1 до 100 МГц на всех 8 выходах полуккомплектов «А» и «Б» не превышают минус 60 дБ.

7.3.7 Определение относительного уровня мощности второй гармоники основной частоты

7.3.7.1 Относительный уровень второй гармоники основной частоты определить с помощью анализатора спектра СК4-99 в соответствии с рисунком 4.

7.3.7.2 Соединить выход «50 МГц» стойки СС изделия с входами анализатора спектра СК4-99.

7.3.7.3 Измерить уровень второй гармоники основной частоты на всех 8 выходах полукомплектов «А» и «Б».

7.3.7.4 Результаты поверки считать положительными, если значения уровня второй гармоники основной частоты на всех 8 выходах полукомплектов «А» и «Б» не превышают минус 30 дБ.

7.3.8 Определение максимального разбега сигналов по фазе между выходами

7.3.8.1 Определение максимального разбега сигналов по фазе между выходами провести путем с помощью частотомера универсального CNT-90 в соответствии с рисунком 5.

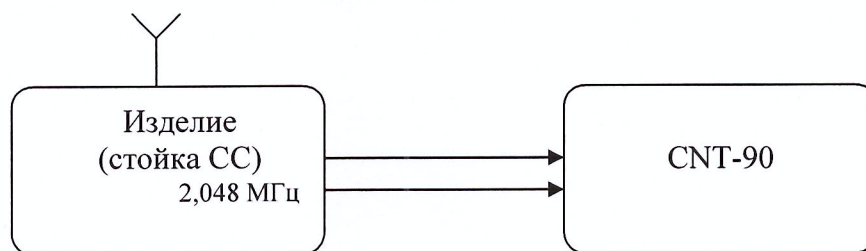


Рисунок 5

7.3.8.2 Ко входам «А» и «В» частотомера универсального CNT-90 подключить соединители « $\odot$ 2,048 МГц» любого выхода «1» - «8» полукомплекта «А» и любого выхода «1» - «8» полукомплекта «Б» блока БСС СС и измерить разбег по фазе между гармоническими сигналами 2,048 МГц.

7.3.8.3 Результаты поверки считать положительными, если значение максимального разбега сигналов по фазе между выходами не более 15 градусов.

7.3.9 Определение средней квадратической инструментальной погрешности привязки шкалы времени по сигналам КНС ГЛОНАСС

7.3.9.1 Соединить изделие со средствами измерений в соответствии с рисунком 6.

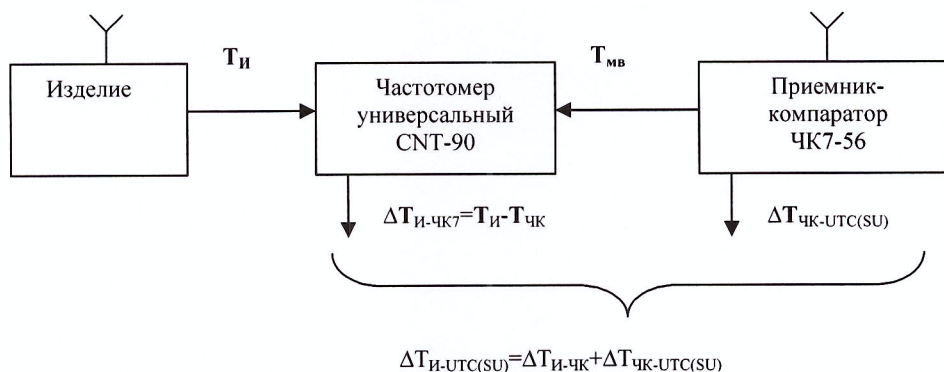


Рисунок 6

7.3.9.2 Установить в исходное состояние и включить изделие в соответствии с руководством по эксплуатации ИТБС.461211.018-02 РЭ.

7.3.9.3 Прогреть изделие в течении 2 часов.

7.3.9.4 Включить и подготовить к работе приемник-компаратор ЧК7-56 в соответствии с п. 7.3 руководства по эксплуатации ЯНТИ.411146.034.

7.3.9.5 Включить частотомера универсального CNT-90 в режим измерения интервалов времени в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

На вход «В» частотомера подать сигнал частотой 1 Гц с выхода «S» приемника-компаратора ЧК7-56, вход А частотомера соединить с розеткой «1 Гц» стойки СС изделия и измерить не менее 1000 значений величины смещения шкалы времени изделия со шкалой времени ЧК7-56.

7.3.9.6 Вычислить значение ∂T_i смещений шкалы времени изделия (T_{μ}) относительно шкалы времени UTC (SU):

$$\partial T_i = \Delta T_{И-UTC(SU)}^i = \Delta T_{И-ЧК7}^i + \Delta T_{ЧК7-UTC(SU)}, \quad (3)$$

где $\Delta T_{ЧК7-UTC(SU)}$ – смещение шкалы времени ЧК7-56 относительно национальной шкалы времени UTC(SU) (± 50 нс);

$\Delta T_{И-ЧК7}^i$ – смещение шкалы времени изделия относительно шкалы времени ЧК7-56.

7.3.9.7 Вычислить среднее значение $\partial \bar{T}$ и среднюю квадратическую инструментальную погрешность привязки шкалы времени по сигналам КНС ГЛОНАСС:

$$\partial \bar{T} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \partial T_i; \quad S_T = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\partial T_i - \partial \bar{T})^2}. \quad (4)$$

где N – количество проведенных измерений.

7.3.9.8 Результаты поверки считать положительными, если значение средней квадратической инструментальной погрешности привязки шкалы времени по сигналам КНС ГЛОНАСС не превышает 200 нс.

8 Оформление результатов поверки

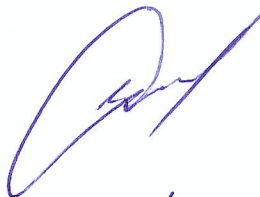
8.1 При положительных результатах поверки на изделие оформляется свидетельство о поверке, знак поверки наносится на лицевую панель стойки СС в виде наклейки и в свидетельство о поверке в виде оттиска клейма.

8.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

8.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемое изделие к дальнейшему применению не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Младший научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



И.А. Дрига



А.Н.Федин