



ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,  
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ»  
(ФБУ «РОСТЕСТ – МОСКВА»)

**УТВЕРЖДАЮ**

**Зам. Генерального**

**директора**

**ФБУ «Ростест-Москва»**

**Е. В. Морин**



19 октября 2014 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**ГСИ Стандарты частоты и времени рубидиевые**

**Ч1–1020, Ч1–1020/1, Ч1–1020/2**

**Методика поверки**

**МП РТ № 2222/441-2014**

*н.р. 60520-15*

**Москва**

**2014**

Настоящая методика поверки распространяется на стандарты частоты и времени рубидиевые Ч1–1020, Ч1–1020/1, Ч1–1020/2 и устанавливает порядок первичной и периодической поверок

Порядок организации и проведения поверки должен соответствовать установленному в ПР 50.2.006.

Поверитель, непосредственно осуществляющий поверку, должен быть аттестован на право проведения поверки средств измерений в соответствии с требованиями ПР 50.2.012.

Интервал между поверками – 1 год.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны проводиться операции и применяться средства поверки, указанные в таблице 1.

При поверке стандартов Ч1-1020 проводятся операции по п.п. 1 – 15; стандартов частоты Ч1-1020/1 по п.п. 1 – 9, 12; стандартов Ч1-1020/2 по п.п. 1 – 7, 12.

Таблица 1 - Операции поверки

№	Наименование Операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	Внешний осмотр	7.1.2	да	да
2	Опробование	7.1.3	да	да
	Проверка метрологических характеристик прибора:	7.1.4	да	да
3	– номинальных значений частот выходных синусоидальных сигналов с частотой 10 и 5 МГц; (2,048 и 10,24 МГц); импульсных сигналов с периодом 1 с	7.1.4.1	да	да
4	– среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов 10 МГц и 5 МГц, – амплитудного значения сигналов 2,048 и 10,24 МГц	7.1.4.2	да	да
			да	нет
5	– параметров импульсных сигналов с периодом следования импульсов 1 с	7.1.4.3	да	нет
6	– нестабильности частоты (среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты за времена измерения 1 с, 10 с, 100 с и 1 сут и среднеквадратического относительного отклонения частоты за времена измерения 1 с, 10 с, и 100 с) выходного сигнала 10 или 5 МГц при изменении температуры окружающей среды в пределах $\pm 1$ °С	7.1.4.4	да	да

Продолжение таблицы 1

№	Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
7	– среднего систематического относительного изменения частоты выходного сигнала 10 МГц или 5 МГц в автономном режиме за 1 сут и относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 МГц или 5 МГц	7.1.4.5	да	да
8	- относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 МГц или 5 МГц при времени измерения 1 ч и времени наблюдения 1 сут для прибора при работе в режиме синхронизации по внешнему сигналу с периодом 1 с от водородного стандарта частоты	7.1.4.6	да	нет
9	- относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 МГц или 5 МГц и нахождение в допуске шкалы времени в режиме синхронизации по ГНСС при времени измерения 1 ч и времени наблюдения 1 сутки	7.1.4.7	да	да
10	– допускаемого отклонения частоты сигнала, измеряемого встроенным компаратором частотным, от частоты опорного сигнала и систематической составляющей погрешности, вносимой встроенным компаратором частотным	7.1.4.8	да	нет
11	– случайных составляющих погрешностей, вносимых встроенным компаратором частотным (среднеквадратического относительного отклонения частоты и среднеквадратического случайного относительного двухвыборочного отклонения частоты) за время измерения 1 с, 10 с и 100 с	7.1.4.9	да	да
12	- погрешности синхронизации шкалы времени прибора;	7.1.4.10	да	нет
13	- случайной составляющей погрешности измерения разности шкал времени встроенным измерителем временных интервалов (ИВИ)	7.1.4.11	да	нет
14	- погрешности измерения разности шкал времени встроенным ИВИ	7.1.4.12	да	нет

Продолжение таблицы 1

№	Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
15	- погрешности определения расхождения шкалы времени контролируемого прибора и шкалы времени UTC(SU) встроенным ИВИ в режиме непрерывной синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС и GPS, погрешности определения расхождения шкалы времени контролируемого прибора и шкалы времени UTC(SU) встроенным ИВИ после синхронизации ИВИ шкалой времени UTC(SU) за вычетом задержек в антенном тракте и приемнике на интервале наблюдения 10 минут	7.1.4.13	да	нет
16	Оформление результатов поверки	7.1.4.14	да	да

Примечание: Поверку прекращают при получении отрицательного результата любой отдельной операции.

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки по каждому пункту методики поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Средства поверки. Основные требуемые технические характеристики

№	Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Рекомендуемое средство поверки (наименование, тип)	Основные требуемые технические характеристики средства поверки
1	2	3	4	5
1	Внешний осмотр	7.1.2	-	-
2	Опробование	7.1.3	-	-
3	Проверка метрологических характеристик прибора:	7.1.4		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	– номинальных значений частот выходных синусоидальных сигналов 10 (5) МГц, импульсных сигналов с периодом 1 с	7.1.4.1	Стандарт частоты и времени водородный Ч1–76А  Частотомер универсальный CNT–90	Относительная погрешность по частоте $\pm 1,5 \cdot 10^{-12}$ за 12 мес; нестабильность частоты выходного сигнала за время измерения: 1с - $1,5 \cdot 10^{-12}$ ; 10 с - $5 \cdot 10^{-13}$ ; 100 с - $2 \cdot 10^{-13}$ ; 1 час - $3 \cdot 10^{-14}$ ; 1 сут - $1 \cdot 10^{-14}$ частоты измеряемых сигналов 1 Гц, 1 МГц, 2,048 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 10,24 МГц, предел разрешающей способности измерения интервалов времени 100 пс
	– среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов 10 (5) МГц и амплитудного значения сигналов (2,048; 10,24) МГц	7.1.4.2	Осциллограф цифровой MSO 6104A	Абсолютная погрешность курсорных измерений в канале вертикального отклонения от полной шкалы (8 делений): $\pm 0,096$ В при установленном коэффициенте отклонения 0,5 В/дел; $\pm (0,000015 \cdot T_{изм} + 0,002 \cdot T + 20 \text{ пс})$ ; $T_{изм}$ – величина измеренного интервала времени, с, T – величина, численно равная умноженному на 10 установленному коэффициенту развертки, с
	– параметров импульсных сигналов с периодом следования импульсов 1 с	7.1.4.3		
	– нестабильности частоты (среднеквадратического случайного отклонения частоты) выходного сигнала частотой 10 (5) МГц при изменении температуры окружающей среды в пределах $\pm 1$ °С за время измерения 1 с, 10 с и 100 с и 1 сут	7.1.4.4	Стандарт частоты и времени водородный Ч1–76А	Относительная погрешность по частоте $\pm 1,5 \cdot 10^{-12}$ за 12 мес; нестабильность частоты выходного сигнала за время измерения:

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	– нестабильности частоты (средне-квадратического случайного отклонения частоты) выходного сигнала частотой 10 (5) МГц при изменении температуры окружающей среды в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$ за время измерения 1 с, 10 с и 100 с и 1 сут	7.1.4.4	Блок компараторов фазовых Ч7–48	1 с - $1,5 \cdot 10^{-12}$ ; 10 с - $5 \cdot 10^{-13}$ ; 100 с - $2 \cdot 10^{-13}$ ; 1 час - $3 \cdot 10^{-14}$ ; 1 сут - $1 \cdot 10^{-14}$ Основная погрешность вносимая (СКО) за время измерения:
	– среднего систематического отклонения частоты выходного сигнала 10 (5) МГц в автономном режиме за 1 сут и относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 (5) МГц	7.1.4.5		1 с - $2 \cdot 10^{-13}$ ; 10 с - $4 \cdot 10^{-14}$ ; 100 с - $5 \cdot 10^{-15}$ ; 1 час - $6 \cdot 10^{-16}$ ; 1 сут - $1 \cdot 10^{-16}$
	– относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 (5) МГц за 1 сут для прибора при работе в режиме синхронизации по внешнему сигналу с периодом 1 с от водородного стандарта частоты	7.1.4.6	Частотомер универсальный CNT–90  ПС-161	частоты измеряемых сигналов 1 Гц, 1 МГц, 2,048 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 10,24 МГц, предел разрешающей способности измерения интервалов времени 100 пс Предельная погрешность синхронизации формируемой шкалы времени с UTC(SU) 100 нс
	- относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 (5) МГц и нахождение в допуске шкалы времени в режиме синхронизации по сигналу с периодом 1 с от встроенного приёмника ГНСС	7.1.4.7		
	– допускаемого отклонения частоты сигнала, измеряемого встроенным компаратором частотным, от частоты опорного сигнала и систематической составляющей погрешности, вносимой встроенным компаратором частотным	7.1.4.8	Генератор сигналов сложной формы AFG–3252	Частота выходного сигнала 1 МГц $\pm 1$ Гц, относительная погрешность частоты с внешней опорой не более $1 \cdot 10^{-9}$ за 1 год

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	– случайных составляющих погрешностей, вносимых встроенным компаратором частотным (среднеквадратического относительного отклонения частоты и среднеквадратического случайного относительного двухвыборочного отклонения частоты) за время измерения 1 с, 10 с и 100 с	7.1.4.9		Частота выходного сигнала Ч1-1020 10 МГц. Погрешности стандарта частоты рубидиевого не вносят погрешности в определение погрешностей компаратора частотного так как подключается один сигнал на оба входа компаратора частотного
	- погрешности синхронизации шкалы времени прибора	7.1.4.10	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-76А  Частотомер универсальный CNT-90	Нестабильность частоты выходного сигнала за время измерения 1с - $1,5 \cdot 10^{-12}$ ; частота измеряемого сигнала 1 Гц, предел разрешающей способности измерения интервалов времени 100 пс
	- случайной составляющей погрешности измерения разности шкал времени встроенным измерителем временных интервалов (ИВИ)	1.5.4.11		Сигнал с периодом 1с, формируемый Ч1-1020.
	- погрешности измерения разности шкал времени встроенным ИВИ	1.5.4.12	Стандарт частоты и времени рубидиевый Ч1-69 Частотомер универсальный CNT-90	$\pm 3,6 \cdot 10^{-10}$ за год СКО $2 \cdot 10^{-11}$ за 1 с СКО $1 \cdot 10^{-11}$ за 10 с  частота измеряемого сигнала 1 Гц, предел разрешающей способности измерения интервалов времени 100 пс

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	- погрешности определения расхождения шкалы времени контролируемого прибора и шкалы времени UTC(SU) встроенным ИВИ в режиме непрерывной синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС и GPS, погрешности определения расхождения шкалы времени контролируемого прибора и шкалы времени UTC(SU) встроенным ИВИ после синхронизации ИВИ шкалой времени UTC(SU) за вычетом задержек в антенном тракте и приемнике на интервале наблюдения 10 минут	7.1.4.13	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-76А  Частотомер универсальный CNT-90  Приёмник навигационный ПС-161	Нестабильность частоты выходного сигнала за время измерения 1с - $1,5 \cdot 10^{-12}$ ;  частота измеряемого сигнала 1 Гц, предел разрешающей способности измерения интервалов времени 100 пс  Предельная погрешность синхронизации формируемой шкалы времени с UTC(SU) 100 нс

Примечания:

1 При проведении поверки могут быть применены другие средства измерений (СИ), обеспечивающие измерение параметров с соотношением 1/3 эталонной и поверяемой погрешности.

2 Все средства поверки должны быть исправны и поверены в установленном порядке.

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.3, "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей", "Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок" ПОТ РМ-016 (РД 153-34.0-03.150), а также требования безопасности на средства поверки, изложенные в их руководствах по эксплуатации.

4.2 Эталонные средства измерений, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.007.3, ГОСТ 12.2.007.7.

4.3 К работе с прибором допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электро и радиоизмерительными приборами.



4.4 Перед началом работы с прибором необходимо изучить Руководство по эксплуатации, ознакомиться с конструкцией прибора. При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, изложенные в разделе 3 настоящего руководства по эксплуатации.

4.5 До включения вилки кабеля сетевого в сеть необходимо заземлить контакт защитного заземления. Отсоединение контакта защитного заземления производить после отсоединения кабеля сетевого от прибора.

## **5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ**

5.1 Поверка проводится в нормальных условиях измерений, определяемых ГОСТ 8.395-80. При проведении операций поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающей среды, °С	$20 \pm 5$ ;
относительная влажность воздуха, %	30–80;
атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	84–106,7 (630–800);
напряжение питающей сети, В	$220 \pm 4,4$
частота и гармоники промышленной сети	по ГОСТ 13109

## **6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

6.1 Подготовить прибор к поверке в соответствии с разделами 3, 5.4 и 6.3 Руководства по эксплуатации.

## **7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

7.1 Поверка прибора проводится в соответствии с перечнем и последовательностью операций, приведенных в таблице 1. Допускается объединять проведение проверок метрологических характеристик по п.п. 7.1.4.4-7.1.4.6.

7.1.1 Проверяют целостность корпусов и отсутствие видимых повреждений измерительных компонентов, наличие поверительных пломб и клейм.

Перед определением основных метрологических характеристик - погрешностей и нестабильностей частот стандарта частоты и времени Ч1-1020 определить погрешность по частоте в соответствие с п. 7.5.4.5 при времени измерения 100 с и числе измерений  $N = 10$ , записать в протокол измеренное значение относительного отклонения частоты и значение кода корректора частоты при поступлении в поверку.

Если полученное значение относительной погрешности по частоте выходит за пределы  $\pm 3 \cdot 10^{-11}$ , то следует произвести корректировку частоты стандарта в соответствие с

разделом 6.5.3. При завершении поверки при необходимости повторить корректировку частоты для установки относительного отклонения частоты в пределы допуска при выпуске из поверки и записать в протокол измеренное значение и значение кодового числа при выпуске из поверки.

7.1.2 При проведении внешнего осмотра необходимо установить соответствие прибора следующим требованиям:

комплектность прибора должна соответствовать таблице 4.2 Руководства по эксплуатации (РЭ);

соответствие внешнего вида прибора требованиям раздела 5.3.1 РЭ.

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

7.1.3 Опробование прибора проводят в соответствии с разделом 6.4.1 настоящего руководства для оценки его исправности без применения средств поверки. Неисправные приборы бракуются и направляются в ремонт.

7.1.4 Проверка метрологических характеристик прибора

7.1.4.1 Проверку номинальных значений частот выходных синусоидальных сигналов с частотами 5 МГц и 10 МГц (для комплектации с усилителем МУ-3 – периодических немодулированных сигналов с частотами 2,048 МГц и 10,24 МГц) и импульсного сигнала с периодом 1 с проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.1.

Включают и прогревают частотомер универсальный CNT-90 (в соответствии с Руководством по эксплуатации на CNT-90) с подключённым сигналом внешней опорной частоты от стандарта частоты и времени водородного Ч1-76А.

Устанавливают в частотомере универсальном CNT-90 режим измерения частоты, открытый вход, порог срабатывания для входного сигнала 0,5 В положительной полярности, сопротивление входа 50 Ом. Проводят измерение частот сигналов 10 (5) МГц (для комплектации с усилителем МУ-3 – частот 2,048 МГц и 10,24 МГц) для каждого из выходов.

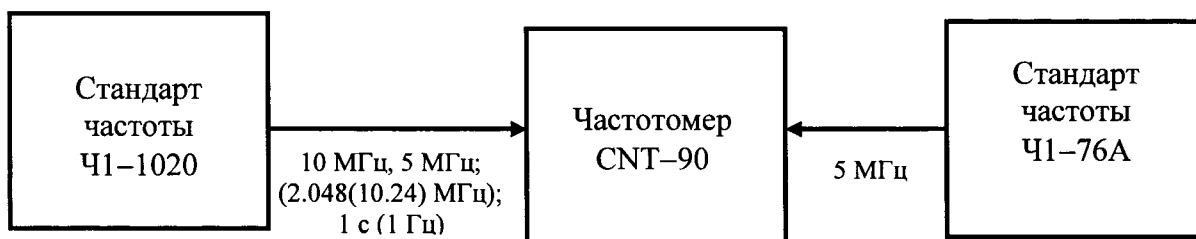


Рисунок 7.1 – Проверка частот выходных синусоидальных сигналов 10 МГц и 5 МГц, периодических немодулированных сигналов 2.048 МГц и 10.24 МГц и импульсного сигнала с периодом 1 с

Для определения периода импульсного сигнала 1 с устанавливают в частотомере универсальном CNT-90 режим измерения периода, открытый вход, порог срабатывания для входного сигнала 1,5 В положительной полярности, сопротивление входа 50 Ом. Проводят измерение периода сигнала для каждого из выходов.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если измеренное значение частоты соответствует номинальному с абсолютной погрешностью  $\pm 1$  Гц для сигнала с частотой 10 (5) МГц, и период следования импульсного сигнала с периодом 1 с равен  $(1 \pm 1 \cdot 10^{-6})$  с.

7.1.4.2 Проверку среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов 10 (5) МГц и амплитудного значения напряжения сигналов 2,048(10,24) МГц проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.2 путем измерения напряжения на выходах 10 МГц (5 МГц) и 2.048(10.24) МГц прибора цифровым осциллографом MSO6104A на нагрузке  $50 \pm 2$  Ом и  $75 \pm 5$  Ом соответственно.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученные значения напряжения выходных сигналов с частотами 10 (5) МГц находятся в пределах  $(1,0 \pm 0,2)$  В, а амплитудные значения напряжения сигналов с частотами 2,048 МГц и 10,24 МГц на-

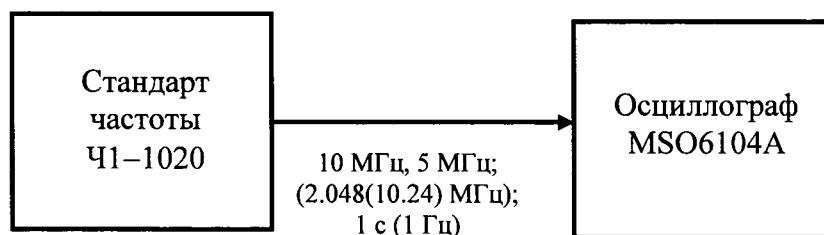


Рисунок 7.2 – Проверка среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов 10 МГц (5 МГц), пределов амплитудного значения напряжения выходных сигналов 2,048МГц(10,24 МГц) и параметров импульсных сигналов шкалы времени 1 с. ходятся в пределах  $\pm(1,2 \pm 0,12)$  В.

7.1.4.3 Проверку параметров импульсных сигналов шкалы времени 1 с проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.2.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если измеренные значения длительности импульса составляют 10–50 мкс, длительности фронта импульсов составляют не более 100 нс, амплитуда импульсов не менее 2,5 В.

7.1.4.4 Проверку нестабильности частоты (среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты и среднеквадратического относительного отклонения частоты) выходного сигнала с частотой 10 (или 5) МГц при изменении окружающей

температуры  $\pm 1^\circ\text{C}$  за время измерения 1 с, 10 с, 100 с и 1 сут проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.3.

Включают и прогревают частотомер универсальный CNT-90 (в соответствии с Руководством по эксплуатации на CNT-90) с подключённой внешней частотой в качестве опорной от стандарта частоты и времени водородного Ч1-76А.

Устанавливают в частотомере универсальном CNT-90 режим измерения интервала времени, открытый вход, порог срабатывания для входного сигнала 0,5 В положительной полярности, сопротивление входа 50 Ом.

На входы одного из каналов блока компараторов фазовых Ч7-48 подают сигналы 10 (5) МГц от прибора и 5 МГц от стандарта частоты Ч1-76А. Выход “1 Гц +  $\Delta f$ ” подключают к вход “Старт” частотомера универсального CNT-90, выход “1 Гц” стандарта частоты Ч1-76А к входу “Стоп” частотомера универсального CNT-90.

Среднеквадратическое относительное двухвыборочное отклонение частоты (СКДО) сигнала 10 или 5 МГц за время измерения  $\tau = 1\text{ с}, 10\text{ с}, 100\text{ с}$  и 1 ч определяют по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \left[ \frac{\Delta f_{i+1}}{f_0} - \frac{\Delta f_i}{f_0} \right]^2},$$

где  $N \geq 30$  для интервала измерения  $\tau = 1\text{ с}, 10\text{ с}$ , и  $N \geq 10$  для интервала измерения  $\tau = 100\text{ с}, 1\text{ сут}$ ;

$\frac{\Delta f_i}{f_0} = \frac{T_{i+1} - T_i}{M\tau}$  – относительная средняя разность частот за  $i$ -ое измерение;

$T_{i+1}, T_i$  – результаты измерения интервала времени в конце и в начале  $i$ -го интервала измерения в секундах;

$M$  – коэффициент умножения блока компараторов фазовых Ч7-48, равный  $10^4$ .

Среднеквадратическое относительное отклонение частоты (СКО) сигнала 10 (5) МГц за время измерения  $\tau = 1\text{ с}, 10\text{ с}$  и 100 с определяют по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\Delta f_{i+1}}{f_0} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{\Delta f_i}{f_0} \right) \right]^2},$$

где  $N \geq 30$  для интервала измерения  $\tau = 1\text{ с}, 10\text{ с}$ ;

где  $N \geq 10$  для интервала измерения  $\tau = 100\text{ с}, 1\text{ сут}$ ;

$\frac{\Delta f_i}{f_0} = \frac{T_{i+1} - T_i}{M\tau}$  – относительная средняя разность частот за  $i$ -ое измерение;

$T_{i+1}, T_i$  – результаты измерения интервала времени в конце и в начале  $i$ -го интервала измерения в секундах;

$M$  – коэффициент умножения блока компараторов фазовых Ч7-48, равный  $10^4$ .

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученные значения среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты и среднеквадратического относительного отклонения частоты (СКДО и СКО) сигнала с частотой 10 (5) МГц не превышает  $1,4 \cdot 10^{-11}$  за время измерения 1 с;  $5 \cdot 10^{-12}$  за время измерения 10 с;  $3 \cdot 10^{-12}$  за время измерения 100 с;  $3 \cdot 10^{-12}$  за время измерения 1 сут.

При нахождении в допуске указанных метрологических характеристик выходного сигнала 10 (5) МГц, метрологические характеристики за время измерения 1 час, а также заданные метрологические характеристики для сигналов (2,048; 10,24) МГц находятся в допуске, так как обеспечиваются принципом работы и конструкцией прибора и подтверждены результатами испытания в целях утверждения типа.

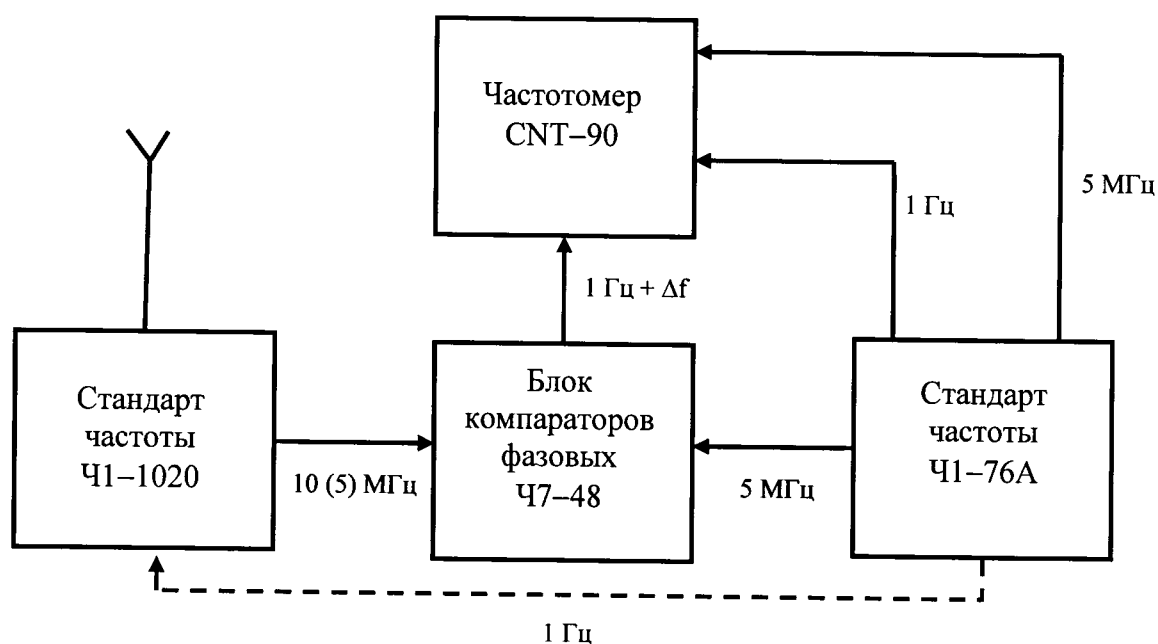


Рисунок 7.3 – Проверка среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты и среднеквадратического относительного отклонения частоты (СКДО и СКО) сигнала 10 МГц при изменении окружающей температуры  $\pm 1^\circ\text{C}$  за время измерения 1 с, 10 с, 100 с, 1 сут; среднего систематического относительного изменения частоты выходного сигнала 10 МГц в автономном режиме за 1 сут; относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 МГц за 1 сут при работе в режиме синхронизации по внешнему сигналу с периодом 1 с, при работе в режиме синхронизации по сигналу с периодом 1с от встроенного приёмника ГНСС, относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 МГц.

7.1.4.5 Проверку среднего систематического относительного изменения частоты выходного сигнала 10 (5) МГц в автономном режиме за 1 сут и относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 (5) МГц проводят при подключении приборов со-

гласно схеме, приведенной на рисунке 7.3 с отключенным приёмником ГНСС (тумблер поз.16 на рис.6.2 а) в положении «ВЫКЛ»).

По результатам измерений среднего значения относительной разности частот прибора и стандарта частоты и времени Ч1–76А за каждый день вычисляют среднее относительное изменение частоты за сутки  $\nu$  по формуле

$$\nu = \frac{6}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{2i}{n+1} - 1 \right) \cdot \frac{\overline{\Delta f_i}}{f_0},$$

где  $n \geq 10$ ,  $\frac{\overline{\Delta f_i}}{f_0}$  – средняя относительная разность частот за  $i$ -ый день.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученное значение относительного изменения частоты выходного сигнала 10 (5) МГц в автономном режиме за 1 сут не выходит за пределы  $\pm 2 \cdot 10^{-12}$ .

В случае неудовлетворительного результата измерения могут быть продолжены до 30 сут.

Относительную погрешность по частоте выходного сигнала 10 (5) МГц определяют по результатам измерений среднего значения относительной разности частот  $\frac{\overline{\Delta f_i}}{f_0}$  прибора и стандарта частоты и времени Ч1–76А как среднее значение за последние сутки измерений. Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученное значение средней относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 (5) МГц не превышает  $\pm 3 \cdot 10^{-11}$ . Если полученное значение относительной погрешности по частоте выходит за пределы  $\pm 3 \cdot 10^{-11}$ , то следует произвести корректировку частоты стандарта в соответствии с разделом 6.5.3 и провести измерения относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 (5) МГц с временем измерения 100 с, числе измерений 10. Полученное в результате корректировки и измерения значение средней относительной погрешности по частоте и значение кода частоты (раздел 6.5.3, рис. 6.7) записывает в протокол и свидетельство о поверке, которые метролог пользователя записывает в таблицу 12 раздела 15 формуляра ТСАБ.411653.003 ФО.

7.5.4.6 Проверку относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 (5) МГц за 1 сут для прибора при работе в режиме синхронизации по сигналу с периодом 1 с от водородного стандарта частоты проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.3.

Отключают встроенный приемник и ко входу “1С (1 pps)” прибора подключают выход “1 Гц” стандарта частоты Ч1–76А.

Проводят измерение фаз сигналов 10 (5) МГц каждый час в течении суток.

По результатам часовых измерений рассчитывают среднюю относительную разность частот выходного сигнала 10 МГц прибора и стандарта частоты Ч1–76А за 1 ч по формуле

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{T_1 - T_0}{M \cdot 3600},$$

где  $T_1$  и  $T_0$  – значения фаз сигналов 10 (5) МГц в конце и в начале каждого часа в секундах, измеренные частотомером универсальным CNT–90,  $M$  – коэффициент умножения блока компараторов фазовых Ч7–48, равный  $10^4$ .

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученные значения средней относительной разности частот выходного сигнала 10 МГц прибора и стандарта частоты Ч1–76А за каждый час на интервале времени 1 сут находятся в пределах  $\pm 5 \cdot 10^{-12}$ .

7.1.4.7 Проверку пределов относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 (5) МГц за 1 сут при работе в режиме синхронизации по сигналу с периодом 1 с от встроенного приёмника ГНСС проводят при подключении приборов согласно схеме, приведённой на рисунке 7.3 с включенным приёмником ГНСС (тумблер поз.16 на рис. 6.2 а) в положении «ВКЛ»), проверку нахождения в допуске шкалы времени в режиме синхронизации по сигналу с периодом 1 с от встроенного приёмника ГНСС проводят при подключении приборов согласно схеме, приведённой на рисунке 7.4

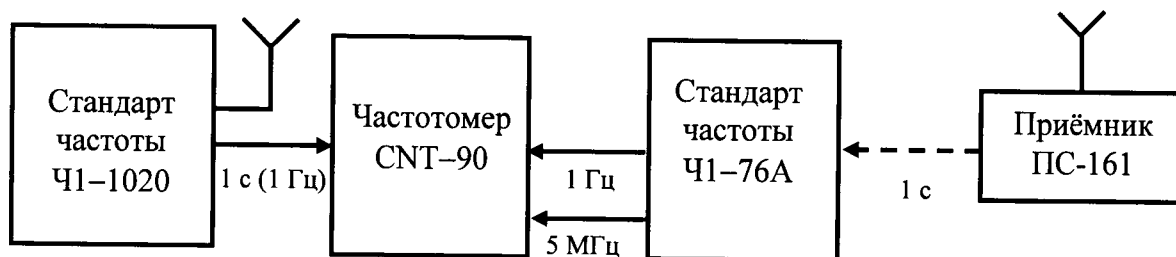


Рисунок 7.4 – Проверка нахождения в допуске шкалы времени в режиме синхронизации по сигналу с периодом 1с от встроенного приёмника ГНСС

До начала измерений не менее чем за 1 сутки включают встроенный приёмник ГНСС и контролируют прохождение корректировки частоты прибора по приёмнику ГНСС. Перед измерениями производят синхронизацию шкалы времени прибора по сигналу от встроенного приёмника ГНСС, согласно описанному в разделе 6.5.4.

Проводят измерения значения фаз сигналов 10 (5) МГц каждый час в течении суток.

По результатам часовых измерений рассчитывают среднюю относительную разность частот выходного сигнала 10 (5) МГц прибора и стандарта частоты Ч1–76А за 1 ч по формуле


$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{T_1 - T_0}{M \cdot 3600},$$

где  $T_1$  и  $T_0$  – значения фаз сигналов 10 (5) МГц в конце и в начале каждого часа в секундах, измеренные частотомером универсальным CNT–90,  $M$  – коэффициент умножения блока компараторов фазовых Ч7–48, равный  $10^4$ .

Результаты проверки относительной погрешности по частоте считают удовлетворительными, если полученные значения средней относительной разности частот выходного сигнала 10 МГц прибора и стандарта частоты Ч1–76А за каждый час на интервале времени 1 сут находятся в пределах  $\pm 3 \cdot 10^{-11}$ .

Для проверки нахождения в допуске шкалы времени проводят измерения с временем измерения 1 ч на интервале наблюдения 1 сут, предварительно выполнив синхронизацию стандарта частоты и времени Ч1–76А сигналом 1 с от приёмника ПС–161 и синхронизацию шкалы времени стандарта Ч1–1020 по встроенному приёмнику ГНСС в соответствии с разделом 6.5.4. С индикаторного табло частотомера CNT–90 снимают показания интервала времени  $T_0$  в секундах. Через каждый час (интервалы времени измерения  $\tau = 3600$  с) в течение 1 суток проводят измерения и определяют величины  $T_i$ . Определяют средние за час ( $\tau = 3600$  с) отклонения шкалы времени  $T_i - T_0$ , и среднее за сутки ( $t = 24\tau$ ) отклонение шкалы времени  $T_{\text{сут}} - T_0$ .

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученные отклонения шкалы времени за время измерения 1 ч в течение одних суток и среднее отклонение шкалы времени за 1 сут находятся в пределах  $\pm 1$  мкс.

7.1.4.8 Определение максимального отклонения частоты измеряемого сигнала от частоты опорного сигнала и систематических составляющих погрешностей измерений для встроенного компаратора частотного проводят следующим образом. Подключают стандарт частоты и измерительные приборы согласно схеме, приведенной на рисунке 7.5, высокочастотные кабели подключают к разъёмам “ 10 МГц РСЧ” и “Fх” компаратора частотного, расположенным на задней панели прибора.

На генераторе сигналов сложной формы AFG–3252 устанавливают отклонение частоты выходного сигнала от номинального значения  $\pm 1$  Гц, что составляет относительную разность частот измеряемого сигнала и опорного сигналов  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$  для частоты входного



сигнала 1 МГц, уровнем 1 В. При этом на приборе устанавливают интервал времени измерения 10 с, число измерений  $N = 30$ .

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученное значение относительного отклонения частоты составляет величину  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$  с допуском  $\pm 7 \cdot 10^{-9}$ .

При нахождении в допуске метрологических характеристик выходного сигнала 1 МГц метрологические характеристики для сигналов 5; 10; 2,048 и 10,24 МГц находятся в допуске, так как обеспечиваются принципом работы и конструкцией прибора и подтверждены результатами испытания в целях утверждения типа.



Стандарт частоты и времени Ч1-1020

Рисунок 7.5 – Схема электрическая подключения приборов для определения максимального отклонения частоты измеряемого сигнала от частоты опорного сигнала и пределов допускаемых систематических составляющих погрешностей измерений встроенного компаратора частотного для всего диапазона рабочих частот сигналов (1, 2–ВЧ кабели ТСАБ.685661.002–01).

7.1.4.9 Определение пределов допускаемых случайных составляющих погрешностей измерения относительной разности частот измеряемых сигналов для встроенного компаратора частотного проводят следующим образом. Для определения случайных погрешностей сигналов с частотой 10 МГц с уровнем 1 В стандарт частоты и измерительные приборы подключают согласно схеме, приведенной на рисунке 7.6, высокочастотный кабель подключают к разъемам "10 МГц РСЧ" и "Fx" компаратора частотного, расположенным на задней панели прибора.

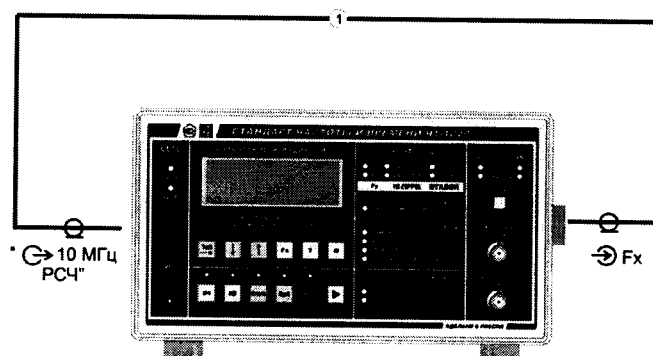
При этом на приборе устанавливают интервал времени измерения 1 с, затем 10 с, число измерений  $N = 30$  и измеряют среднеквадратическое относительное отклонение

(СКО) и среднеквадратическое двухвыборочное отклонение (СКДО) частот входных сигналов.

Повторяют измерения для интервалов времени измерения 100 с при числе измерений  $N = 10$ .

Среднеквадратическое относительное двухвыборочное отклонение частоты (СКДО) сигнала 10 МГц за время измерения  $\tau = 1$  с, 10 с и 100 с определяют по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \left[ \frac{\Delta f_{i+1}}{f_0} - \frac{\Delta f_i}{f_0} \right]^2},$$



Стандарт частоты и времени Ч1-1020

Рисунок 7.6 – Схема электрическая подключения сигналов для определения пределов допускаемых случайных составляющих погрешностей измерения относительной разности частот входных сигналов встроенного компаратора частотного (1 – ВЧ кабель ТСАБ.685661.002–02 ).

Среднеквадратическое относительное отклонение частоты (СКО) сигнала 10 МГц за время измерения  $\tau = 1$  с, 10 с и 100 с определяют по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\Delta f_{i+1}}{f_0} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{\Delta f_i}{f_0} \right) \right]^2},$$

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если полученные значения случайных составляющих погрешностей измерения относительной разности частот входных сигналов не превышают значений, указанных в п. 4.4.19 Руководства по эксплуатации.

При нахождении в пределах допуска метрологических характеристик в режиме измерений компаратором сигнала с частотой 10 МГц для интервалов времени измерения 1 с, 10 с и 100 с, конструкция и принцип работы стандарта частоты обеспечивают заданные метрологические характеристики прибора, подтвержденные результатами испытания в целях утверждения типа, для сигналов с частотой 5, 10 МГц и для интервалов времени измерения 1 с, 10 с, 100 с, 1000 с, 3600 с (1 ч) и 1 сут и для интервалов времени измерения 1 с, 10 с, 100 с, для сигналов с частотами 1; 2,048 и 10,24 МГц.

7.1.4.10 Определение погрешности синхронизации шкалы времени, формируемой прибором, проводят при подключении приборов согласно схеме, приведённой на рис. 7.7

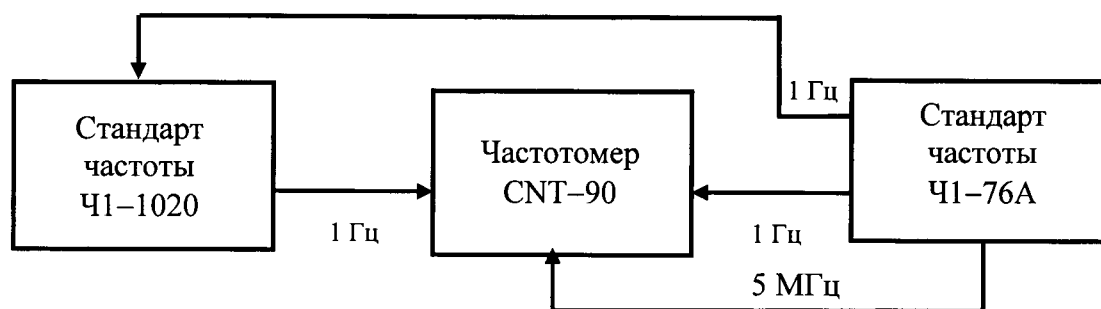


Рисунок 7.7 – Схема электрическая подключения сигналов для измерения погрешности синхронизации шкалы времени Ч1-1020.

Подключить выход 5 МГц опорного стандарта Ч1-76А ко входу внешнего опорного сигнала измерителя CNT-90, работающего в режиме измерения интервалов времени. Выход 1 Гц опорного стандарта подключить к входу СТАРТ измерителя CNT-90. Выход «1 с» испытуемого прибора подключить к входу СТОП измерителя CNT-90. Затем выход 1 Гц опорного стандарта подключить к входу «1С (1 pps)» испытуемого прибора. Провести синхронизацию шкалы времени прибора в соответствии с разделом 6.5.4 «Руководства по эксплуатации». Далее измерить разность шкал между испытуемым прибором и опорным стандартом.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученное значение погрешности синхронизации формируемой шкалы времени не выходит за пределы  $\pm 200$  нс.

7.1.4.11 Проверку пределов случайной составляющей погрешности измерения разности шкал времени встроенным измерителем временных интервалов (ИВИ) проводят при подключении сигналов к прибору согласно схеме, приведённой на рисунке 7.8



Рисунок 7.8 – Схема электрическая подключения сигналов для измерения случайной составляющей погрешности измерителя временных интервалов (1-ВЧ кабель ТСАБ.685661.002-02).

Начать работу с прибором через 2 ч после включения.

На вход «Т<sub>х</sub>» измерителя временных интервалов с выхода прибора «1 с» подают сигнал с периодом 1 с и проводят измерения разности шкал времени с интервалом 1 с.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученные значения разностей показаний не выходят на пределы  $\pm 10$  нс.

7.1.4.12 Проверку погрешности измерения разности шкал времени встроенным измерителем временных интервалов проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.9 следующим образом. Сигнал 1с с выхода «S» стандарта частоты Ч1–69 подключают на вход «Т<sub>х</sub>» ИВИ и производят синхронизацию встроенного измерителя временных интервалов ИВИ согласно п. 6.7 «Руководства по эксплуатации». Затем сигнал 1с с выхода «S» стандарта частоты Ч1–69 отключают от входа «Т<sub>х</sub>» ИВИ и подключают на вход «А» частотомера. Сигнал 1с с выхода «S с задержкой» стандарта частоты Ч1–69 подключают одновременно на вход «Т<sub>х</sub>» ИВИ и на вход «В» частотомера.

Кодовым переключателем «ЗАДЕРЖКА» в Ч1-69 устанавливают задержки шкалы времени на выходе «S с задержкой» 1 мкс, 100 мкс, 1 мс, 100 мс и 999 мс. Проводят измерения расхождения шкал времени для установленных задержек встроенным ИВИ и частотомером.

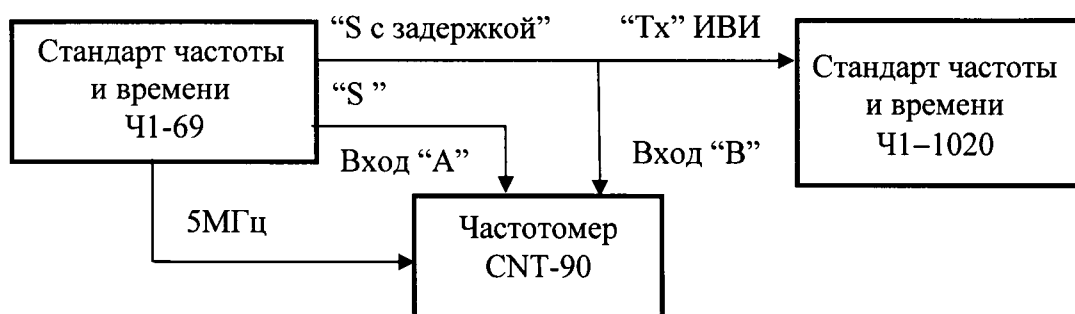


Рисунок 7.9 – Проверка погрешности измерения разности шкал времени встроенным измерителем временных интервалов

Результаты проверки считают удовлетворительными, если измеренные значения расхождения шкал времени соответствуют задержкам, устанавливаемым в Ч1-69 во всех точках измерений в диапазоне от 1,0 мкс до 999000 мкс и расхождение полученных разностей показаний ИВИ и частотомера не выходят за пределы  $\pm 50$  нс

7.1.4.13 Проверку погрешности определения расхождения шкалы времени контролируемого прибора и шкалы времени UTC(SU) встроенным ИВИ в режиме непрерывной синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС и GPS, погрешности определения расхождения шкалы времени контролируемого прибора и шкалы времени UTC(SU) встроенным

ИВИ после синхронизации ИВИ шкалой времени UTC(SU) за вычетом задержек в антенном тракте и приемнике на интервале наблюдения 10 минут проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.10 следующим образом.



Рисунок 7.10 – Проверка погрешности определения расхождения шкалы времени контролируемого прибора и шкалы времени UTC(SU) встроенным ИВИ в режиме непрерывной синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС и GPS и погрешности определения расхождения шкалы времени контролируемого прибора и шкалы времени UTC(SU) встроенным ИВИ после синхронизации ИВИ шкалой времени UTC(SU) за вычетом задержек в антенном тракте и приемнике на интервале наблюдения 10 минут.

Включить встроенный приёмник и начать измерения после синхронизации частоты Ч1-1020 (не ранее, чем через 8 ч после включения прибора).

Произвести синхронизацию шкалы времени стандарта частоты Ч1-76А сигналом UTC(SU), для чего подать сигнал 1 с от приёмника ПС-161 на вход синхронизации Ч1-76А и выполнить действия, согласно «Руководству по эксплуатации» на Ч1-76А. После этого произвести синхронизацию ИВИ в Ч1-1020, для чего подать сигнал 1 с от Ч1-76А на вход «Тх» ИВИ и выполнить синхронизацию согласно п. 6.7 «Руководства по эксплуатации» на Ч1-1020.

С выхода 1 Гц Ч1-76А подать сигнал на вход «А» частотомера. От стандарта частоты и времени Ч1-69 (контролируемый прибор) с выхода «S» подать сигнал 1 с одновременно на вход «В» частотомера и на вход «Тх» ИВИ. В течение 10 минут выполнить не менее 10 измерений частотомером и ИВИ.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если измеренные расхождения полученных разностей показаний ИВИ и частотомера не выходят за пределы  $\pm 150$  нс

При получении положительных результатов по этому виду проверки и по п.7.5.4.7 проверка погрешности определения расхождения шкалы времени контролируемого прибора и шкалы времени UTC(SU) встроенным ИВИ в режиме непрерывной синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС и GPS не проводится, положительные результаты проверки определяется конструкцией, принципом работы прибора и подтверждены результатами испытаний для целей утверждения типа СИ.

## **8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ**

7.6.1 Результаты поверки оформляют в порядке, установленном метрологической службой, осуществляющей поверку в соответствии с ПР 50.2.006.

7.6.2 Положительные результаты поверки оформляют свидетельством о поверке прибора в соответствии с ПР 50.2.006.

После проведения поверки на основании свидетельства и протокола поверки - результат поверки заносят в раздел 16 формуляра ТСАБ.411653.003ФО.

7.6.3 В случае отрицательных результатов поверки выпуск прибора в обращение и применение запрещается. При этом на прибор выдается извещение о непригодности его к применению с указанием причин.

7.6.4 Приборы, пригодные к восстановлению, направляют в ремонт, а приборы, не подлежащие ремонту, изымают из обращения и эксплуатации.

После ремонта приборы подлежат первичной поверке.

Начальник лаборатории 441  
ГЦИ СИ ФБУ "Ростест-Москва"



С.Э. Баринов