

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора – заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



 А.Н. Щипунов

05 _____ 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Измерители интервалов времени
ТМХ06-12**

Методика поверки

МП 651-24-011

р.п. Менделеево
2024 г.

Содержание

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	4
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ	5
К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	5
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ	6
БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И.....	7
ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	7
9 ПРОВЕРКА ПО СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	7
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	8
СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	8
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	12

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на измерители интервалов времени ТМХ06-12 (далее – ТМХ06-12), изготавливаемые ФГУП «ВНИИФТРИ», рабочий поселок Менделеево, и устанавливает методику первичной и периодической поверок.

1.2 Метрологические характеристики указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измеряемых интервалов времени, с	от -0,5 до 0,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения интервалов времени*, нс	$\pm 0,1$
* Примечание: характеристика указана при следующих параметрах входного опорного сигнала: - относительная погрешность по частоте опорного генератора $\pm 1,0 \cdot 10^{-12}$; - нестабильность частоты опорного генератора при интервале времени измерения 1 с $1,0 \cdot 10^{-12}$; - длительность фронтов импульсных сигналов не более 3 нс.	

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы времени в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерения времени и частоты, утверждённой Приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022.

1.4 При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Для поверки ТМХ06-12 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр	да	да	7
2 Контроль условий поверки	да	да	8.2
3 Опробование	да	да	8.4
4 Проверка ПО средства измерений	да	да	9
5 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10*
6 Оформление результатов поверки	да	да	11

2.2 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов (парных входов импульсных сигналов), которые используются при эксплуатации ТМХ06-12. Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке на основании решения эксплуатирующей организации.

2.3 При получении отрицательных результатов поверки по любому пункту таблицы 2 ТМХ06-12 бракуются.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха.....от 15 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха при температуре 20 °С,до 80 %;
- атмосферное давление, кПа (мм.рт.ст.)..... от 84 до 106 (от 630 до 795);
- напряжение питания от сети переменного тока.....от 198 до 242 В;
- частота переменного тока.....от 49,5 до 50,5 Гц.

3.2 Условия проведения поверки должны соответствовать требованиям правил содержания и применения применяемых для поверки эталонов и требованиям эксплуатационных документов применяемых для поверки средств измерений и вспомогательных средств.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица с высшим или средним техническим образованием, имеющие квалификацию поверителя в области измерения времени и частоты,

изучившие эксплуатационные документы поверяемых ТМХ06-12 и применяемых средств поверки, имеющие навык работы на персональном компьютере.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Требования к метрологическим и техническим характеристикам средств поверки изложены в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

<i>Операции поверки, требующие применение средств поверки</i>	<i>Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки</i>	<i>Перечень рекомендуемых средств поверки</i>
1	2	3
п. 8.2 Контроль условий поверки	Средство измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне 0 до 80 % с погрешностью не более 2 %; средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 мод. ИВТМ-7М6-Д-1, рег. №71394-18
	Средство измерений напряжения питающей сети в диапазоне от 198 до 242 В с относительной погрешностью не более 3 %; средство измерений частоты питающей сети в диапазоне от 45 до 55 Гц с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,25$ Гц	Клещи для измерения параметров качества электроэнергии Fluke 345, рег. № 52396-13
п. 10.1 Определение диапазона и погрешности измерения интервалов времени	Номинальные значения частот выходных сигналов 1 Гц; 1, 2.048 МГц (импульсных), 5, 10 и 100 МГц (синусоидальных), пределы допускаемой относительной погрешности по частоте выходных сигналов 1, 2.048 МГц (импульсных) и 5, 10 и 100 МГц (синусоидальных) на интервале 1 год $\pm 5,0 \cdot 10^{-13}$; нестабильность частоты (СКДО) выходного сигнала 5 МГц в режиме хранения для интервала времени измерения 1 с $5,0 \cdot 10^{-13}$	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007, рег. № 40466-09, рабочий эталон 2 разряда по ГПС для средств измерения времени и частоты (приказ Росстандарта от 26.09.2022 № 2360)
	Полоса пропускания 4 ГГц, максимальная частота дискретизации 100 ГГц; пределы допускаемой относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора $\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$	Осциллограф цифровой DPO70404C рег. № 48470-11

Окончание таблицы 3

1	2	3
	1 вход, 16 выходов. Параметры выходного импульсного сигнала: полярность положительная; амплитуда от 2,5 до 5,0 В; длительность фронта импульса не более 1 нс.	Усилители импульсных сигналов VCH-606 Рег. № 66631-17 (2 шт.)
	Диапазон установки времени задержки сигнала от 0 до 1000 с.	Вспомогательное средство. Генератор-калибратор временных интервалов DG535
	ОС Windows 10, 8, 7, сетевая карта 100 Мбит/с, Web-интерфейс	Вспомогательное средство. ПЭВМ

5.2 Допускается использование других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых ТМХ06-12 с требуемой точностью.

5.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь сведения о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, регламентированные в ГОСТ ИЕС 61010-1-2014.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра ТМХ06-12 выполняют следующие операции:

- проверка соответствия внешнего вида средства измерений в части соблюдения требований по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства, согласно описанию типа средства измерений;

- проверка правильности маркировки, четкости нанесения обозначений;

- проверка заводского номера ТМХ06-12;

- проверка отсутствия механических повреждений, загрязнений, качества разъемных соединений, а также отсутствия обрывов и нарушения изоляции проводников, кабелей и жгутов, влияющих на функционирование ТМХ06-12;

- проверка видимых дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки.

7.2 В случае, если выявлены дефекты и нет возможности устранить их до проведения поверки, ТМХ06-12 бракуют.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовить ТМХ06-12 к работе в соответствии с руководством по его эксплуатации (далее - РЭ), средства поверки – в соответствии с их эксплуатационной документацией.

8.2 Перед поверкой ТМХ06-12 убедиться, что условия эксплуатации соответствуют указанным в разделе 3 данной МП.

8.3 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки;
- заземлить (если это необходимо) на общую точку заземления средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в эксплуатационной документации).

8.4 Опробование

8.4.1 Прогреть ТМХ06-12 в течение 15 минут. Опробование проводить в соответствии с разделом 2.3 «Использование изделия» документа МФРН.411144.003 РЭ «Измеритель интервалов времени ТМХ06-12. Руководство по эксплуатации».

8.4.2 Результаты подготовки считать положительными, если через 15 минут индикация ТМХ06-12 соответствует рабочему режиму работы, кнопки управления переключают меню дисплея.

В противном случае ТМХ06-12 бракуют.

9 ПРОВЕРКА ПО СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Идентификация ПО осуществляется визуально проверкой наименования ПО и номера версии в окне ПО. Пример окна ПО ТМХ06-12 приведен на рисунке 1.

9.2 Проверить данные, указанные на экране ПЭВМ, с данными таблицы 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	–
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже firmware_version 1.3

9.3 Результат проверки ПО средства измерений считается положительным, если номера версии внешнего и встроенного ПО соответствует описанию типа.

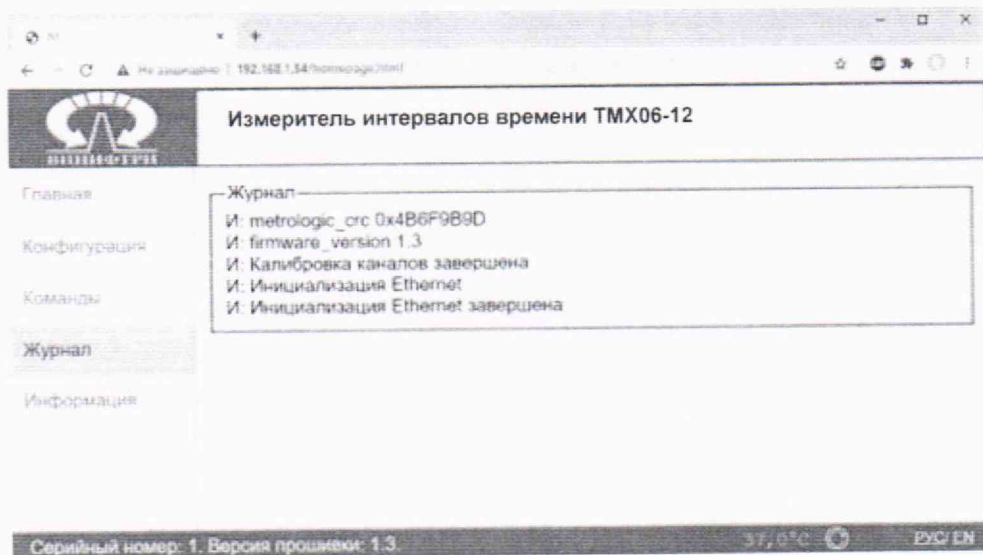


Рисунок 1 – пример отображения ПО ТМХ06-12

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения интервалов времени.

ВНИМАНИЕ! Подача отрицательного напряжения уровнем меньше $-0,3$ В на измерительные каналы выводит их из строя.

Все ниже изложенные измерения проводить при уровне срабатывания триггера $1,0$ В.

10.1.1 Определить значения задержек сигналов на каждом выходном разьеме относительно 16 выходного разьема каждого усилителя импульсных сигналов VCH-606 по схеме, представленной на рисунке 2. Результаты измерений занести в таблицу 5

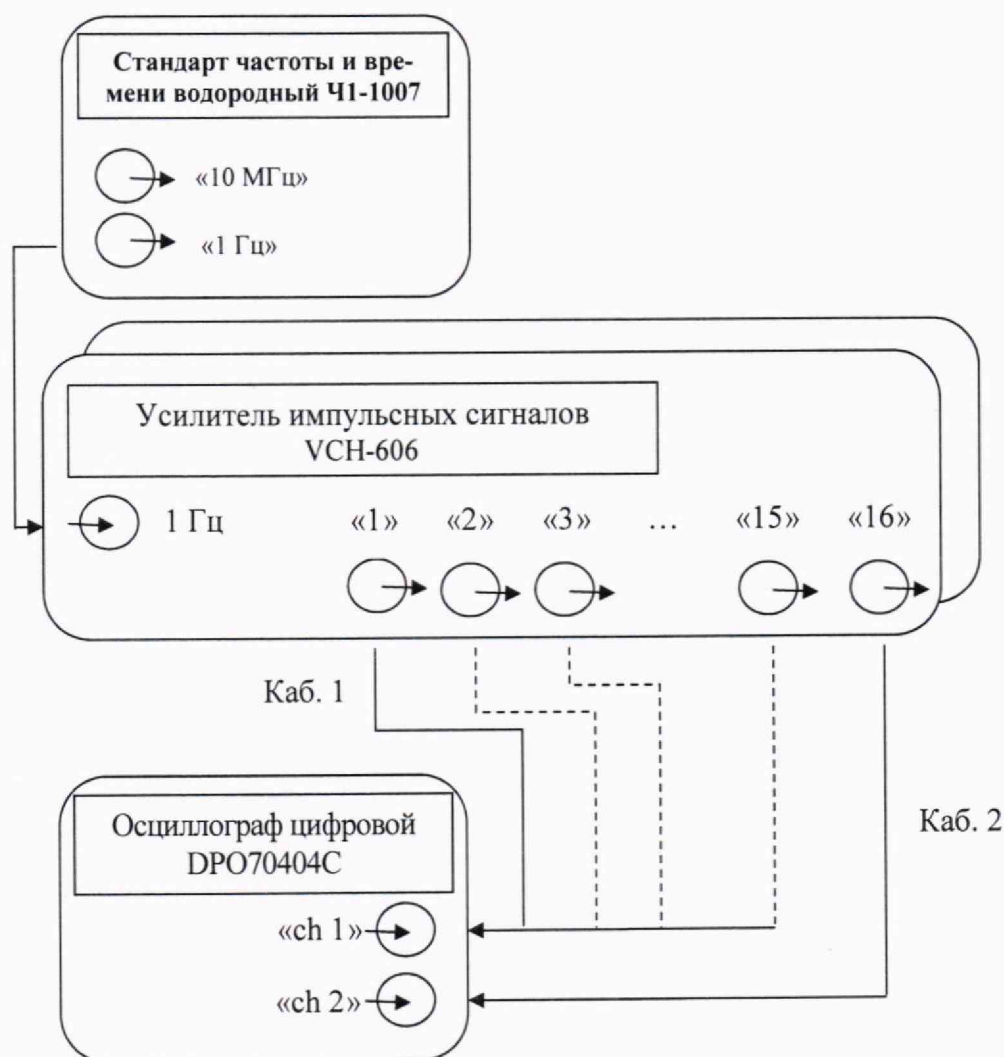


Рисунок 2 – схема определения значений задержек сигналов на выходных разьемах усилителей импульсных сигналов VCH-606

Таблица 5

Номер выхода	1	2	3	...	15
Первый усилитель импульсных сигналов VCH-606					
Значение задержки сигнала T_{TT} , нс					
СКО, пс					
Второй усилитель импульсных сигналов VCH-606					
Значение задержки сигнала T_{TT} , нс					
СКО, пс					

10.1.2 Определить значения задержек сигналов в применяемых кабелях по схеме, представленной на рисунке 3. Результаты измерений занести в таблицу 6. При подключении кабелей использовать один переходник кабельный, так как при определении поправок его вклад вычитается.

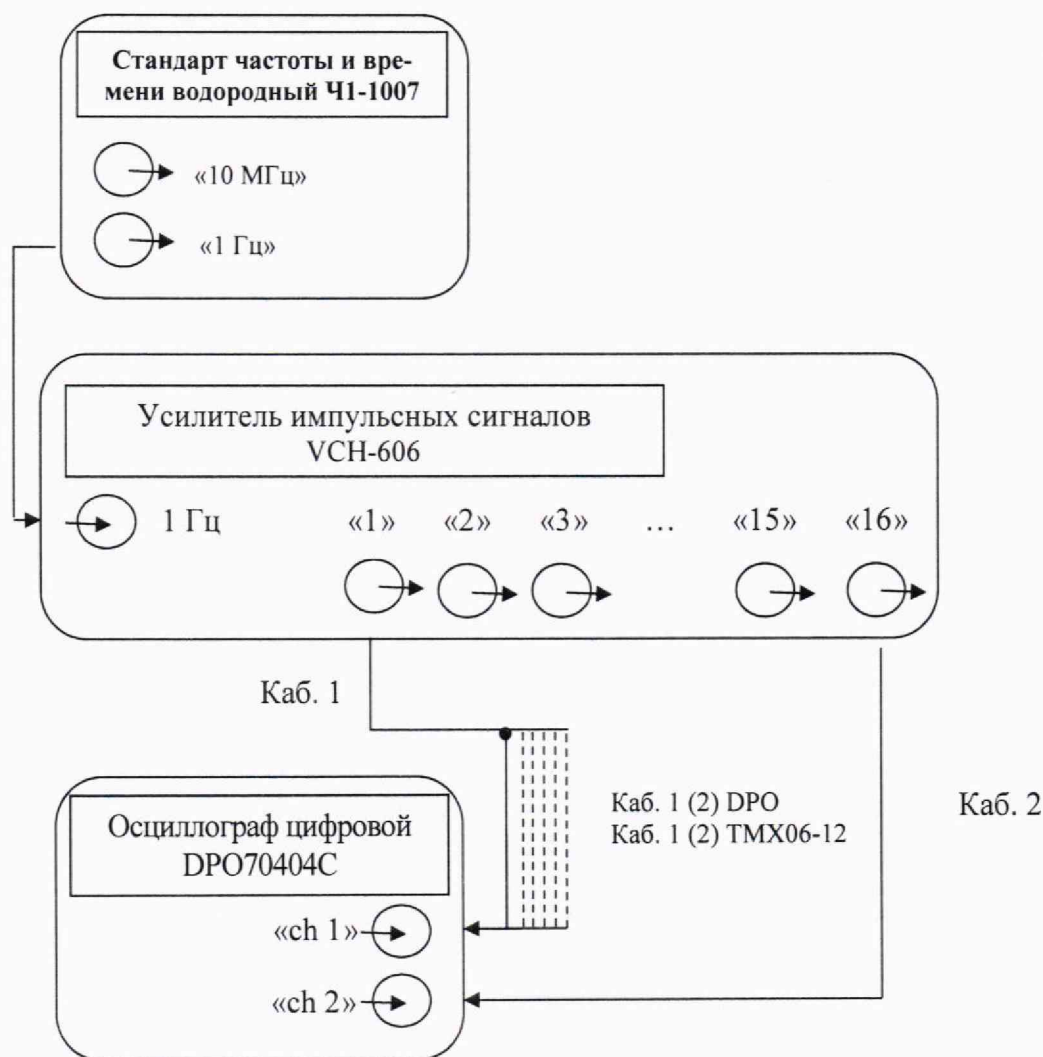


Рисунок 3 – схема определения значения задержек сигналов в применяемых кабелях

Таблица 6

	DPO 70404C		ТМХ06-12	
	$T_{каб.1}$	$T_{каб.2}$	$T_{каб.1}$	$T_{каб.2}$
Результаты измерений, $T_{каб.изм}$				
Значение задержки сигнала $T_{каб.},$ нс	$T_{каб} = T_{каб.изм} - T_{ТТ-1}$			
Поправка $\Delta_{СИ},$ нс	$T_{каб.1} - T_{каб.2}$			

10.1.3 Определение абсолютной погрешности измерения интервалов времени провести с помощью стандарта частоты и времени водородного Ч1-1007, генератора-калибратора временных интервалов DG535, осциллографа цифрового DPO70404C, двух усилителей импульсных сигналов VCH-606, по схеме, приведенной на рисунке 4.

Кабели, подключаемые к измерителям интервалов времени, подключить к тем выходным разъемам усилителей импульсных сигналов, у которых значения задержек сигналов $T_{ТТ}$ отличаются минимально. В случае, если разность задержек сигналов используемых выходов усилителей-распределителей импульсных сигналов превышает значение СКО измерений задержек сигналов, то ее следует учитывать при обработке результатов измерений погрешности измерения интервалов времени.

10.1.4 Настроить значение задержки сигнала генератора-калибратора временных интервалов DG535 таким образом, чтобы значение результата измерения осциллографа цифрового DPO70404C было менее 1 нс.

Провести не менее 10 одновременных измерения интервалов времени $T_{изм\ ТМХ06-12}(i)$ и $T_{изм\ DPO}(i)$ с применением ТМХ06-12 и осциллографа цифрового DPO70404C соответственно.

Абсолютная погрешность измерения интервалов времени $\Delta T_{МАХ}$ определить как максимальную разность i -го результата измерения интервала времени по формуле (1):

$$\Delta T_{МАХ} = T_{изм\ ТМХ06-12}(i) - T_{изм\ DPO}(i) + \Delta_{СИ} \quad (1)$$

Результаты измерений занести в таблицу 7.

Аналогичные измерения провести для пары входов ТМХ06-12 «С» - «D» и «Е» - «F».

10.1.5 Повторить измерения для интервалов времени 9 и 99 нс, добавляя значения задержек сигналов к установленному на генераторе-калибраторе временных интервалов DG535 значению. Результаты измерений занести в таблицу 7.

Таблица 7

Установленное значение интервала времени	Абсолютная погрешность измерения интервалов времени, $\Delta T_{МАХ}$		
	Выходы		
	«А» - «В»	«С» - «D»	«Е» - «F»
0 нс			
9 нс			
99 нс			
1 мкс			
1 мс			
500 мс			

10.1.6 Абсолютную погрешность измерения интервалов времени для значений от 99 нс до 500 мс определить расчетным методом, так как ее значение определяться такими же составляющими погрешности, что и при измеряемом интервале времени 0 нс с добавлением

погрешности, обусловленной относительной погрешностью по частоте опорного генератора, по формуле (2):

$$\Delta T_{MAX}(t_x) = \pm(\Delta T_{MAX}(0 \text{ нс}) + |\Delta_{\sigma f}| \cdot t_x) \quad (2)$$

Результаты расчета занести в таблицу 7.

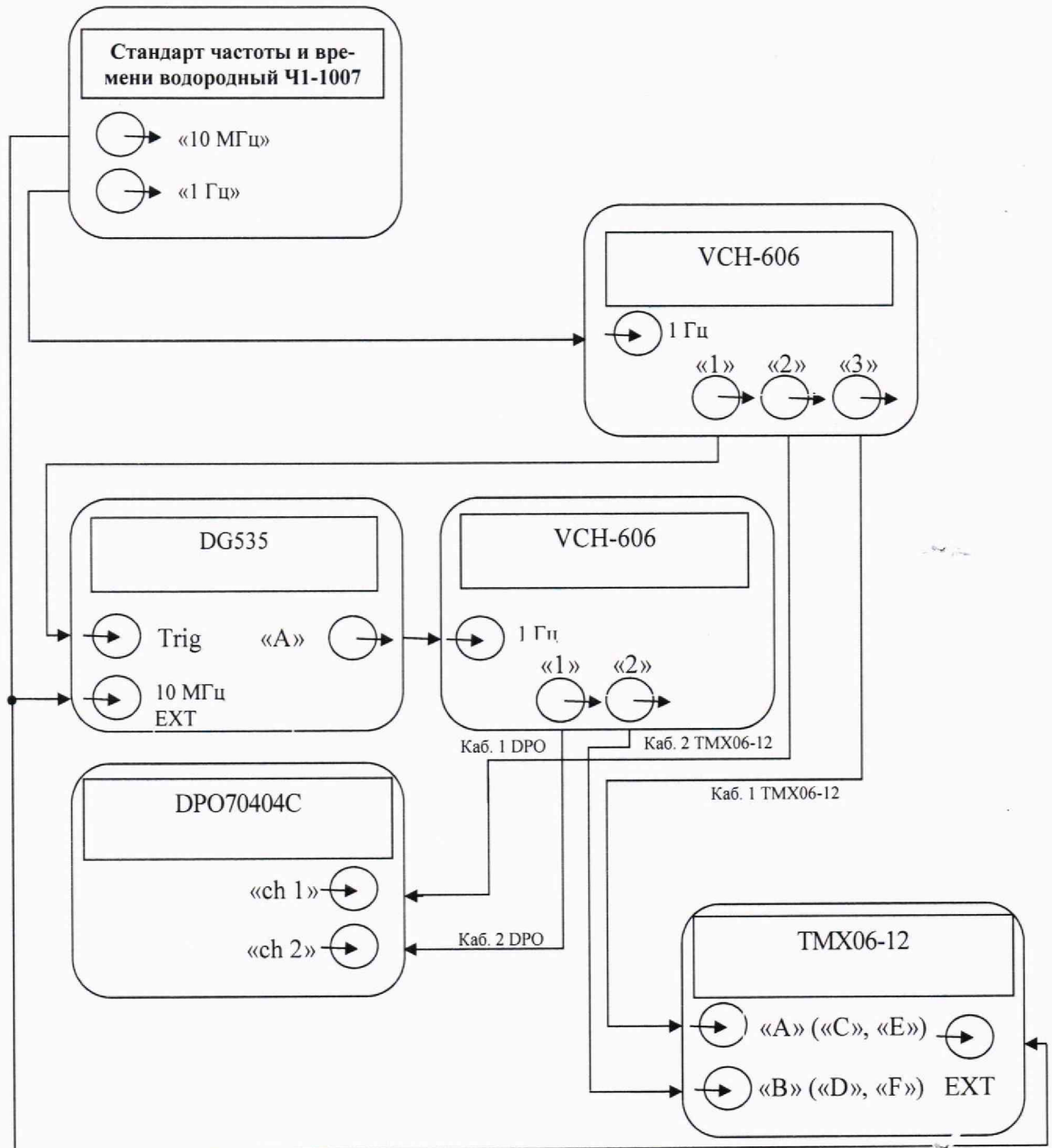


Рисунок 3 – схема определения абсолютной погрешности измерения интервалов времени и диапазона измеряемых интервалов времени

10.1.7 Для определения диапазона измерения интервалов времени ТМХ06-12 повторить измерения для интервалов времени 1 мкс, 1 мс и 500 мс. Убедиться, что измеренные значения интервалов времени находятся в пределах: $(1,000 \pm 0,005)$ мкс, $(1,000 \pm 0,005)$ мс, (500 ± 1) мс.

10.1.8 Для интервалов времени от -0,5 до 0 с измерения не проводить, так как результат измерений «В» - «А», «D» - «С» и «F» - «Е» отображается на экране ТМХ06-12 или в ПО в виде отрицательного значения, измеренного между входами «А» - «В», «С» - «D» и «Е» - «F» соответственно.

10.1.9 Результаты поверки считать положительными, диапазон измеряемых интервалов времени составляет от -0,5 с до 0,5 с, а значения абсолютной погрешности измерения интервалов времени находятся в пределах $\pm 0,1$ нс.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки ТМХ06-12 подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включёнными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца ТМХ06-12 или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке ТМХ06-12, и (или) в формуляр средства измерений вносится запись о проведённой поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений с указанием причины непригодности.

11.2 Результаты поверки оформляются в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510.

Начальник отделения ГМЦ ГСВЧ
ФГУП «ВНИИФТРИ»

В.Н. Федотов

Начальник отдела № 71 – ученый
хранитель государственного эталона
ФГУП «ВНИИФТРИ»

И.Б. Норец

Инженер I категории
лаборатории № 714 ФГУП «ВНИИФТРИ»

С.А. Семенов