

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора  
ФГБУ «ВНИИОФИ»



Е.А. Гаврилова

2024 г.

**«ГСИ. Комплексы интегрального мониторинга серии «Ресурс-2000».  
Методика поверки»**

**МП 049.Д4-24**

Главный метролог  
ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

« 04 » ноября 2024 г.

г. Москва  
2024 г.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Комплексы интегрального мониторинга серии «Ресурс-2000» (далее по тексту – комплексы), и устанавливает методы и средства его первичной и периодической поверок.

1.2 Комплексы предназначены для непрерывной регистрации и измерения параметров сигналов акустической эмиссии (АЭ) с целью обнаружения, локализации и определения степени опасности развивающихся дефектов (прежде всего трещин), несплошностей и других концентраторов напряжения в объекте контроля акустико-эмиссионным методом, в том числе при выполнении комплексной диагностики резервуаров типа РВС (Резервуары Вертикальные Сварные), РГС (Резервуары Горизонтальные Сварные), воздушных переходов и запорной арматуры магистральных нефтепроводов и других технических устройств.

1.3 По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к:

– ГЭТ 1-2022 посредством Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2360;

– ГЭТ 182-2010 посредством Государственной поверочной схемы для средств измерений импульсного электрического напряжения, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. № 3463.

1.4 Поверка комплексов выполняется методом прямых измерений.

1.5 Метрологические характеристики комплексов указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение	
	«Ресурс 2000»	«Ресурс-2000 М9»
Уровень собственных пиковых шумов комплекса, дБ, не более	20	16
Рабочий частотный диапазон, кГц	от 30 до 300	
Допускаемое отклонение рабочих частот от номинальных, %	± 5	
Динамический диапазон измерения амплитуды сигналов АЭ, дБ, не менее	80	84
Пределы допускаемых значений абсолютной погрешности измерения амплитуды сигналов АЭ, дБ, в диапазоне амплитуд: - от 40 до 100 дБ - менее 40 дБ	± 1 ± 1,5	
Диапазон измерений времени нарастания сигнала АЭ, мкс	от 1 до 160000	от 1 до 160000
Диапазон измерений продолжительности сигнала АЭ, мкс		
Пределы допускаемых значений абсолютной погрешности измерения времени нарастания (Т) и продолжительности сигнала (Т) АЭ, мкс	± (0,01·Т+1)	± (0,005·Т+1)
Диапазон измерения суммарного счета АЭ	от 1 до 75000	
Пределы допускаемых значений абсолютной погрешности измерения суммарного счета АЭ	± 1	
Пределы допускаемых значений абсолютной погрешности измерения интервала времени прибытия сигнала АЭ, мкс	± 1	

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции первичной и периодической поверок

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Опробование средства измерений	да	да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10
Определение уровня собственных пиковых шумов комплекса	да	да	10.1
Определение диапазона рабочих частот и отклонения рабочих частот от номинальных	да	да	10.2
Определение динамического диапазона и абсолютной погрешности измерений амплитуды сигналов акустической эмиссии (АЭ)	да	да	10.3
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения времени нарастания и продолжительности сигналов АЭ	да	да	10.4
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений суммарного счета АЭ	да	да	10.5
Определение абсолютной погрешности измерения интервала времени прибытия сигнала АЭ	да	да	10.6

2.2 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов. Первичная (периодическая) поверка отдельных измерительных каналов проводится на основании письменного заявления владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку, оформленного в произвольной форме.

2.3 Поверка комплекса прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, а комплекс признают не прошедшим поверку.

## 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С (20 ± 5);
- относительная влажность воздуха, %, не более 70;
- атмосферное давление, кПа (100 ± 4);
- напряжение сети переменного тока, В (220 ± 20);
- частота сети переменного тока, Гц (50 ± 1).

3.2 Внешние электрические поля и магнитные поля должны отсутствовать, либо находиться в пределах, не влияющих на работу комплекса.

#### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица:

- изучившие настоящую методику поверки и руководство по эксплуатации комплексов;
- прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

4.2 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

#### 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяются средства, указанные в таблице 3.

5.2 Средства поверки должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,2$ °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью не более $\pm 3$ %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 96 до 104 кПа с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,13$ кПа;	Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп», рег. № 32014-06
п. 10.1 Определение уровня собственных пиковых шумов комплекса	Осциллографы в ранге рабочего эталона 2 разряда согласно ГПС, утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. № 3463 в диапазоне измерений от 0 до $10^{-5}$ с (от 0 до 10 МГц), от 0 до 40 В с относительной погрешностью $\pm 4$ % и/или эталоны единиц времени и частоты не ниже уровня рабочего эталона 5-го разряда согласно ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360 в диапазоне измерений от 0 до $10^{-5}$ с, от 0 до 10 МГц с относительной погрешностью $\pm 5,0 \cdot 10^{-5}$	Осциллограф цифровой TDS2012B, рег. № 32618-06
п. 10.2 Определение диапазона рабочих частот и отклонения рабочих частот от номинальных		
п. 10.3 Определение динамического диапазона и абсолютной погрешности измерений амплитуды сигналов акустической эмиссии (АЭ)		
п. 10.4 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения времени нарастания и продолжительности сигналов АЭ		
п. 10.5 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений суммарного счета АЭ		
п. 10.6 Определение абсолютной погрешности измерения интервала времени прибытия сигнала АЭ	Эталоны единицы времени и частоты, не ниже уровня Рабочего эталона 5-го разряда согласно ГПС, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2360 от 26.09.2022 в диапазоне измерений частот	Генератор сигналов сложной формы AFG3022 рег. № 32620-06

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	генерируемых сигналов синусоидальной формы от 1 до 5 МГц	
Вспомогательное оборудование		
1. Аттенюатор с ослаблением 40 дБ; 2. Согласующее устройство		
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

## 6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Работа с комплексом и средствами поверки должна проводиться согласно требованиям безопасности, указанным в их нормативно-технической и эксплуатационной документации.

6.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности согласно ГОСТ 12.3.019-80.

## 7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие комплексов следующим требованиям:

- комплектность комплексов должна соответствовать его руководству по эксплуатации (далее – РЭ) и описанию типа;

- должны отсутствовать явные механические повреждения и загрязнения, влияющие на работоспособность комплексов;

- должна присутствовать маркировка комплексов в соответствии с РЭ и описанием типа.

7.2 Комплексы считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если соответствует требованиям, приведенным в пункте 7.1.

## 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Если комплекс и средства поверки до начала измерений находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 3.1, то их выдерживают при этих условиях не менее часа, или времени, указанного в эксплуатационной документации.

8.2 Провести контроль условий поверки, используя средства поверки, удовлетворяющие требованиям, указанным в таблице 3.

8.3 Подготовить комплекс и средства поверки к работе в соответствии с их РЭ.

8.4 Включить комплекс, нажав кнопку включения.

8.5 Загрузить программное обеспечение для регистрации и обработки сигналов АЭ.

8.6 Проверить возможность установки параметров регистрируемых сигналов АЭ.

8.7 Включить все каналы. Установить порог на уровень 0 дБ. При этом должна сработать сигнализация приема сигналов каждого канала комплекса.

8.8 Выполнить проверку работоспособности полевых устройств: преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ) и усилителей предварительных взрывозащищенных (ПУВ), входящих в комплект комплекса и установленных на объекте контроля.

8.9 Подключить все полевые устройства к электронному блоку комплекса.

8.10 Запустить программное обеспечение комплекса “Ресурс-2000” (далее – ПО) в режиме сбора данных.

8.11 Выполнить настройку режима самотестирования. Для этого выбрать в главном меню пункт «Комплекс» -> «Общие настройки комплекса». В одноименном диалоговом окне выбрать вкладку «Самотестирование» и выполнить настройку режима самотестирования:

8.12 Установить перепрограммирование каналов и задать расписание запуска режима.

8.13 Установить настройки сигнала теста: Амплитуда, В = 100; Частота, Гц = 999 (1000); Количество импульсов = 10000; Длительность импульса, мкс = 4.

8.14 Выбрать тип ПАЭ – излучающий (рисунок 1). Установить настройки канала: Состояние = Вкл.; Порог дискриминации, дБ = 40; Время определения пика, мкс = 100; Время конца события, мкс = 150; Мертвое время, мкс = 200; ФНЧ, кГц = 50; ФВЧ, кГц = 300.

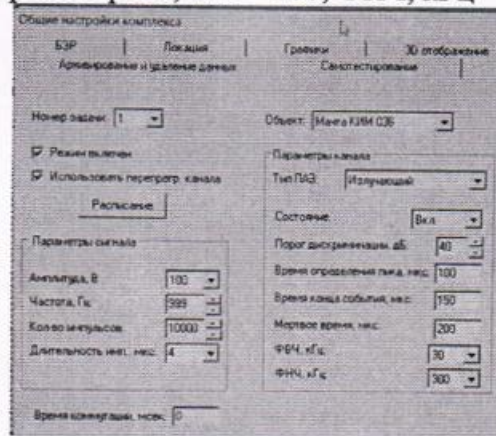


Рисунок 1

8.15 Выбрать тип ПАЭ –ближайшие (рисунок 2). Установить настройки канала: Состояние = Вкл.; Порог дискриминации, дБ = 50; Время определения пика, мкс = 10000; Время конца события, мкс = 10000; Мертвое время, мкс = 10000; ФНЧ, кГц = 50; ФВЧ, кГц = 300.

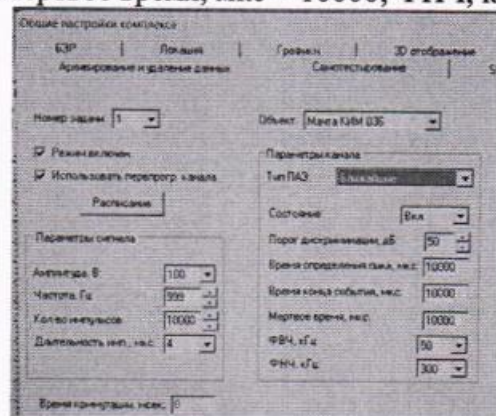


Рисунок 2

8.16 Выбрать тип ПАЭ остальные. Установить настройки канала: Состояние = Выкл.

8.17 Нажмите «Ок»

8.18 Для запуска задачи режима самотестирования выберите в главном меню пункт «Сервис» выберите «Диспетчер задач». Откроется диалоговое окно, в котором необходимо выбрать строку «Режим самотестирования» и для запуска режима нажать на кнопку или через контекстное меню команду Запустить задание (рисунок 3).

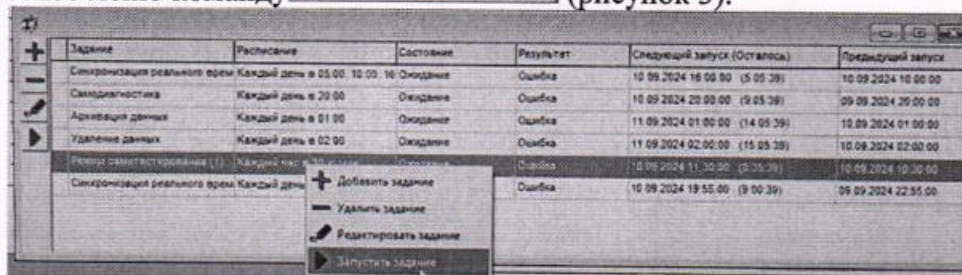


Рисунок 3

8.19 Выбрать в главном меню пункт «Сервис» -> «График» -> «Зависимости». Для построения графика зависимости выбрать следующие настройки:

- по горизонтальной оси - «Чсоб, кГц»;
- тип данных - «нелоцированные события теста»;
- тип графика - «Распределение»;

- количество интервалов времени – “250”;
- линейную фиксированную шкалу и задать значения шкалы = “50” и “300”;
- временной интервал работы режима самотестирования (рисунок 4).

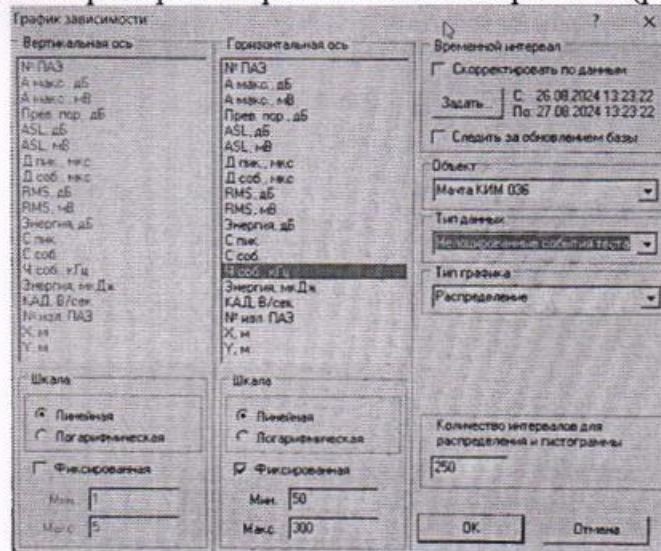


Рисунок 4

8.20 На графике зависимости выбрать ПАЭ № 1 (команда “Выбрать ПАЭ” в контекстном меню графика) и излучающий ПАЭ, находящийся в одном поясе слева от ПАЭ №1 (команда “Выбрать излучающие ПАЭ” в контекстном меню графика).

8.21 Определить моду частоты (**Чсоб**, кГц) нелоцированных событий теста на ПАЭ № 1 от близлежащего ПАЭ, находящегося в одном поясе слева от него, как частоту наибольшего количества событий. Количество событий, с частотой Чсоб  $\pm 10\%$ , кГц должно быть не менее 80 % от общего количества нелоцированных событий теста при используемом фильтре от 50 до 300 кГц (рисунок 5).

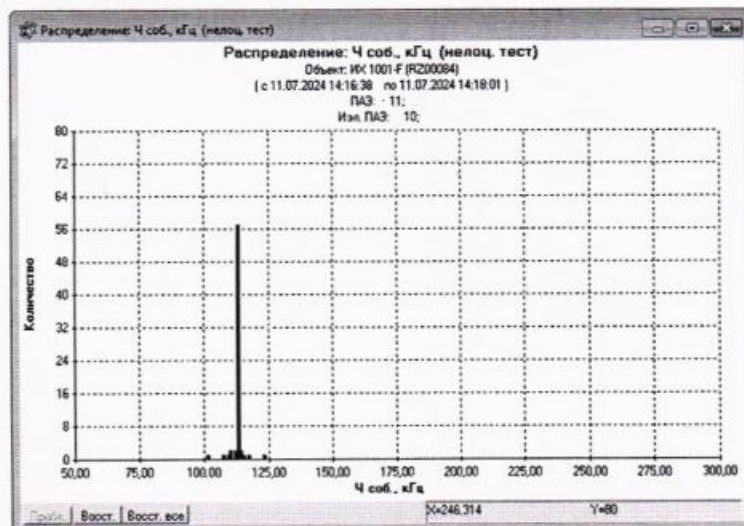


Рисунок 5. Распределение по частоте нелоцированных событий теста

8.22 Повторить выполнение пунктов 8.20, 8.21 для остальных ПАЭ, в порядке возрастания номеров.

8.23 В случае необходимости, рекомендуется изменить значение порога дискриминации для успешного выполнения пункта 8.21.


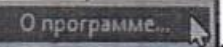
8.24 Проверить корректность работы органов регулировки, настройки и коррекции согласно РЭ.

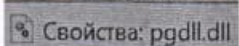
8.25 Комплекс считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если органы регулировки, настройки и коррекции функционируют согласно РЭ, пункт 8.8 выполнен с положительным результатом.


8.25 Комплекс считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если органы регулировки, настройки и коррекции функционируют согласно РЭ, пункт 8.8 выполнен с положительным результатом.

## 9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверить соответствие заявленных идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) сведениям, приведенным в описании типа на комплекс.

9.2 Запустить программное обеспечение (далее – ПО) «Ресурс-2000» на рабочей станции (ноутбуке). Откроется основное меню программы, в верхней строке меню нажать  и выбрать строку , прочитать идентификационное наименование.

9.3 Открыть файл , который находится в каталоге Resurs-2000 и прочитать идентификационное наименование и номер версии ПО.

9.4 Открыть файл , который находится в каталоге Resurs-2000 и прочитать идентификационное наименование и номер версии ПО.

9.5 Комплекс считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4


Идентификационные данные (признаки)	Значение	
	«Ресурс-2000»	
Наименование программного обеспечения	Программа обработки данных	Программа локации
Идентификационное наименование ПО	Furie	Location Library
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	1.0.4.1	2.1.1.1
Цифровой идентификатор ПО	-	-

## 10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям


### 10.1 Определение уровня собственных пиковых шумов комплекса

10.1.1 Выключить блок электронный регистрирующий (далее по тексту – БЭР), отключить полевые устройства от входа БЭРа.

10.1.2 Оставить входы БЭРа неподключенными, включить БЭР.

10.1.3 Открыть панель настройки параметров каналов комплекса (кнопка ).

10.1.4 Установить широкополосный фильтр (от 30 до 300 кГц).

10.1.5 Открыть окно табличного представления импульсных данных. (Данные – Просмотр в табличном виде – Нелоцированные события или нажатием кнопки ).

10.1.6 Последовательно по каналам уменьшать порог на 0 дБ и считать значения шумов в графе «А макс, дБ». Измерение шумов выполнить для каждого канала комплекса (рисунок 6).

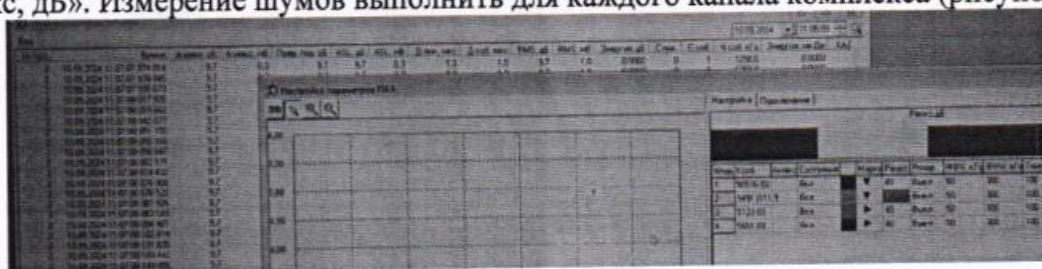


Рисунок 6

10.1.7 Комплекс считается прошедшим поверку с положительным результатом, если полученные значения уровня собственных пиковых шумов для комплексов модификации «Ресурс-2000» на каждом из каналов не превышают 20 дБ, а для комплексов модификации

«Ресурс-2000 М9», полученные значения уровня собственных пиковых шумов на каждом из каналов не превышают 16 дБ.

## 10.2 Определение диапазона рабочих частот и отклонения рабочих частот от номинальных

10.2.1 Собрать схему, представленную на рисунке 7. Подключить выход генератора ко входу согласующего устройства, а выход согласующего устройства к комплексу. Для контроля сигнала, подаваемого с генератора, подключить вход осциллографа между генератором и согласующим устройством.

Для того, чтобы не повредить выход генератора постоянным напряжением, поступающим с каналов комплекса, необходимо использовать согласующее устройство (СУ). Схема СУ представлена на рисунке 8.

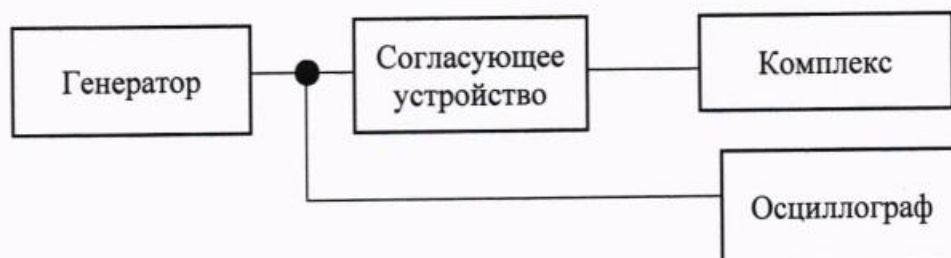


Рисунок 7 – Схема подключения

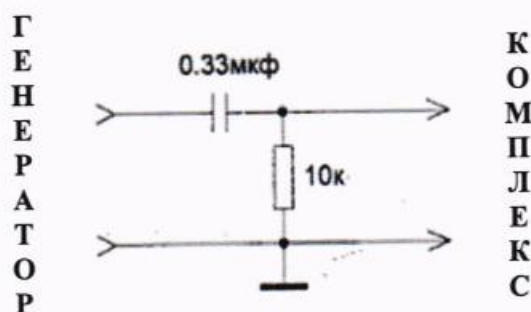


Рисунок 8 – Схема согласующего устройства

10.2.2 Установить генератор в режим генерации пакетов импульсов сигнала с синусоидальной несущей и треугольной формой модуляции амплитуды (рисунок 9): режим работы – «модуляция», функция – «синус», форма модуляции – «треугольник», длительность импульсов 0,5 мс, интервал запуска 0,5 мс.

Созданную с помощью специального программного обеспечения, поставляемого вместе с генератором, формы модуляции, передают на генератор с помощью USB флэш-накопителя.

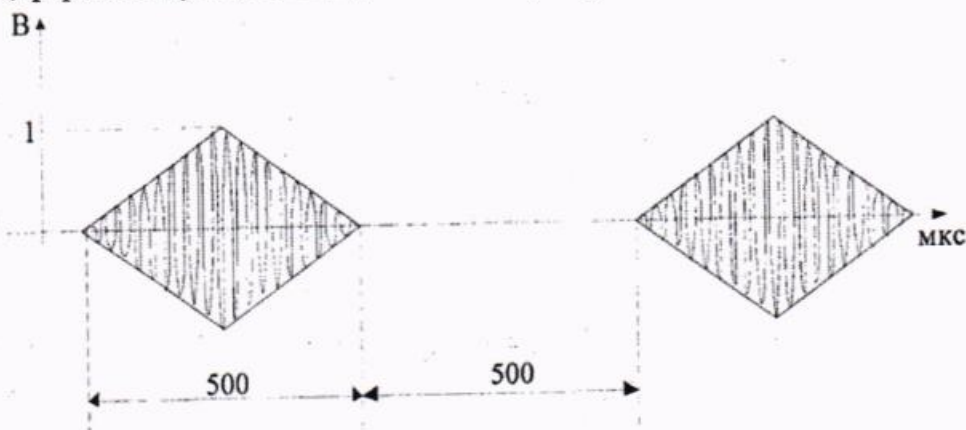


Рисунок 9 – Пакет импульсов сигнала с синусоидальной несущей и треугольной формой модуляции амплитуды

10.2.3 Установить на генераторе следующие настройки: глубина модуляции – 100 %, частота модуляции – 500 Гц, смещение нуля – 0 мВ (рисунок 10).

10.2.4 При использовании генератора, не поддерживающего модуляцию сигнала, можно использовать непрерывный синусоидальный сигнал.

10.2.5 Установить на генераторе частоту несущей на среднегеометрическую частоту рабочего диапазона комплекса – 95 кГц (рисунок 10). Амплитуда, установленная на генераторе должна соответствовать 1В, контролируется осциллографом (рисунок 11).



Рисунок 10

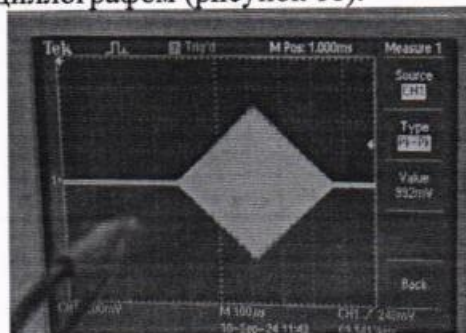


Рисунок 11

10.2.6 Открыть панель настройки параметров каналов комплекса (кнопка ).

10.2.7 Установить на всех каналах комплекса: широкополосный фильтр (от 30 до 300 кГц), уровень порога ( $P_{фикс}$ , дБ) - 30 дБ, плавающий порог ( $P_{плав}$ ) - выкл., время до пика ( $T_{пик}$ , мкс) - 200 мкс, время регистрации события ( $T_{соб}$ , мкс) - 300 мкс, мертвое время ( $T_{мер}$ , мкс) - 1 мкс. (Рисунок 12)

Канал	К.соб	А.макс	Состояние	Марк	$P_{фикс}$	$P_{плав}$	ФВЧ, кГц	ФНЧ, кГц	$T_{пик}$ , мкс	$T_{соб}$ , мкс	$T_{мер}$ , мкс
1	117814 [1]	84	Вкл	▼	30	Выкл	300	200	300	1	1
2	4547 [0]		Вкл	▼	30	Выкл	300	300	200	300	1
3	6024 [0]		Вкл	▶	30	Выкл	300	300	200	300	1
4	34506 [0]		Вкл	▶	30	Выкл	300	300	200	300	1

Рисунок 12

10.2.8 Подать сигнал с генератора через согласующее устройство на первый канал комплекса. Отключить неиспользуемые каналы.

10.2.9 Открыть окно табличного представления импульсных данных, где представлены значения амплитуды сигнала в графе «А макс, дБ» (Рисунок 13). Записать в протокол значения измерений частоты.

№ ПАЗ	Время	А макс, дБ	А макс, мВ	Прев. пор. дБ	А
3	10.09.2024 11:29:55 234 473	80,2	1018,4	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 235 476	80,2	1018,7	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 236 474	80,2	1018,7	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 237 472	80,2	1019,3	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 238 470	80,2	1019,0	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 239 467	80,2	1018,4	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 240 465	80,2	1019,0	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 241 462	80,2	1018,4	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 242 460	80,2	1018,7	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 243 459	80,2	1018,4	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 244 456	80,2	1017,8	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 245 453	80,1	1017,2	50,1	
3	10.09.2024 11:29:55 246 451	80,2	1017,5	50,2	
3	10.09.2024 11:29:55 247 448	80,1	1016,3	50,1	
3	10.09.2024 11:29:55 248 446	80,1	1017,2	50,1	
3	10.09.2024 11:29:55 249 443	80,1	1015,7	50,1	
3	10.09.2024 11:29:55 250 442	80,1	1016,3	50,1	
3	10.09.2024 11:29:55 251 439	80,1	1014,1	50,1	
3	10.09.2024 11:29:55 252 437	80,1	1015,0	50,1	
3	10.09.2024 11:29:55 253 434	80,1	1013,2	50,1	

Рисунок 13

10.2.10 Изменять частоту несущей на генераторе в сторону верхних (рисунок 14) и нижних (рисунок 15) частот. Определить частотный диапазон по уменьшению амплитуды сигнала на 3 дБ относительно амплитуды на частоте 95 кГц.



Рисунок 14



Рисунок 15

10.2.11 Вычислить отклонение рабочих частот ( $\delta_F$ ) от номинальных по формуле:

$$\delta_F = \frac{F_{\text{изм}} - F_{\text{ном}}}{F_{\text{ном}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $F_{\text{изм}}$  – измеренная частота;

$F_{\text{ном}}$  – номинальная частота, соответствующая нижней (30 кГц) и верхней (300 кГц) границам рабочего частотного диапазона комплекса.

Полученные результаты измерений занести в протокол поверки, который приведен в приложении А.

10.2.12 Выполнить определение рабочего частотного диапазона и отклонения рабочих частот от номинальных для каждого канала комплекса.

10.2.13 Комплекс считается прошедшим поверку с положительным результатом, если рабочий частотный диапазон на каждом из каналов составляет от 30 до 300 кГц, при этом отклонение рабочих частот от номинальных не превышает  $\pm 5\%$ .

### 10.3 Определение динамического диапазона и абсолютной погрешности измерения амплитуды сигналов АЭ

10.3.1 Выполнить пункт 10.2.1

10.3.2 Установить генератор в режим генерации непрерывного синусоидального сигнала (рисунок 16): режим работы – «непрерывный», функция – «синус»

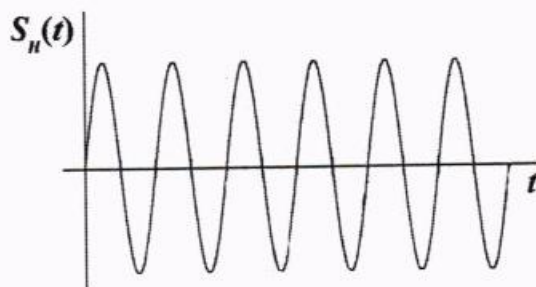


Рисунок 16

10.3.3 Выполнить пункты 10.2.3 – 10.2.8

10.3.4 Увеличивая амплитуду сигнала на генераторе (рисунок 17), определить максимальное значение амплитуды сигнала ( $A_{\text{макс}}$ ), регистрируемое комплексом, при котором не происходит перегрузка усилителя.

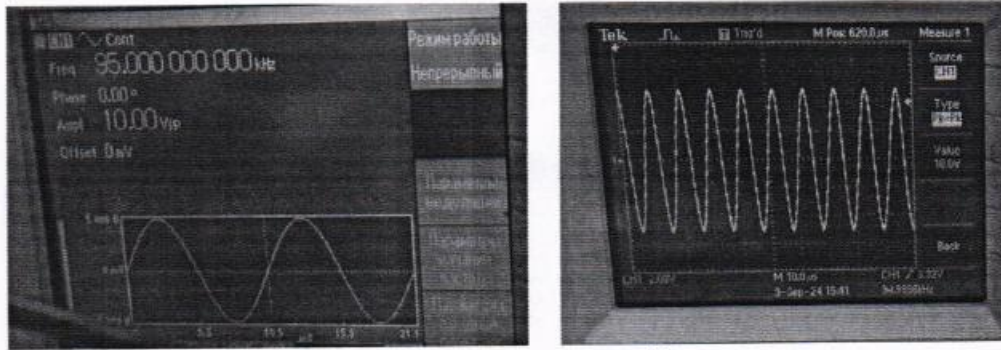


Рисунок 17

10.3.5 Вычислить динамический диапазон измерения амплитуды сигналов АЭ по формуле:

$$D_{\text{изм}} = A_{\text{макс}} - A_{\text{шум}} \quad (2)$$

где  $A_{\text{макс}}$  - максимальное значение амплитуды сигнала АЭ, определенное в п.10.3.4, дБ  
 $A_{\text{шум}}$  - уровень собственных пиковых шумов комплекса, определенный в п. 10.1, дБ.

10.3.6 Установить на генераторе амплитуду сигнала на 1 В (рисунок 18), что соответствует 80 дБ при коэффициенте усиления комплекса 40 дБ.

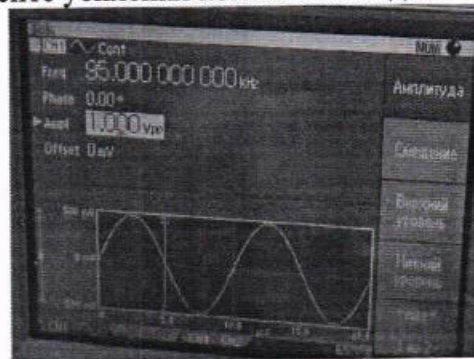


Рисунок 18

10.3.7 Выбрать пять значений сигналов амплитуд в графе «А макс, дБ» и вычислить среднее арифметическое значение амплитуды сигнала по формуле:

$$A_{\text{изм}} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n} \quad (3)$$

где  $A_i$  – значение  $i$ -го измерения амплитуды, дБ;  
 $n$  - количество измерений.

10.3.8 Рассчитать абсолютную погрешность измерений амплитуды сигнала АЭ по формуле:

$$\Delta A = A_{\text{изм}} - A_0 \quad (4)$$

где  $A_{\text{изм}}$  – измеренное среднее арифметическое значение амплитуды сигнала АЭ;  
 $A_0$  - номинальное значение амплитуды сигнала генератора, дБ.

Полученные результаты измерений занести в протокол поверки, который приведен в приложении А.

10.3.9 Повторить операции по пунктам 10.3.6 – 10.3.8 при амплитудах генератора 100 мВ (60 дБ) и 10 мВ (40 дБ). Для установки амплитуды 10 мВ использовать сигнал генератора с амплитудой 1 В и аттенюатор на 40 дБ.

10.3.10 Выполнить определение динамического диапазона и абсолютной погрешности измерения амплитуды сигналов АЭ для каждого канала комплекса.

10.3.11 Комплекс считается прошедшим поверку с положительным результатом, если на каждом канале комплекса динамический диапазон измерения амплитуды сигналов АЭ составляет не менее 80 дБ для комплекса модификации «Ресурс-2000» и не менее 84 дБ для

комплекса модификации «Ресурс-2000 М9», а значение допускаемой абсолютной погрешности измерений амплитуды сигналов АЭ не превышает пределов  $\pm 1$  дБ в диапазоне от 40 до 100 дБ, и пределы  $\pm 1,5$  дБ при значении менее 40 дБ.

### 10.4 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений времени нарастания и продолжительности сигналов АЭ

10.4.1 Выполнить пункты 10.2.1 – 10.2.8 методики поверки.

10.4.2 Подать сигнал с генератора 500 Гц (рисунок 19).

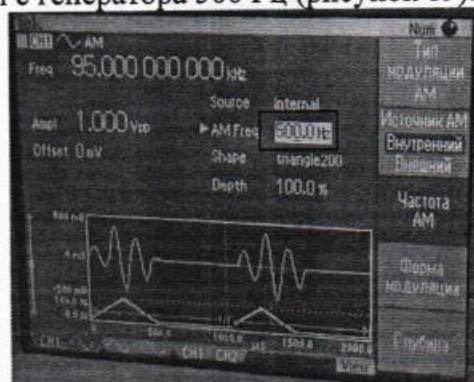
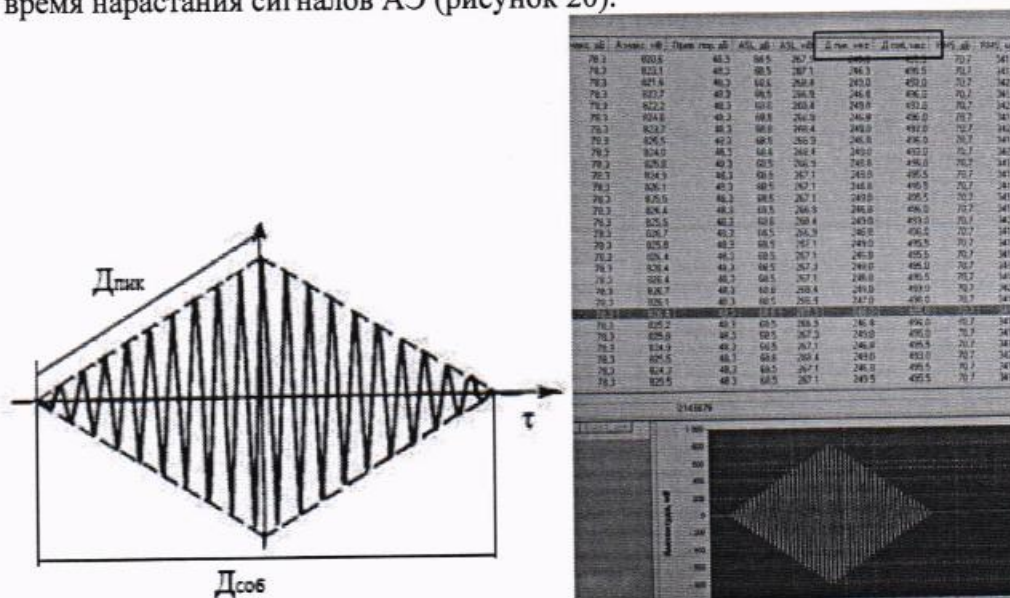


Рисунок 19

10.4.3 Получить по 5 импульсных сигналов комплекса в диапазоне времени нарастания и продолжительности сигнала АЭ от 1 до 160000 мкс. В графе «Д соб, мкс» - указывается измеренная продолжительность сигналов, в графе «Д пик, мкс» - указывается измеренное время нарастания сигналов АЭ (рисунок 20).



$T_{нар}$  - действительное значение времени нарастания сигнала (при установке на комплексе порога 30 дБ происходит уменьшение времени нарастания сигнала  $T_{нар0}$ , подаваемого с генератора. При этом  $T_{нар} = T_{нар0} \cdot 0,99683771$ ).

Полученные результаты измерений занести в протокол поверки, который приведен в приложении А.

10.4.6 Выполнить определение диапазона и абсолютной погрешности времени нарастания и продолжительности сигнала АЭ для каждого канала комплекса.

10.4.7 Комплекс считается прошедшим поверку с положительным результатом, если диапазон измерений времени нарастания и продолжительности сигнала АЭ составляет от 1 до 160000 мкс, а пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений времени нарастания (Т) и продолжительности сигнала (Т) АЭ для комплекса модификации «Ресурс-2000» не превышает  $\pm (0,01 \cdot T + 1)$  мкс, где Т – измеренное времени нарастания и продолжительность сигнала, мкс и для комплекса модификации «Ресурс-2000 М9» не превышает  $\pm (0,005 \cdot T + 1)$  мкс.

### 10.5 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений суммарного счета АЭ

10.5.1 Выполнить пункты 10.2.1, 10.2.2 методики поверки. При использовании генератора, не поддерживающего модуляцию сигнала, использовать сигнал с синусоидальной несущей с заданным количеством импульсов в сигнале.

10.5.2 Установить на генераторе частоту несущей 100 кГц, амплитуду – 1 В. Установленная частота модулированного сигнала соответствует 50 выбросам («С соб») в сигнале на промежутке длительностью 500 мкс. Количество выбросов до пика – 25. Количество выбросов в сигнале, установленное на генераторе, контролируется осциллографом (Рисунок 21).

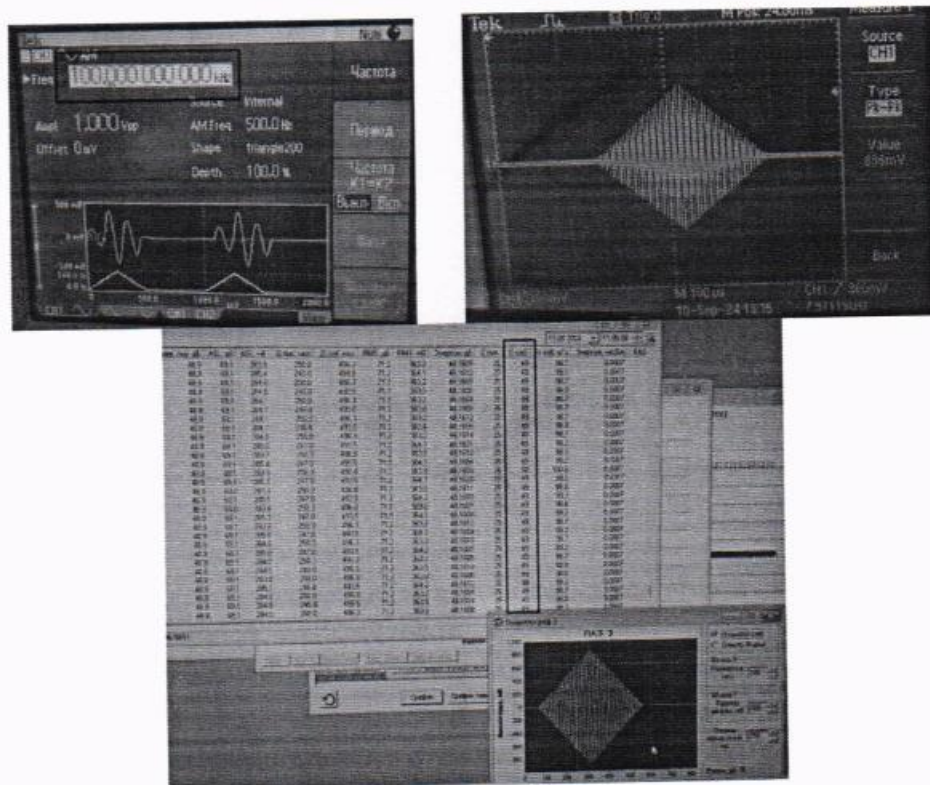


Рисунок 21

10.5.3 Открыть панель настройки параметров комплекса.

10.5.4 Установить на всех каналах комплекса: широкополосный фильтр (от 30 до 300 кГц), уровень порога ( $P_{фикс}$ , дБ) – 30 дБ, плавающий порог ( $P_{плав}$ ) – выкл., время до пика ( $T_{пик}$ , мкс) – 200 мкс, время регистрации события ( $T_{соб}$ , мкс) – 300 мкс, мертвое время ( $T_{мер}$ , мкс) – 1 мкс.

10.5.5 Подать сигнал с генератора через согласующее устройство на первый канал комплекса. Отключить неиспользуемые каналы.

10.5.6 Открыть окно табличного представления импульсных данных. В окне табличного представления импульсных данных комплекса приводятся измеренные сигналы, в графе «С соб» указывается величина суммарного счета АЭ и в графе «С пик» величина суммарного счета АЭ до пика сигнала АЭ.

10.5.7 Получить по 5 импульсных сигналов комплекса в диапазоне измерений суммарного счета АЭ от 1 до 75000.

10.5.8 Рассчитать абсолютную погрешность измерения суммарного счета АЭ для каждого сигнала по формуле:

$$\Delta X = X_{\text{изм}} - X_0, \quad (7)$$

где  $X_{\text{изм}}$  – измеренное значение суммарного счета АЭ;

$X_0$  – номинальное значение выбросов в сигнале АЭ (в соответствии с установленным на генераторе)

Полученные результаты измерений занести в протокол поверки, который приведен в приложении А.

10.5.9 Установить на генераторе частоту несущей 300 кГц и частоту модуляции 1 Гц, амплитуду – 1 В. Установленная частота модулированного сигнала соответствует 7500 выбросам («С соб») в сигнале на промежутке длительностью 250000 мкс.

10.5.10 Выполнить определение диапазона и абсолютной погрешности измерений суммарного счета АЭ для каждого канала комплексов.

10.5.11 Комплекс считается прошедшим поверку с положительным результатом, если диапазон измерений суммарного счета АЭ составляет от 1 до 75000, а значение абсолютной погрешности измерений суммарного счета АЭ на каждом канале прибора не превышает  $\pm 1$ .

## 10.6 Определение абсолютной погрешности измерений интервала времени прибытия сигнала АЭ

10.6.1 Собрать схему, представленную на рисунке 22.

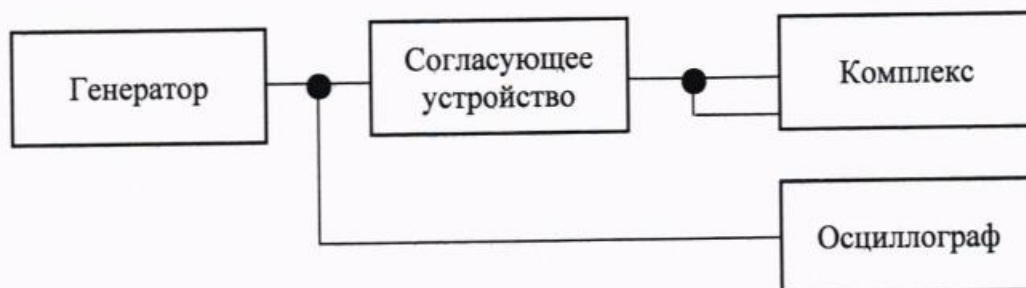


Рисунок 22 – Схема подключения

10.6.2 Установить генератор в режим генерации пакетов импульсов сигнала с синусоидальной несущей и треугольной формой модуляции амплитуды (рисунок 9): режим работы – «модуляция», функция – «синус», форма модуляции – «треугольник», длительность импульсов 0,5 мс, интервал запуска – 0,5 мс.

При использовании генератора, не поддерживающего модуляцию сигнала, можно использовать пачки сигналов с синусоидальной несущей длительностью 0,5 мс, с интервалом запуска – 0,5 мс.

10.6.3 Установить на генераторе частоту несущей на среднегеометрическую частоту рабочего диапазона комплекса – 95 кГц, амплитуду – 1 В. Амплитуда и частота, установленные на генераторе, контролируются осциллографом (Рисунок 23).

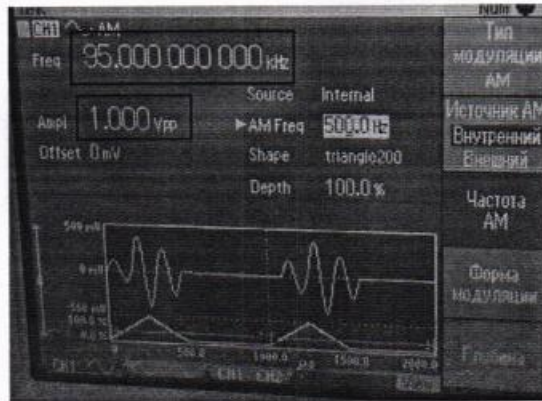


Рисунок 23

10.6.4 Открыть панель настройки параметров каналов комплекса.

10.6.5 Установить на всех каналах комплекса: широкополосный фильтр (от 30 до 300 кГц), уровень порога ( $R_{\text{фикс}}$ , дБ) – 30 дБ, плавающий порог ( $R_{\text{плав}}$ ) – выкл., время до пика ( $T_{\text{пик}}$ , мкс) – 200 мкс, время регистрации события ( $T_{\text{соб}}$ , мкс) – 300 мкс, мертвое время ( $T_{\text{мер}}$ , мкс) – 1 мкс.

10.6.6 Подать сигнал с генератора через согласующее устройство на первый и второй каналы комплекса. Отключить неиспользуемые каналы.

10.6.7 Отключить окно табличного представления импульсных данных. (Данные – Просмотр в табличном виде – Нелоцированные события). В графе «Время» указываются измеренные значения времени прибытия сигнала АЭ на первый и второй каналы комплекса (Рисунок 24).

№ п/п	Время	А макс. дБ	А макс. мВ	Прог. пор. дБ	ASL дБ	ASL мВ	Д. сиг. мкс	Д. сиг. мс	RMS дБ	RMS мВ	Энергия дБ	Сиг.	С. соб.	Ч. соб. м/с
2	10.09.2024 09:24:55 786 131	74.7	544.6	44.7	64.9	175.2	248.3	436.3	67.0	224.3	43.9734	23	47	94.6
3	10.09.2024 09:24:55 789 189	74.7	543.9	44.7	64.9	175.6	249.3	435.5	67.0	224.5	43.9740	23	47	94.6
1	10.09.2024 09:24:55 790 186	74.7	541.7	44.7	64.9	175.2	249.0	436.1	67.0	224.1	43.9694	23	47	94.6
1	10.09.2024 09:24:55 791 167	74.7	542.9	44.7	64.9	175.4	247.5	435.5	67.0	224.1	43.9697	24	46	94.6
1	10.09.2024 09:24:55 791 165	74.7	542.9	44.7	64.9	175.3	248.0	436.0	67.0	224.4	43.9736	23	47	94.7
2	10.09.2024 09:24:55 791 185	74.7	543.5	44.7	64.9	175.6	249.3	435.9	67.0	224.1	43.9694	23	47	94.6
2	10.09.2024 09:24:55 791 183	74.7	543.8	44.7	64.9	175.5	248.0	436.0	67.0	224.5	43.9720	23	47	94.3
1	10.09.2024 09:24:55 792 183	74.7	542.9	44.7	64.9	175.2	247.5	435.5	67.0	224.6	43.9692	23	47	94.9
1	10.09.2024 09:24:55 793 179	74.7	542.3	44.7	64.9	175.4	248.8	436.0	67.0	224.3	43.9723	23	47	94.7
2	10.09.2024 09:24:55 793 176	74.7	542.9	44.7	64.9	175.0	249.3	435.5	67.0	224.1	43.9697	23	47	94.8
1	10.09.2024 09:24:55 794 176	74.7	542.6	44.7	64.9	175.4	249.3	436.0	67.0	224.4	43.9740	23	47	94.7
1	10.09.2024 09:24:55 794 175	74.7	542.6	44.7	64.9	175.1	248.3	436.0	67.0	224.0	43.9690	23	47	94.7
1	10.09.2024 09:24:55 795 175	74.7	542.0	44.7	64.9	175.4	248.3	436.0	67.0	224.4	43.9734	23	47	94.7
2	10.09.2024 09:24:55 795 172	74.7	542.9	44.7	64.9	175.2	249.3	436.3	67.0	224.3	43.9730	23	47	94.6
1	10.09.2024 09:24:55 796 172	74.7	542.9	44.7	64.9	175.0	248.0	436.0	67.0	223.9	43.9716	23	47	94.7
1	10.09.2024 09:24:55 797 170	74.7	542.5	44.7	64.9	175.2	248.3	435.5	67.0	224.1	43.9695	23	47	94.8
2	10.09.2024 09:24:55 798 166	74.7	542.5	44.7	64.9	175.4	249.3	436.0	67.0	224.3	43.9737	23	47	94.7
1	10.09.2024 09:24:55 798 166	74.7	542.2	44.7	64.9	175.2	248.0	436.3	67.0	224.3	43.9737	23	47	94.6
1	10.09.2024 09:24:55 799 169	74.7	543.0	44.7	64.9	175.2	247.5	435.5	67.0	224.1	43.9689	23	47	94.9
1	10.09.2024 09:24:55 799 165	74.7	543.0	44.7	64.9	175.2	248.3	435.5	67.0	224.1	43.9694	23	47	94.8
2	10.09.2024 09:24:55 799 165	74.7	543.5	44.7	64.9	175.5	249.3	435.5	67.0	224.4	43.9737	23	47	94.6
2	10.09.2024 09:24:55 800 164	74.7	544.1	44.7	64.9	175.5	247.5	435.5	67.0	224.5	43.9740	23	47	94.6
1	10.09.2024 09:24:55 803 164	74.7	544.8	44.7	64.9	175.2	247.5	435.5	67.0	224.1	43.9694	23	47	94.8
2	10.09.2024 09:24:55 803 161	74.7	543.8	44.7	64.9	175.5	249.3	435.5	67.0	224.4	43.9733	23	47	94.8
1	10.09.2024 09:24:55 803 161	74.7	544.5	44.7	64.9	175.2	248.3	435.5	67.0	224.1	43.9696	23	47	94.8
2	10.09.2024 09:24:55 802 158	74.7	543.8	44.7	64.9	175.4	248.0	436.0	67.0	224.4	43.9743	23	47	94.7
1	10.09.2024 09:24:55 802 156	74.7	544.8	44.7	64.9	175.1	248.0	436.0	67.0	224.0	43.9690	23	47	94.7
1	10.09.2024 09:24:55 802 156	74.7	543.8	44.7	64.9	175.1	248.0	436.0	67.0	224.0	43.9694	23	47	94.7
1	10.09.2024 09:24:55 803 156	74.7	543.3	44.7	64.9	175.1	248.0	436.0	67.0	224.4	43.9694	23	47	94.7

Рисунок 24

10.6.8 Рассчитать абсолютную погрешность времени прибытия сигнала АЭ на первый ( $T_1$ ) и второй ( $T_2$ ) каналы комплекса по формуле:

$$\Delta T = T_1 - T_2, \quad (8)$$

Полученные результаты измерений занести в протокол поверки, который приведен в приложении А.

10.6.9 Определить по пунктам 10.6.6 – 10.6.8 абсолютную погрешность времени прибытия сигнала АЭ для второго и третьего каналов, для третьего и четвертого каналов и т. д.

10.6.10 Комплекс считается выдержавшими этап испытаний с положительным результатом, если значения абсолютной погрешности времени прибытия сигнала АЭ на 2 канала комплекса не превышают  $\pm 1$  мкс.

## 11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

11.2 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) выдает свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утвержденными приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510. Нанесение знака поверки на комплексы не предусмотрено.

11.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) выдает извещения о непригодности к применению средства измерений.

11.4 Сведения о результатах поверки (как положительные, так и отрицательные) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела Д-4  
ФГБУ «ВНИИОФИ»



А.В. Иванов

Ведущий инженер отдела Д-1  
ФГБУ «ВНИИОФИ»



Р.И. Лебедев

Инженер-метролог отдела Д-4  
ФГБУ «ВНИИОФИ»



О.Е. Деменчук

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(рекомендуемое)  
ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ

**ПРОТОКОЛ** первичной/периодической поверки №  
от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года

Средство измерений:  
Заводской номер: \_\_\_\_\_  
Год выпуска: \_\_\_\_\_  
Состав: \_\_\_\_\_  
Изготовитель: \_\_\_\_\_  
Владелец СИ: \_\_\_\_\_  
Поверено в соответствии с методикой поверки:

При следующих значениях влияющих факторов:

Температура окружающей среды \_\_\_\_\_;  
Атмосферное давление \_\_\_\_\_;  
Относительная влажность \_\_\_\_\_;  
Напряжение переменного тока \_\_\_\_\_;  
Частота переменного тока \_\_\_\_\_;

Применение средства поверки: \_\_\_\_\_

Результаты поверки:

А.1 Внешний осмотр \_\_\_\_\_

А.2 Проверка идентификации ПО \_\_\_\_\_

А.3 Опробование \_\_\_\_\_

А.4 Результаты определения метрологических характеристик:

**Определение уровня собственных пиковых шумов комплекса**

Таблица А.1

Номер канала	Последовательно по каналам уменьшать порог на 0 дБ	Зафиксированное значение уровня собственных пиковых шумов, дБ («А макс, дБ»)				Уровень собственных пиковых шумов комплекса не более, дБ
1	0					
2	0					
3	0					
4	0					

**Определение диапазона рабочих частот и отклонения рабочих частот от номинальных**

Таблица А.2

Номер канала	Установленный широкополосный фильтр на комплексе, кГц		Значения амплитуды сигнала, фиксируемые комплексом в графе «А макс, дБ»	Определение частотного диапазона по уменьшению амплитуды сигнала на 3 дБ относительно амплитуды на частоте 95 кГц		Рассчитанное отклонение рабочих частот от номинальных, %	Требования технической документации, %
1	нижняя граница	30		нижняя граница			± 5
	верхняя граница	300		верхняя граница			
2	нижняя граница	30		нижняя граница			

Номер канала	Установленный широкополосный фильтр на комплексе, кГц		Значения амплитуды сигнала, фиксируемые комплексом в графе «А макс, дБ»	Определение частотного диапазона по уменьшению амплитуды сигнала на 3 дБ относительно амплитуды на частоте 95 кГц		Рассчитанное отклонение рабочих частот от номинальных, %	Требования технической документации, %
	верхняя граница	300		верхняя граница			
	нижняя граница	30		нижняя граница			
	верхняя граница	300		верхняя граница			

### Определение динамического диапазона и абсолютной погрешности измерения амплитуды сигналов АЭ

Таблица А.3

№ канала	Значения установленные на генераторе		Максимальное значение амплитуды АЭ сигнала фиксируемое комплексом в графе «А макс, дБ»	Динамический диапазон измерений амплитуды АЭ сигнала, дБ
	Частота, кГц	Амплитуда, В		
1	95	10		
2				

Таблица А.3.1

№ канала	Значение амплитуды сигнала установленного на генераторе, дБ	Значение амплитуды АЭ сигнала измеренное комплексом, дБ	Среднее значение амплитуды АЭ сигнала измеренное системой, дБ	Абсолютная погрешность измерений амплитуды АЭ сигнала, дБ
1	1 В (80 дБ)			± 1
	100 мВ (60 дБ)			± 1
2	1 В (80 дБ)			± 1
	100 мВ (60 дБ)			± 1



Таблица А.4.1

№ канала	Установленное значение на генераторе	Измеренное время нарастания сигнала «Д пик, мкс»	Среднее значение времени нарастания сигнала АЭ, мкс	Абсолютная погрешность измерений времени нарастания сигнала АЭ, мкс	Пределы допускаемой погрешности измерений времени нарастания сигнала АЭ, мкс,
1	500 Гц				
2	500 Гц				

Таблица А.4.2

№ канала	Установленное значение на генераторе	Измеренная продолжительность сигнала, «Д соб, мкс»	Измеренное время нарастания сигнала «Д пик, мкс»	Нормируемое значение, мкс	
1	1 Гц			от 1 до 160000	
	5 кГц				
2	1 Гц			от 1 до 160000	
	5 кГц				

## Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений суммарного счета АЭ

Таблица А.5

№ канала	Частота несущей, кГц	Частота модуляции, Гц	Измеренное значение суммарного счета АЭ «С соб»	Абсолютная погрешность измерения суммарного счета АЭ	Требования технической документации
1	100	500			± 1
2	100	500			

Таблица А.5.1

№ канала	Частота несущей, кГц	Частота модуляции, Гц	Измеренное значение суммарного счета АЭ «С соб»	Измеренная величина суммарного счета АЭ до пика сигнала АЭ «С пик»	Требования технической документации
1	300	1			до 75000
2	300	1			

## Определение абсолютной погрешности измерений интервала времени прибытия сигнала АЭ

Таблица А.6

№ канала	Установленные значения на генераторе		Измеренное значение времени прибытия сигнала АЭ на первый канал, мкс	Измеренное значение времени прибытия сигнала АЭ на второй канал, мкс	Абсолютная погрешность времени прибытия сигнала АЭ, мкс
	Частота несущей, кГц	Частота модуляции, Гц			
1-2	95	500			
2-3	95	500			

Заключение:

---

Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Поверитель: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Подпись

ФИО