

СОГЛАСОВАНО

**Начальник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России**



Т.Ф. Мамлеев

2025 г.

М.П.

Государственная система обеспечения единства измерений

Стандарты частоты и времени водородные VCH-1008M

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ЯКУР.411141.058МП**

2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки средства измерений	3
3 Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	6
5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	6
6 Требования к условиям проведения поверки	6
7 Внешний осмотр средства измерений	6
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	6
9 Проверка программного обеспечения средства измерений	7
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	7
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11
12 Оформление результатов поверки	14

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки стандартов частоты и времени водородных VCH-1008M (далее – стандарты), используемых в качестве рабочих эталонов в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические характеристики:

- пределы допускаемой основной относительной погрешности по частоте в пределах от $\pm 1,0 \cdot 10^{-13}$ до $\pm 1,0 \cdot 10^{-11}$.

1.2 Поверяемые стандарты имеют прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ1-2022 в соответствии с Государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты».

1.3 При определении метрологических характеристик поверяемых стандартов используются методы прямых измерений частоты и интервалов времени, а также метод измерения частоты с использованием компаратора.

1.4 Сокращенная поверка стандартов невозможна.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Для поверки стандартов, должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
1 Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8		
2.1 Подготовка к поверке	8.1	да	да
2.2 Опробование	8.2	да	да
3 Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	да
4 Определение метрологических характеристик средства измерений	10		
4.1 Определение номинальных значений частот выходных синусоидальных и импульсных сигналов	10.1	да	да
4.2 Определение среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов 5; 10; 100 МГц, уровня напряжения выходного импульсного сигнала частотой 2,048 МГц и параметров импульсных сигналов 1 Гц (полярность, амплитуда, длительность импульсов, время нарастания фронта импульсов)	10.2	да	да
4.3 Определение основной относительной погрешности по частоте (в отсутствии приема сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) ГЛОНАСС/GPS) при выпуске из производства (на интервале между поверками)	10.3	да	да
4.4 Определение среднего относительного изменения частоты за 1 сутки на интервале времени 10 суток в режиме хранения	10.4	да	да
4.5 Определение относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению	10.5	да	да

1	2	3	4
4.6 Определение среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты выходного сигнала 5 МГц в режиме хранения	10.6	да	да
4.7 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов в спектре выходного сигнала 5 МГц в одной боковой полосе	10.7	да	да
4.8 Определение уровня гармонических и негармонических составляющих в спектре выходного сигнала 5 МГц	10.8	да	да
4.9 Определение диапазона коррекции частоты при разрешающей способности коррекции частоты $\pm 1,0 \cdot 10^{-15}$	10.9	да	да
4.10 Определение основной относительной погрешности по частоте в режиме слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS на интервале времени 1 сутки (после 10 суток непрерывной работы, для модификации ЯКУР.411141.058)	10.10	да	да
4.11 Определение абсолютной погрешности формирования шкалы времени относительно шкалы времени UTC(SU) в режиме слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS (для модификации ЯКУР.411141.058)	10.11	да	да
4.12 Определение погрешности синхронизации шкалы времени и параметров входного импульсного сигнала, синхронизирующего шкалу времени	10.12	да	да
5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	да	да

3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

3.1 Метрологические и технические требования, рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
<i>Основные средства</i>		
10.1, 10.11, 10.12	Рабочий эталон времени и частоты, соответствующий требованиям к эталонам не ниже 5 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360 с диапазоном измерений частоты от 1 до 350 МГц и пределами допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора $\pm 1,0 \cdot 10^{-6}$	Частотомер 53230А (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (рег. № 51077-12))
10.2, 10.12	Средство измерений импульсного электрического напряжения в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 № 3463: осциллограф утвержденной с полосой пропускания от 0 до 100 МГц, пределами допускаемой относительной погрешности установки коэффициента отклонения $\pm 1,5$ % для K_0 от	Осциллограф цифровой запоминающий RTO1044 (рег. № 50596-12)

1	2	3
	10 мВ/дел	
10.1, 10.3-10.7, 10.9-10.12	Рабочий эталон времени и частоты, соответствующий требованиям к эталонам не ниже 1 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360 с номинальными значениями частот выходных синусоидальных сигналов 1 Гц; 5, 10 МГц, с пределами допускаемых смещений шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC(SU) ± 10 нс, с пределами допускаемой относительной погрешности по частоте выходного синусоидального сигнала $\pm 1 \cdot 10^{-13}$	Вторичный эталон единиц времени и частоты ВЭ-31-16 (рег. № 2.1.ВХН.0025.2020)
10.3-10.6, 10.9, 10.10	Средство измерения времени и частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360: компаратор частотный с частотой входных сигналов 5; 10; 100 МГц, отклонением от номинального значения $1,0 \cdot 10^{-6}$, вносимым СКДО на интервале времени измерений 1 с – $6,0 \cdot 10^{-14}$	Компаратор фазовый многоканальный VCH-315M ЯКУР.411146.042 (рег. № 85279-22)
10.7	Средство измерения времени и частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360: компаратор-анализатор фазовый с частотой входных сигналов 5; 10; 100 МГц, уровнем собственных фазовых шумов на частоте анализа 1 Гц не более минус 135 дБн/Гц, на частоте анализа 100 кГц не более минус 163 дБн/Гц.	Компаратор-анализатор фазовый VCH-323 ЯКУР.411146.034 (рег. № 70997-18)
10.8	Средство измерения параметров спектра электрического сигнала с диапазоном рабочих частот от 1 до 10 МГц и уровнем фазовых шумов при отстройке от несущей на 1 кГц не более минус 100 дБ/Гц	Анализатор сигналов в реальном масштабе времени Rohde & Schwarz FSVR 7/13/30 (рег. № 48760-11)
<i>Вспомогательные средства</i>		
10.1-10.12	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 0 °С до 30 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30% до 95% с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 5\%$; Средства измерений абсолютного давления в диапазоне от 80 до 120 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 1 кПа	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 44744-10)

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

3.3 Все средства поверки должны быть исправны, применяемые при поверке средства измерений и рабочие эталоны должны быть поверены и иметь свидетельства о поверке с не истекшим сроком действия на время проведения поверки или знак поверки на приборе или в документации.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки стандартов допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющий опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке и имеющий право на поверку.

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные Приказом Минтруда России от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.019-2017 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование. Любые подключения производить только при отключенном напряжении питания стандарта.

5.2 К работе со стандартом допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С (К)	20±5 (293±5);
- относительная влажность воздуха, %	65±15;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	100±4 (750±30);
- параметры питания от сети переменного тока:	
- напряжение, В	от 198 до 242;
- частота, Гц	50±1.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие механических повреждений;
- отсутствие ослабления элементов;
- четкость фиксации их положения;
- чёткость обозначений;
- чистоту и исправность разъёмов и гнезд.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если отсутствуют внешние механические повреждения и неисправности, влияющие на работоспособность поверяемого стандарта, органы управления находятся в исправном состоянии.

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

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации поверяемого стандарта и используемых средств поверки.

8.1.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемого стандарта на соответствие формуляру ЯКУР.411141.058ФО;

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

8.2 Опробование

8.2.1 Для опробования выполнить действия по его включению согласно п. 7.3 «Указания по включению» документа «Стандарт частот и времени водородный VCH-1008. Руководство по эксплуатации. ЯКУР.411141.058РЭ».

8.2.2 Результаты испытаний считать положительными, если через 4 часа после включения стандарта светодиодный индикатор «ALARM» на передней панели погас.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Идентификационное наименование и идентификационный номер программного обеспечения (далее - ПО) получить при подключении стандарта к персональному компьютеру средствами операционной системы, основное меню/свойства файла.

9.2 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО соответствуют приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Пассивный водородный стандарт частоты и времени
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.24.12.74
Цифровой идентификатор ПО	2019F77D
Алгоритм вычисления контрольной суммы исполняемого кода	CRC-32

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение номинальных значений частот выходных синусоидальных и импульсных сигналов

10.1.1 Определение номинальных значений частот выходных синусоидальных сигналов 5, 10, 100 МГц и импульсных 1 Гц, 2,048 МГц провести путем их измерения частотомером 53230А на соответствующих разъемах стандарта.

10.1.2 На частотомере 53230А в соответствии с его руководством по эксплуатации установить усреднение измеряемых значений N=100. На разъем «REF IN» частотомера 53230А подать опорный сигнал частотой 10 МГц от вторичного эталона единиц времени и частоты.

10.2 Определение среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов 5; 10; 100 МГц, уровня напряжения выходного импульсного сигнала частотой 2,048 МГц и параметров импульсных сигналов 1 Гц (полярность, амплитуда, длительность импульсов, время нарастания фронта импульсов)

10.2.1 Определение среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов 5; 10; 100 МГц, уровня напряжения выходного импульсного сигнала частотой 2,048 МГц и параметров импульсных сигналов 1 Гц (полярность, амплитуда, длительность импульсов, время нарастания фронта импульсов) провести с помощью осциллографа цифрового запоми-

нающего RTO1044 на нагрузке $(50,0 \pm 0,3)$ Ом. Измерения проводятся для всех соответствующих выходов стандарта.

10.2.2 Для проверки длительности импульсов необходимо устанавливать различные ее значения (100; 10; 1; 0,1 мкс) в соответствии с п. 3.3.1.5 Руководства оператора RU.ЯКУР.00216-02 34 01.

10.3 Определение основной относительной погрешности по частоте (в отсутствии приема сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) ГЛОНАСС/GPS) при выпуске из производства (на интервале между поверками)

10.3.1 Определение основной относительной погрешности по частоте при выпуске из производства (на интервале между поверками) провести с использованием вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 и компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042. Выходные сигналы частотой 5 МГц вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 и стандарта подключить к разъемам « f_x » и « f_y » компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042 (рисунок 1). Запустить измерения в соответствии с руководством по эксплуатации на компаратор.



Рисунок 1 - Схема соединения приборов

10.3.2 Провести измерения на интервале времени наблюдения 5 суток.

10.3.3 В случае, если значение относительной погрешности по частоте выходит за пределы $\pm 3,0 \cdot 10^{-13}$ (первичная поверка) или $\pm 5,0 \cdot 10^{-13}$ (периодическая поверка), но находится в пределах $\pm 1,0 \cdot 10^{-11}$, необходимо скорректировать значение корректора частоты (п. 3.3.1.4 Руководства оператора RU.ЯКУР.00216-02 34 01). После коррекции частоты необходимо снова проверить относительную погрешность по частоте.

10.4 Определение среднего относительного изменения частоты за 1 сутки на интервале времени 10 суток в режиме хранения

10.4.1 Определение среднего относительного изменения частоты за интервал времени измерений 1 сутки в режиме хранения частоты осуществить по результатам измерения систематического изменения частоты выходного сигнала 5 МГц на интервале $n=10$ суток относительно выходного сигнала 5 МГц вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16, с

помощью компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042 по схеме на рисунке 1.

10.5 Определение относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению

10.5.1 Определение относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению осуществить по результатам измерения изменения частоты выходного сигнала 5 МГц относительно выходного сигнала 5 МГц вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16, с помощью компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042 по схеме, представленной на рисунке 1. Перед началом измерений включить и прогреть стандарт не менее 24 часов.

10.5.2 Определить относительную разность частоты стандарта относительно вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16, после чего с использованием программы перевести стандарт в ручной режим, в котором выключить генератор высокой частоты (ГВЧ), очиститель и насосы, оставляя включенными только термостаты. Через 4 часа включить ГВЧ, очиститель и насосы и через 30 мин после их включения вновь определить разность частот за время наблюдения 1 ч. Повторить данные измерения n раз ($n \geq 10$).

10.6 Определение среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты выходного сигнала 5 МГц в режиме хранения

10.6.1 Определение среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты выходного сигнала 5 МГц в режиме хранения осуществить с вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 и компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042 по схеме, представленной на рисунке 1.

10.6.2 Используя руководство по эксплуатации на компаратор фазовый многоканальный VCH-315, установить на нем полосу пропускания равную 3 Гц, а затем запустить измерения.

10.6.3 Через интервал времени наблюдения не менее 10 сут зафиксировать значения СКДО сигнала 5 МГц для интервалов времени измерения 1, 10, 100, 1000 с, 1 час, 1 сутки.

10.6.4 В процессе измерений температура окружающей среды должна находиться в пределах ± 1 °С в рабочем диапазоне. Контроль температуры осуществлять прибором комбинированным Testo 622. В случае выхода температуры окружающей среды за пределы допущенных значений, произвести проверку данного пункта методики поверки повторно.

10.7 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов в спектре выходного сигнала 5 МГц в одной боковой полосе

10.7.1 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов в спектре выходного сигнала 5 МГц в одной боковой полосе произвести путем ее измерения компаратором-анализатором фазовым VCH-323 ЯКУР.411146.034.

10.7.2 На вход «X» VCH-323 подключить сигнал частотой 5 МГц от стандарта, а на вход «Y» сигнал частотой 5 МГц от вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16. Измерить и зафиксировать значения спектральной плотности мощности фазовых шумов на частотах 1; 10; 100 Гц, 1; 10 кГц.

10.8 Определение уровня гармонических и негармонических составляющих в спектре выходного сигнала 5 МГц

10.8.1 Определение уровня гармонических и негармонических составляющих в спектре выходного сигнала 5 МГц произвести с помощью анализатора сигналов в реальном масштабе времени FSVR30.

10.8.2 Соединить выход «5 МГц» стандарта со входом FSVR30. Провести измерение уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала 5 МГц.

10.8.3 Провести измерение уровня негармонических составляющих при отстройке от несущей в пределах от 10 Гц до 10 кГц в спектре выходного сигнала 5 МГц.

10.9 Определение диапазона коррекции частоты при разрешающей способности коррекции частоты $\pm 1,0 \cdot 10^{-15}$

10.9.1 Определение диапазона и разрешающей способности коррекции частоты провести путем измерения компаратором фазовым многоканальным VCH-315M ЯКУР.411146.042 относительной разности частот сигналов 5 МГц испытуемого стандарта и вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 при разных значениях кода корректора частоты стандарта.

10.9.2 Последовательно установить код корректора частоты равным 00000 и 99999 и определить среднее значение относительного отклонения частоты стандарта от вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 при каждом значении кода коррекции частоты при интервале времени наблюдения 1000 с. Для проверки диапазона коррекции в отрицательную сторону провести аналогичные измерения с установленным корректором частоты равным 00000 и минус 99999. Полученные значения являются пороговыми и определяют диапазон перестройки частоты.

10.9.3 Установить код коррекции частоты последовательно от 00000 до 90000 через 10000. При каждом установленном значении корректора частоты определить среднее значение относительного отклонения частоты стандарта от вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16. Полученные значения разделить на 10000. Разницы между смежными значениями являются шагом коррекции.

10.10 Определение основной относительной погрешности по частоте в режиме слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS на интервале времени 1 сутки (после 10 суток непрерывной работы, для модификации ЯКУР.411141.058)

10.10.1 Определение основной относительной погрешности по частоте в режиме слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS провести с использованием вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 и компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042.

10.10.2 К стандарту подключить антенну и настроить в режим слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS согласно Руководству по эксплуатации. Выдержать стандарт в режиме слежения в течение 10 суток.

10.10.3 Выходные сигналы частотой 5 МГц вторичного эталона единиц времени и частоты ВЭ-31-16 и стандарта подключить к разъемам « f_x » и « f_y » компаратора фазового многоканального VCH-315M ЯКУР.411146.042 (рисунок 1). Запустить измерения в соответствии с руководством по эксплуатации на компаратор.

10.10.4 Провести измерения на интервале времени наблюдения 1 сутки.

10.11 Определение абсолютной погрешности формирования шкалы времени относительно шкалы времени UTC(SU) в режиме слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS (для модификации ЯКУР.411141.058)

10.11.1 Определение абсолютной погрешности формирования шкалы времени относительно шкалы времени UTC(SU) в режиме слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS (для модификации ЯКУР.411141.058) провести методом сравнения шкалы времени стандарта (сигнал частотой 1 Гц) в режиме слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS со шкалой времени (сигнал частотой 1 Гц) ВЭ-31-16. Включить режим слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS и по прошествии 3 суток с помощью частотомера 53230А произвести не менее 50 измерений временного интервала между шкалой времени ВЭ-31-16 и шкалой времени стандарта. При проведении измерений необходимо учитывать отклонение шкалы времени ВЭ-31-16 UTC(M) относительно национальной шкалы времени UTC(SU).

10.11.2 В процессе измерений требуется использовать кабели с равной задержкой прохождения сигнала либо учитывать разницу задержек при измерениях. Уровень срабатывания

(триггер) на частотомере необходимо установить равным 0,5 относительно уровня импульсного сигнала шкалы времени.

10.12 Определение погрешности синхронизации шкалы времени и параметров входного импульсного сигнала, синхронизирующего шкалу времени

10.12.1 Определение погрешности синхронизации шкалы времени и параметров входного импульсного сигнала, синхронизирующего шкалу времени, провести с применением частотомера 53230А и вторичного эталона единиц времени и частоты, осциллографа цифрового запоминающего RTO1044.

10.12.2 Подключить импульсный сигнал с периодом 1 с с выхода вторичного эталона единиц времени и частоты на вход осциллографа цифрового запоминающего RTO1044.

10.12.3 На осциллографе цифровом запоминающем RTO1044 установить значение входного сопротивления 50 Ом провести измерения параметров входного импульсного сигнала вторичного эталона единиц времени и частоты и убедиться, что они соответствуют требованиям:

- полярность – положительная;
- период следования – 1 с;
- амплитуда на нагрузке – от 2,5 до 5,0 В;
- длительность фронта импульсов – не более 15 нс;
- длительность импульсов – не менее 1 мкс.

10.12.4 На разъем «REF IN» частотомера 53230А подать опорный сигнал частотой 10 МГц от вторичного эталона единиц времени и частоты.

10.12.5 Подключить импульсный сигнал с периодом 1 с с выхода вторичного эталона единиц времени и частоты одновременно на вход внешней синхронизации («SYNCH») стандарта и на вход «А» частотомера 53230А. Синхронизировать шкалу стандарта и шкалу времени вторичного эталона единиц времени и частоты в соответствии с п.3.3.1.5 Руководства оператора.

10.12.6 Подать импульсный сигнал с периодом 1 с с выхода стандарта на вход «В» частотомера 53230А, настроенного в режим измерений временных интервалов. Уровень срабатывания (триггер) установить равным 0,5 относительно уровня импульсного сигнала шкалы времени. При этом кабели подключенные к двух входам частотомера должны иметь одинаковую задержку распространения сигнала (равную длину).

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Подтверждение номинальных значений частот выходных синусоидальных и импульсных сигналов

11.1.1 Результаты проверки считать положительными, если измеренные значения соответствующих частот находятся:

- для синусоидального сигнала 5 МГц в пределах $(5000000 \pm 0,1)$ Гц;
- для синусоидального сигнала 10 МГц в пределах $(10000000 \pm 0,1)$ Гц;
- для синусоидального сигнала 100 МГц в пределах (100000000 ± 1) Гц;
- для импульсного сигнала 1 Гц в пределах $(1 \pm 1 \cdot 10^{-7})$ Гц;
- для импульсного сигнала 2,048 МГц в пределах $(2048000 \pm 0,1)$ Гц.

11.2 Подтверждение среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов 5; 10; 100 МГц, уровня напряжения выходного импульсного сигнала частотой 2,048 МГц и параметров импульсных сигналов 1 Гц (полярность, амплитуда, длительность импульсов, время нарастания фронта импульсов)

11.2.1 Результаты проверки считать положительными, если:

- среднеквадратическое значение напряжение выходных синусоидальных сигналов частотой 5; 10; 100 МГц на нагрузке $(50 \pm 0,3)$ Ом, В находится в пределах от 0,8 до 1,2 В;
- уровень напряжения выходных импульсных сигналов 2,048 МГц в пределах от 2,3 до 2,7 В;
- полярность импульсных сигналов 1 Гц положительная;
- амплитуда на нагрузке $(50 \pm 0,3)$ Ом импульсных сигналов 1 Гц находится в пределах от 2,5 до 5 В;
- длительность импульсов сигналов 1 Гц находится в пределах $100 \pm 0,01$; $10 \pm 0,01$; $1 \pm 0,01$; $0,1 \pm 0,01$ мкс;
- время нарастания фронта импульсов сигналов 1 Гц не более 15 нс.

11.3 Подтверждение основной относительной погрешности по частоте (в отсутствии приема сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) ГЛОНАСС/GPS) при выпуске из производства (на интервале между поверками)

11.3.1 Результаты проверки считать положительными, если значение относительной погрешности по частоте находится в пределах $\pm 3,0 \cdot 10^{-13}$ (первичная поверка) или $\pm 5,0 \cdot 10^{-13}$ (периодическая поверка).

11.4 Подтверждение среднего относительного изменения частоты за 1 сутки на интервале времени 10 суток в режиме хранения

11.4.1 При условии линейного характера систематического изменения частоты на интервале n суток значение среднего относительного изменения частоты за сутки ν вычислить по формуле:

$$\nu = \frac{6}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{2i}{n+1} - 1 \right) \Delta_{0f_i}, \quad (1)$$

где $n \geq 10$ – количество суток;

$i = \overline{1, n}$;

$\Delta_{0f_1}, \Delta_{0f_2}, \Delta_{0f_3} \dots \Delta_{0f_n}$ - значения относительной погрешности по частоте в i -ые сутки, соответственно.

11.4.2 Результаты проверки считать положительными, если значение среднего относительного изменения частоты за 1 сутки на интервале времени 10 суток в режиме хранения находится в пределах $\pm 2,0 \cdot 10^{-15}$.

11.5 Подтверждение относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению

11.5.1 Значение относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению вычислить по формуле:

$$\delta_i = \Delta_{0f_{i+1}} - \Delta_{0f_i}, \quad (2)$$

где Δ_{0f_i} - i -ое значение измерения относительной разности частоты стандарта относительно вторичного эталона единиц времени и частоты.

11.5.2 Результаты проверки считать положительными, если все значения относительной погрешности воспроизведения частоты от включения к включению находятся в пределах $\pm 5,0 \cdot 10^{-14}$.

11.6 Подтверждение среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты выходного сигнала 5 МГц в режиме хранения

11.6.1 Результаты проверки считать положительными, если подтверждаются значения нестабильности частоты выходных синусоидальных сигналов (СКДО) частоты не более:

- для интервала времени измерений 1 с $4,0 \cdot 10^{-13}$;

- для интервала времени измерений 10 с $1,5 \cdot 10^{-13}$;
- для интервала времени измерений 100 с $4,0 \cdot 10^{-14}$;
- для интервала времени измерений 1000 с $1,5 \cdot 10^{-14}$;
- для интервала времени измерений 1 час $7,0 \cdot 10^{-15}$;
- для интервала времени измерений 1 сутки $1,5 \cdot 10^{-15}$.

11.7 Подтверждение спектральной плотности мощности фазовых шумов в спектре выходного сигнала 5 МГц в одной боковой полосе

11.7.1 Результаты проверки считать положительными, если спектральная плотность мощности случайных отклонений фазы в спектре выходных сигналов не более:

- на частоте отстройки ($1 \pm 0,3$) Гц минус 105 дБ/Гц;
- на частоте отстройки (10 ± 3) Гц минус 130 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 100 Гц $\pm 10\%$ минус 145 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 1 кГц $\pm 10\%$ минус 155 дБ/Гц;
- на частоте отстройки 10 кГц $\pm 10\%$ минус 155 дБ/Гц.

11.8 Подтверждение уровня гармонических и негармонических составляющих в спектре выходного сигнала 5 МГц

11.8.1 Результат проверки считать положительным, если в спектре выходного сигнала 5 МГц:

- уровень гармонических составляющих не более минус 30 дБ;
- уровень негармонических составляющих при отстройке от несущей в пределах от 10 Гц до 10 кГц не более минус 100 дБ.

11.9 Подтверждение диапазона коррекции частоты при разрешающей способности коррекции частоты $1,0 \cdot 10^{-15}$

11.9.1 Результаты проверки считать положительными, если:

- диапазон перестройки частоты (п. 10.9.2) находится в пределах $1,0 \cdot 10^{-10} \pm 1,0 \cdot 10^{-12}$ при проверке положительного поддиапазона коррекции и в пределах минус $1,0 \cdot 10^{-10} \pm 1,0 \cdot 10^{-12}$ при проверке отрицательного поддиапазона коррекции;

- шаг (разрешающая способность) перестройки частоты при изменении кода коррекции (п. 10.9.3) находится в пределах $\pm(1,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-15}$.

11.10 Подтверждение основной относительной погрешности по частоте в режиме слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS на интервале времени 1 сутки (после 10 суток непрерывной работы, для модификации ЯКУР.411141.058)

11.10.1 Результаты проверки считать положительными, если значение относительной погрешности по частоте находится в пределах $\pm 1,0 \cdot 10^{-13}$.

11.11 Подтверждение абсолютной погрешности формирования шкалы времени относительно шкалы времени UTC(SU) в режиме слежения за НКА ГЛОНАСС/GPS (для модификации ЯКУР.411141.058)

11.11.1 Результат проверки считать положительным, если измеренные значения разности шкал находятся в пределах ± 50 нс.

11.12 Подтверждение погрешности синхронизации шкалы времени и параметров входного импульсного сигнала, синхронизирующего шкалу времени

11.12.1 Результаты проверки считать положительными, если значения, полученные на частотомере, находятся в пределах ± 25 нс.

11.13 Оценка соответствия средства измерений обязательным метрологическим и техническим требованиям

11.13.1 Результаты проверки считать положительными, если значение относительной

погрешности по частоте (п. 11.3) находится в пределах от $\pm 1,0 \cdot 10^{-13}$ до $\pm 1,0 \cdot 10^{-11}$, что соответствует рабочему эталону 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке с нанесением знака поверки в виде оттиска клейма, на оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки. Знак поверки дополнительно наносится на лицевую панель стандарта в виде наклейки.

12.2 Параметры, определенные при поверке, заносят в формуляр.

12.3 Сведения о результатах поверки стандарта должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.4 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый стандарт к дальнейшему применению не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



С.Г. Серко



А.А. Мусин