

где $\Delta T_1, \Delta T_2$ - показания частотомера (числа) в моменты времени t_1 и t_2 ;
 $f_{\text{зап}}$ - частота заполнения, равная 1 МГц;
 K - коэффициент умножения компаратора, равный 10^6 (ФАЗА 1) или 10^8 (ФАЗА 2).

4.8.3 Проведение измерений с помощью внешнего частотомера

Измерения, описанные в п.п. 4.8.1, 4.8.2 можно провести с помощью внешнего частотомера. Частотомер подключают к разъемам $\odot \rightarrow 1 \text{ Hz } K=10^8$ или $\ominus \rightarrow 1 \text{ Hz } K=10^6$. Измерения проводят согласно инструкции по эксплуатации на частотомер. При этом измеренную относительную разность частот необходимо разделить на 10^8 или 10^6 .

4.9 Дистанционное управление

Наличие блока связи с КОП, разработанного в соответствии с ГОСТ 26.003-80, позволяет потребителю автоматизировать процесс управления и контроля стандарта частоты на базе персонального компьютера IBM PC.

Для осуществления процесса управления и контроля прибора необходимо: соединить разъем КОП водородного стандарта частоты и разъем КОП персонального компьютера кабелем ЕЭ4.854.738-02 (поз. 1 табл. 2) из комплекта ЗИП; установить на переключателях АДРЕС на задней панели стандарта частоты необходимый адрес и загрузить на персональном компьютере программу.

Потребителем должна быть разработана программа работы прибора в режиме П с использованием подраздела 2.5.7 и приложения А настоящего руководства.

Такая программа может быть разработана предприятием-изготовителем по техническому заданию потребителя.

4.10 Выключение прибора

Выключение прибора проводите последовательно тумблерами: ГВЧ, АПЧ, СОС, СЕТЬ, строго соблюдая последовательность.

Выключите тумблер БАТАРЕЯ 1. Если внешняя батарея подключена к разъему БАТАРЕЯ 2, то необходимо отсоединить кабель питания.

5 ПОВЕРКА ПРИБОРА

Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки прибора.

Периодичность поверки 1 раз в год.

5.1 Операции и средства поверки

5.1.1 При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства, указанные в таблице 22.

Таблица 22

Наименование операции	Номер пункта раздела «Поверка прибора»	Наименование операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
внешний осмотр	5.3.2	да	да
пробование	5.3.3	да	да
определение метрологических параметров:			
напряжения выходных сигналов: 10 МГц 100 МГц	5.3.4	да	да
параметров импульсного сигнала 1 Гц амплитуда длительность импульсов длительность фронта погрешности синхронизации импульсного сигнала с частотой 1 Гц	5.3.5	да да да да	да да да да
относительной погрешности по частоте	5.3.6	да	да
случайной погрешности частоты, вносимой встроенным частотным компаратором	5.3.7	да	да
стабильности частоты выходного сигнала (СКДО)	5.3.8	да	да
относительного среднего (систематического) изменения частоты за 1 сутки		да	нет

5.1.2 Технические характеристики основных и вспомогательных средств поверки представлены в таблице 23.

Таблица 23

Номер пункта раздела «Поверка прибора»	Наименование и тип основных вспомогательных средств поверки и основные технические характеристики средств поверки
5.4	Милливольтметр ВЗ-62 Диапазон частот 10 кГц-100 МГц Диапазон напряжений 3 мВ – 300 В Погрешность 4% Вольтметр В7-40/4 Погрешность измерения сопротивления – 0,5%

Продолжение таблицы 23

номер пункта раз- дела «Поверка прибора»	Наименование и тип основных вспомогательных средств поверки и основные технические характеристики средств поверки
3.5	Осциллограф С1-116 Полоса пропускания 0-250 МГц Частотомер электронно-счетный ЧЗ-64 Разрешающая способность 1 нс
3.6	Модуль радиоизмерительный синхронизирующий К-161В-А-Н-SMB-02-01-13, ПЭВМ IBM PC Погрешность измерений 30 нс
3.7	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-64 Разрешающая способность 1 нс
3.8	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-75А Нестабильность частоты (СКДО) за 1 с - $2 \cdot 10^{-13}$; за 10 с - $3 \cdot 10^{-14}$; за 100 с - $7 \cdot 10^{-15}$; за 1 ч - $2 \cdot 10^{-15}$; за 1 сутки - $2 \cdot 10^{-15}$
3.9	Рабочий эталон единицы частоты ВЭТ 1-20 Погрешность по частоте $2 \cdot 10^{-13}$

П Р И М Е Ч А Н И Е: 1. Вместо указанных в таблице 23 средств поверки разрешается применять другие аналогичные измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

2. Средства поверки должны быть исправны и поверены в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 8.576 или ПР 50.2.006.

5.2 Условия поверки

5.2.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °С..... 20 ± 1
- относительная влажность воздуха, %30-80
- атмосферное давление, кПа (мм. рт.ст.).....84-106 (630-795)
- напряжение сети питания, В $220 \pm 4,4$, частота 50 Гц, 400 Гц
115 $\pm 2,3$, частота 400 Гц

Допускается проводить поверку в реальных условиях, существующих в помещении, где эксплуатируется прибор, если они не выходят за пределы рабочих условий прибора и контрольно-измерительной аппаратуры, применяемой для поверки.

5.3 Проведение поверки

5.3.1 Поверка проводится в соответствии с перечнем операций, указанным в таблице 22.

5.3.2 При проведении внешнего осмотра должно быть проверено отсутствие видимых повреждений, сохранность пломб. Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

5.3.3 Опробование работы прибора производится по п. 3.4 для оценки его исправности без применения средств поверки. Неисправные приборы также бракуются и направляются в ремонт.

5.3.4 Определение напряжения выходных сигналов 5, 100 МГц (п.2.3.2) проводят путем измерения их вольтметром ВЗ-62 при подключенной нагрузке 50 Ом. Нагрузка берется из комплекта ЗИП прибора (поз. 29 табл. 2). Нагрузка предварительно должна быть проверена омметром на соответствие ее сопротивления величине 50 ± 5 Ом.

Результаты считают удовлетворительными, если напряжение выходных сигналов 5 и 100 МГц находится в пределах $(1 \pm 0,2)$ В.

5.3.5 Определение параметров выходных сигналов времени (п.2.3.6) проводят с помощью осциллографа на нагрузке 50 Ом.

Результаты считают удовлетворительными, если амплитуда импульса находится в пределах $(2,5 \div 5)$ В, длительность импульса находится в интервале 10-20 мкс, длительность фронта на уровне 0,1-0,9 не более 15 нс.

Определение возможности синхронизации шкалы времени (импульсный сигнал с частотой 1 Гц) стандарта Ч1-75А проводят с помощью частотомера, работающего в режиме измерения интервалов времени. На один вход частотомера подключают сигнал шкалы времени с поверяемого стандарта Ч1-75А, а на другой - с другого стандарта частоты и времени. Частотомер измеряет в этом режиме интервалы времени между сигналами 1 Гц двух стандартов. Сигнал 1 Гц от другого стандарта подают на разъем СИНХР. на задней панели поверяемого стандарта. Тумблер СИНХР. на задней панели поверяемого стандарта на 2-3 с переводят в верхнее положение и проводят измерения длины интервалов.

Результаты считаются удовлетворительными, если после проведенной синхронизации разность шкал времени двух стандартов не выходит за пределы ± 50 нс.

5.3.6 Определение относительной погрешности по частоте (п.2.3.7) проводят путем сличений с Госэталоном с помощью модуля радиоизмерительного синхронизирующего (приемника GPS/Глонасс или устройства сличений по каналам телевидения). Измерения проводят в течение 1 месяца согласно руководству по эксплуатации на используемые средства сличений, после чего определяют среднее значение относительной погрешности прибора по частоте.

Результат поверки считается удовлетворительным, если измеренная погрешность по частоте будет не более величин, указанных в п.2.3.7.

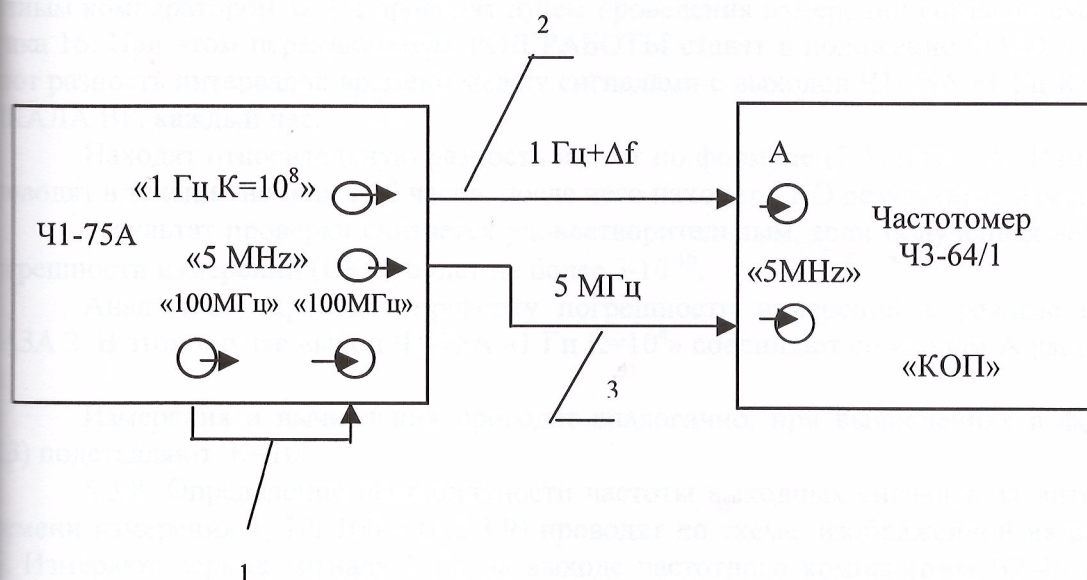
После поверки частота прибора устанавливается равной частоте Государственного эталона с помощью корректора частоты, расположенного на передней панели прибора.

5.3.7 Проверку погрешности измерения нестабильности частоты встроенным частотным компаратором (п. 2.3.14) при интервалах времени измерения 1, 10, 100 с проводят следующим образом (рисунок 15).

Сигнал с выхода 100 МГц Ч1-75А подают на вход 100 МГц. Переключатель РУД РАБОТЫ ставят в положение $Q_{\text{макс}}$.

Проверку погрешности измерения нестабильности частоты встроенным частотным компаратором за 1, 10 и 100 с проводят путем измерения частотомером периода сигнала 1 Гц с выхода 1 Гц $K=10^8$ Ч1-75А. Время измерения 1, 10 и 100 с соответственно. Количество измерений – не менее 30. Погрешность измерения вычисляют по формуле:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{10^8 \bar{T}^2 (n-1)}}, \quad (5.3)$$



- 1 – кабель соединительный ЕЭ4.895.313-01
- 2 – кабель соединительный ЕЭ4.895.311
- 3 – кабель соединительный ЕЭ4.895.312

Рисунок 15 – Схема подключения приборов для определения погрешности измерения нестабильности частоты встроенным частотным компаратором за 1, 10, 100 с

где T_i - измеренное значение периода, с;

$\bar{T}$ - среднее значение периода, с;

n - число измерений.

Результат проверки считается удовлетворительным, если измеренные погрешности не более $1 \cdot 10^{-13}$, $1,5 \cdot 10^{-14}$, $2,5 \cdot 10^{-15}$ за интервалы времени измерения 1, 10, 100 с соответственно.

Проверку погрешности измерения нестабильности частоты встроенным частотным компаратором за 1 ч проводят путем проведения измерений согласно схеме рисунка 16. При этом переключатель РОД РАБОТЫ ставят в положение ФАЗА 1. Изменяют разность интервалов времени между сигналами с выходов Ч1-75А «1 Гц $K=10^6$ » и ЧКАЛА ВР. каждый час.

Находят относительную разность частот по формуле (2.3) (стр. 12). Измерения проводят в течение не менее 10 часов, после чего находят СКО результатов измерений.

Результат проверки считается удовлетворительным, если полученная величина погрешности измерений (СКО) будет не более $3 \cdot 10^{-16}$.

Аналогично проводят проверку погрешности измерений в режиме работы ФАЗА 2. В этом случае выход Ч1-75А «1 Гц $K=10^8$ » соединяют со входом А частотомера.

Измерения и вычисления проводят аналогично, при вычислениях в формулу (2.3) подставляют $K=10^8$.

5.3.8. Определение нестабильности частоты выходных сигналов за интервалы времени измерения 1, 10, 100 с (п.2.3.9) проводят по схеме, изображенной на рисунке 17. Измеряют период сигнала 1 Гц на выходе частотного компаратора Ч7-46 (выход $K=10^8$) при интервалах времени измерения частотомера 1, 10 и 100 с. Количество измерений - не менее 30.

По окончании измерений вычисляют среднеквадратическое относительное случайное отклонение частоты (СКДО) по формуле:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{\Delta f_{i+1}}{f} - \frac{\Delta f_i}{f} \right)^2}{2(n-1)}}, \quad (5.4)$$

где $\frac{\Delta f_i}{f}$ - результат единичного измерения;

$$\frac{\Delta f_i}{f} = \frac{1 - T_i}{10^8 \bar{T}}, \quad (5.5)$$

T_i - измеренный период,

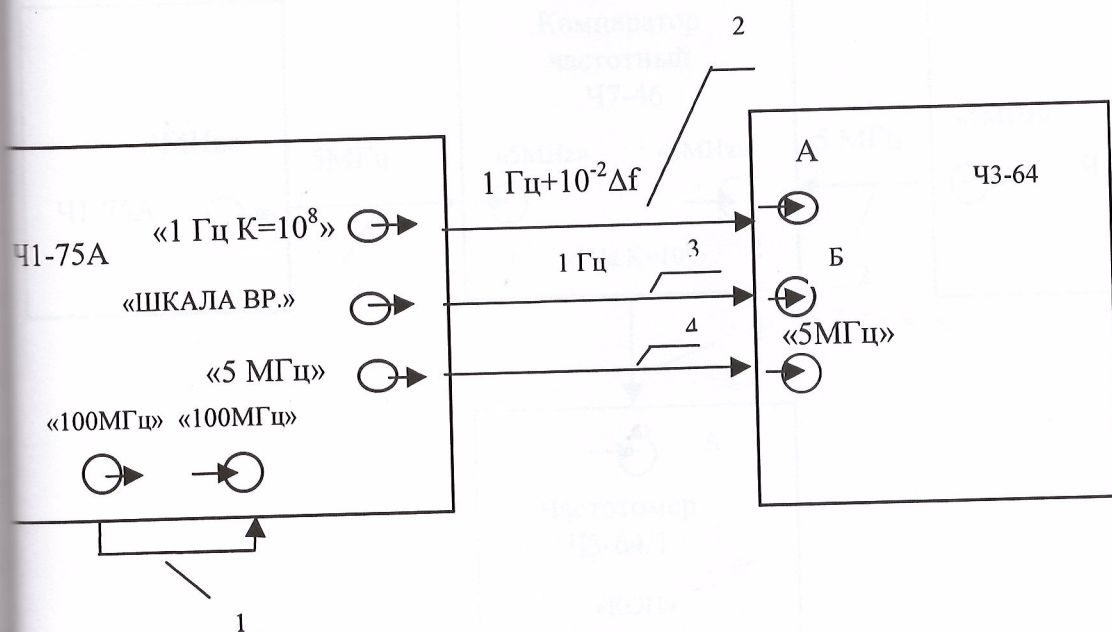
$\bar{T}$ - среднее значение измеренного периода из n измерений.

Измерения проводят при работе стандартов без АНР и с АНР.

Результат проверки считается удовлетворительным, если полученные величины нестабильности частоты соответствуют п.2.3.9.

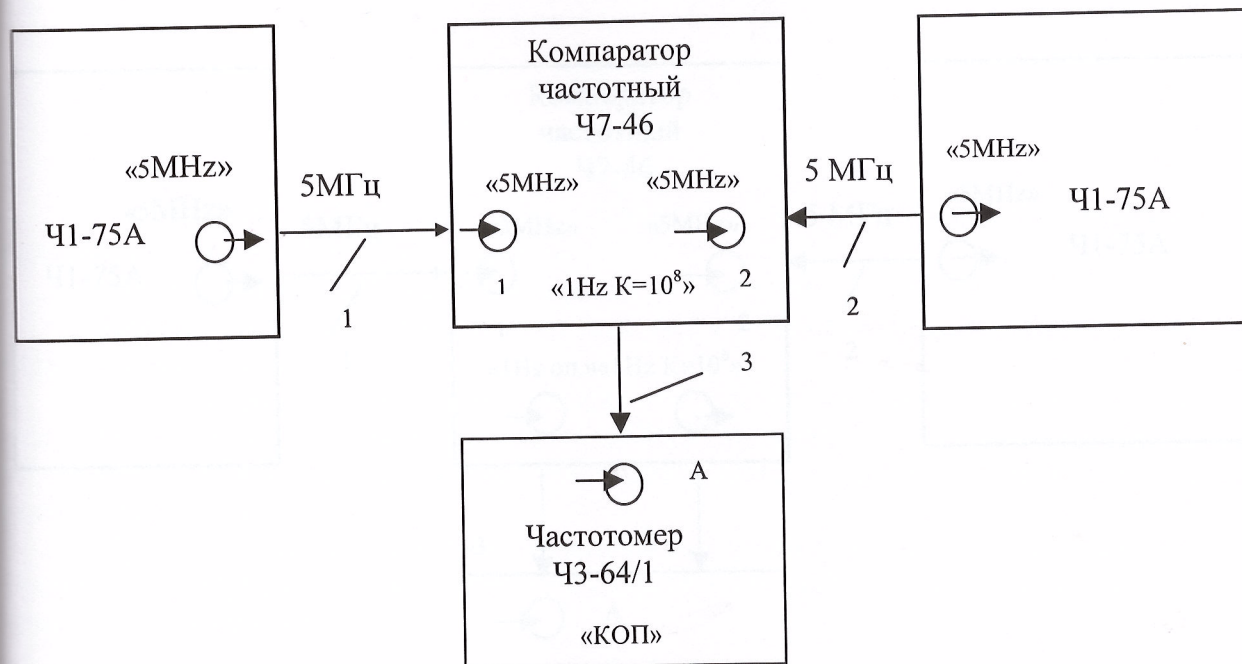
Определение нестабильности частоты (СКДО) водородных стандартов за 1 ч и сутки проводят по схеме, изображенной на рисунке 18.

Частотомер подключают к выходу компаратора Ч7-46 «1 Hz $K=10^6$ ».



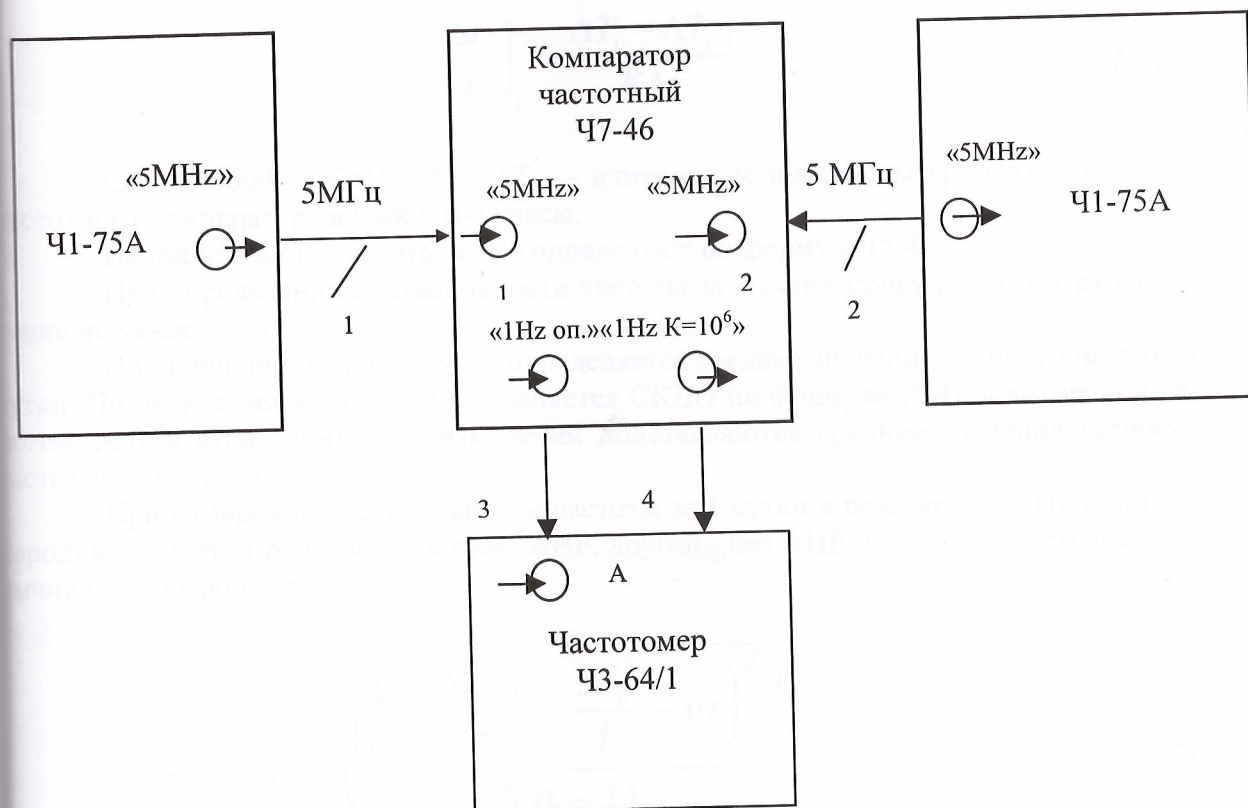
- 1 – кабель соединительный ЕЭ4.895.313-01
 2, 3 – кабель соединительный ЕЭ4.895.311
 4 – кабель соединительный ЕЭ4.895.312

Рисунок 16 – Схема подключения приборов для определения погрешности измерения нестабильности частоты встроенным частотным компаратором за 1 ч



1,2 – кабель соединительный ЕЭ4.895.313
 3 – кабель соединительный ЕЭ4.895.311

Рисунок 17 - Схема подключения приборов для определения нестабильности частоты водородного стандарта Ч1-75А за 1, 10, 100 с



1,2 – кабель соединительный ЕЭ4.895.313
 3,4 – кабель соединительный ЕЭ4.895.311

Рисунок 18 - Схема подключения приборов для определения нестабильности частоты водородного стандарта Ч1-75А за 1 ч и 1 сутки

При определении нестабильности частоты за 1 ч измерения проводят в течение 24 ч, при этом каждый час измеряется разность интервалов времени между сигналами с выходов компаратора Ч7-46 1 Hz K=10⁶ и 1 Hz оп.

При этом определяется разность частот по формуле

$$\left(\frac{\Delta f}{f}\right)_i = \frac{\Delta T_i - \Delta T_{i-1}}{K \Delta t_i}, \quad (5.6)$$

где $\Delta t_i=3600$ с, $K=10^6$, ΔT_i , ΔT_{i-1} - измеренные интервалы времени с выходов частотного компаратора в i -ый и $(i-1)$ часы.

Нестабильность частоты за 1 ч определяют по формуле (5.4).

При определении нестабильности частоты за 1 сутки стандарты работают в течение не менее 10 суток.

По окончании каждых суток определяется среднее значение разности частот за сутки. По окончании измерений вычисляется СКДО по формуле (5.4), в которую в качестве результатов единичных измерений подставляются средние значения разности частот за i -ые сутки.

При измерении нестабильности частоты за 1 сутки в режиме без АНР один водородный стандарт работает в режиме АНР, другой - без АНР. Нестабильность частоты вычисляют по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{\Delta f_{i+1}}{f} - \frac{\Delta f_i}{f} - \nu \tau \right)^2}{2(n-1)}}, \quad (5.7)$$

где $\tau=1$ сутки,

ν - относительное среднее (систематическое) изменение разности частот за 1 сутки, вычисляемое по тем же результатам измерений методом наименьших квадратов:

$$\nu = \frac{6}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{2i}{n+1} - 1 \right) \frac{\Delta f_i}{f} \quad (5.8)$$

После проведения измерений в течение 10 суток режимы стандартов меняются и снова проводятся те же измерения.

Результат проверки считается удовлетворительным, если измеренная нестабильность частоты за 1 сутки (СКДО) будет не более $5 \cdot 10^{-15}$ в режиме без АНР и $2 \cdot 10^{-15}$ в режиме АНР.

Допускается не проводить проверку нестабильности частоты прибора за 1 сутки в режиме без АНР, если приборы работают при их эксплуатации только в режиме АНР.

5.3.9. Определение относительного среднего (систематического) изменения частоты за 1 сутки проводят аналогично измерению нестабильности частоты за 1 сутки (п. 5.3.8), только измерения проводят вместо второго водородного стандарта Ч1-75А с рабочим эталоном единицы частоты. Измерения проводят в течение не менее 10 суток.

Относительное среднее (систематическое) изменение частоты за 1 сутки определяют по формуле (5.8), в которой $\frac{\Delta f_i}{f}$ - измеренная относительная разность частот между поверяемым стандартом и эталоном частоты в i -ые сутки.

Результат проверки считается удовлетворительным, если (систематическое) изменение частоты водородного стандарта за 1 сутки будет не более $5 \cdot 10^{-16}$ в режиме АНР, $1 \cdot 10^{-14}$ – без АНР.

5.4. Оформление результатов поверки

5.4.1. Результаты поверки оформляются в порядке, установленном в метрологической службе, осуществляющей поверку.

Приборы, не прошедшие поверку или имеющие отрицательные результаты поверки, запрещаются к выпуску в обращение и применению.

6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

6.1. Следите, чтобы напряжение фазового детектора было не больше ± 3 В и одновременно корректируйте частоту кварцевого генератора. Для этого необходимо открыть дверцу прибора и медленным вращением оси резистора КОРР., расположенного в блоке синхронизации (узел «Детектор фазовый») и выведенного под шлиц на верхней крышке узла, привести показания стрелочного прибора к величине, меньшей $\pm 0,1$ В.

6.2. Если кварцевый генератор 5 МГц выйдет из захвата (загорится «1» на табло НЕИСПРАВНОСТЬ в разряде БЛОК СИНХР.), то для введения его в захват необходимо выполнить следующие операции:

- подключить осциллограф с входным сопротивлением 1 МОм к разъему ХЗ  ФД» узла фазового детектора блока синхронизации; посмотреть наличие биений;
- повернуть резистор УСИЛЕНИЕ ЧФД до упора против часовой стрелки, при этом усиление ЧФД выключено, цифра «1» не горит;
- замкнуть центральный контакт разъема СКГ на корпус; на осциллографе должны быть биения при усилении осциллографа $5 \div 10$ мВ/дел и развертке $5 \div 10$ мс/дел;
- плавно вращая потенциометр КОРР., добиться медленных биений на осциллографе с периодом 1-2 с;
- разомкнуть разъем СКГ; подключить сюда вольтметр, замерить напряжение постоянного тока, оно должно быть в пределах ± 6 В.

Если вольтметр показывает положительное напряжение, то, медленно вращая шлиц потенциометра БАЛАНС ФД по часовой стрелке, добиться начала медленного уменьшения напряжения. Если напряжение отрицательное, то вращать шлиц против часовой стрелки;

- дождаться захвата. На осциллографе должны прекратиться биения и появиться шумовая дорожка;
- подключить вольтметр к разъему  ЧФД» и свести напряжение к нулю, вращая потенциометр БАЛАНС ЧФД;
- включить усиление ЧФД, повернув резистор УСИЛЕНИЕ ЧФД по часовой стрелке до упора;
- подключить вольтметр к выходу СКГ и очень плавно вращая резистор КОРР., свести напряжение к нулю.

После этого все должно работать.