

СОГЛАСОВАНО
Начальник ФГБУ
«ГНМЦ» Минобороны России

Т.Ф. Мамлеев

«10» 08 2023 г.
М.п.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Концентраторы-анализаторы низкочастотных сигналов
многофункциональные СКМ-8**

**Методика поверки
МП-206/585-2023**

2023

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на концентраторы-анализаторы низкочастотных сигналов многофункциональные СКМ-8 (далее – анализаторы) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Первичная поверка проводится:

- при вводе в эксплуатацию;
- после ремонта.

1.3 Допускается проведение периодической поверки в сокращенном объеме на основании письменного заявления заказчика. В этом случае в сведениях о результатах поверки обязательно указывается информация об объеме проведенной поверки.

1.4 Анализаторы соответствуют средствам измерений по следующим ГПС:

- утвержденной приказом Росстандарта от 18.08.2023 № 1706 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц»;

- утвержденной приказом Росстандарта от 17.03.2022 № 668 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений силы переменного электрического тока от $1 \cdot 10^{-8}$ до 100 А в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц»;

- утвержденной приказом Росстандарта от 30.11.2018 № 2537 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений звукового давления в воздушной среде и аудиометрических шкал»;

- утвержденной приказом Росстандарта от 27.12.2018 № 2772 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения»;

- утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3383 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц».

1.5 Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость:

- к Государственному первичному специальному эталону единицы электрического напряжения (вольта) в диапазоне частот $10 - 3 \cdot 10^7$ Гц ГЭТ 89-2008 согласно приказу Росстандарта от 18.08.2023 № 1706 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц»;

- к Государственному первичному специальному эталону единицы силы электрического тока в диапазоне частот $20 - 1 \cdot 10^6$ Гц ГЭТ 88-2014 согласно приказу Росстандарта от 17.03.2022 № 668 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений силы переменного электрического тока от $1 \cdot 10^{-8}$ до 100 А в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц»;

- к Государственному первичному эталону единицы звукового давления в воздушной среде и аудиометрических шкал ГЭТ 19-2018 согласно приказу Росстандарта от 30.11.2018 № 2537 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений звукового давления в воздушной среде и аудиометрических шкал»;

- к Государственному специальному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела ГЭТ 58-2018 согласно приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения»;

- к Государственному первичному эталону единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц ГЭТ 193-2011 согласно приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3383 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц».

1.6 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки:

- метод прямых измерений в соответствии с приказом Росстандарта № 1706 от 18.08.2023;
- метод косвенных измерений в соответствии с приказом Росстандарта № 668 от 17.03.2022;
- метод сравнения в соответствии с приказом Росстандарта № 2537 от 30.11.2018;
- метод прямых измерений в соответствии с приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018;
- метод прямых измерений в соответствии с приказом Росстандарта № 3383 от 30.12.2019.

1.7 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Количество измерительных каналов	4
При измерении напряжения переменного тока	
Диапазон рабочих частот, Гц	от 10 до 20000
Диапазон входных напряжений переменного тока, В	от $2 \cdot 10^{-8}$ до 4
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения переменного тока, %	± 5
При измерении силы переменного тока	
Диапазон рабочих частот, Гц	от 63 до 16000
Коэффициент калибровки в диапазоне рабочих частот, дБ (Ом^{-1})	от 15 до 40
Пределы допускаемой погрешности изменения коэффициента калибровки в зависимости от подмагничивания рабочим током, дБ	± 2
При измерении уровня звукового давления	
Диапазон рабочих частот, Гц	от 20 до 16000
Диапазон измерений, дБ относительно уровня 20 мкПа	от 20 до 120
Пределы допускаемой погрешности измерений на частоте 1000 Гц, дБ относительно уровня 20 мкПа	$\pm 0,7$
Нелинейность амплитудной характеристики, дБ	$\pm 1,1$
Частотные характеристики А, С, Z(ЛИН) соответствуют шумомерам 1-го класса точности по ГОСТ Р 53188.1-2019	
При измерении виброускорения	
Диапазон рабочих частот, Гц	от 20 до 12000
Диапазон измерений, м/ s^2	от $1,0 \cdot 10^{-3}$ до 31,6
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений, % в поддиапазоне частот от 20 до 5001 Гц	± 5
в поддиапазоне частот свыше 5001 до 12000 Гц	± 10

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, приведённые в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции	Проведение операции при		Номер пункта методики поверки
	первой поверке	периодической поверке (после ремонта)	
1 Внешний осмотр	да	да	7
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
3 Проверка программного обеспечения	да	да	9

Продолжение таблицы 2

Наименование операции	Проведение операции при		Номер пункта методики поверки
	первойной поверке (после ремонта)	периодической поверке	
4 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений			10
4.1 Определение относительной погрешности измерений напряжения переменного тока	да	да	10.1
4.2 Определение относительной погрешности измерений уровня звукового давления на частоте 1000 Гц	да	да	10.2
4.3 Определение относительной погрешности линейности уровня	да	да	10.3
4.4 Определение частотных характеристик	да	нет	10.4
4.5 Определение относительной погрешности измерений виброускорения	да	да	10.5
4.6 Определение значений коэффициента калибровки токосъемников в диапазоне рабочих частот и погрешности изменений коэффициента калибровки от подмагничивания рабочим током	да	да	10.6

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:
 температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25;
 относительная влажность воздуха, %, не более 80;
 атмосферное давление, кПа от 96 до 104.

Примечание 1 – При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (рабочих эталонов) должны соответствовать регламентируемым в их инструкциях по эксплуатации требованиям.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, прошедшие специальную подготовку в качестве поверителей.

4.2 Поверитель должен изучить эксплуатационные документы на поверяемые анализаторы и используемые средства поверки.

5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

5.2 Все средства поверки должны быть исправны и иметь действующие документы о поверке (знак поверки).

Таблица 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 3	Средства измерений: температуры окружающей среды в диапазоне от 10 до 30 °C с абсолютной погрешностью не более ± 1 °C; относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с абсолютной погрешностью не более ± 3 %; атмосферного давления в диапазоне от 86,6 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ кПа	Приборы комбинированные Testo 622, рег. № 44744-10
8.2, 10.3, 10.4	Рабочий эталон 3-го разряда по приказу Росстандарта № 1706 от 18.08.2023: диапазон рабочих частот от 0 до 51,2 кГц, динамический диапазон измерений 160 дБ, диапазон воспроизведения амплитудных значений напряжения переменного тока от $1,4 \cdot 10^{-7}$ до 10 В, расширенная неопределенность при коэффициенте охвата $K=2$ и доверительной вероятности $P = 0,95 \pm 0,1$ дБ	Система для анализа сигналов многоканальная PULSE, рег. № 17590-10
10.1	Рабочий эталон 3-го разряда по приказу Росстандарта № 1706 от 18.08.2023: предел допускаемой погрешности воспроизведения напряжения переменного тока на пределах 0,2, 2 и 20 В в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц в пределах $\pm 0,45$ %	Калибратор универсальный Н4-11, рег. № 25610-03
10.1	Рабочий эталон 1-го разряда по приказу Росстандарта № 3383 от 30.12.2019: динамический диапазон ослаблений от 0 до 110 дБ (ступенями через 10 дБ), пределы допускаемых значений основной абсолютной погрешности разностного ослабления относительно нулевой отметки в диапазоне частот от 0 до 30 МГц $\pm(0,002 + 0,0002 \cdot A)$ дБ, где A – значение частоты, МГц	Прибор для поверки аттенюаторов Д1-13А, рег. № 9257-83
10.2	Рабочий эталон по приказу Росстандарта № 2537 от 30.11.2018: диапазон частот звукового давления от 31,5 Гц до 16 кГц, Воспроизводимые уровни звукового давления 94, 104, 114 дБ отн. 20 мкПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения уровня звукового давления 94 дБ на опорной частоте 1 кГц при опорных внешних условиях $\pm 0,2$ дБ	Калибратор акустический универсальный 4226, рег. № 41570-09

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.5	Установка вибрационная поверочная 2 разряда по приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018: диапазон частот от 20 до 12000 Гц, диапазон виброускорений от $1 \cdot 10^{-3}$ до $31,6 \text{ м/с}^2$	Система измерительная виброакустическая ВС-321, рег. № 63090-16
10.6	Рабочий эталон по приказу Росстандарта № 2537 от 30.11.2018: диапазон частот от 1 Гц до 100 МГц, уровень выходного сигнала до 1,0 В, пределы допускаемой основной погрешности установки частоты $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ Гц, пределы допускаемой основной погрешности установки уровня сигнала ± 1 дБ.	Генератор сигналов Г4-219, рег. № 32580-13
10.6	Рабочий эталон по приказу Росстандарта № 2537 от 30.11.2018: диапазон рабочих частот от 3 Гц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\pm 1,0 \cdot 10^{-6}$, пределы допускаемой погрешности определения уровня $\pm 1,2$ дБ	Анализатор спектра Е4440А, рег. № 56128-14
10.6	Рабочий эталон 2 разряда по приказу Росстандарта № 668 от 17.03.2022: воспроизведение силы постоянного тока от 0,1 нА до ± 30 А, пределы допускаемой основной погрешности воспроизведения постоянного тока $\pm 0,05$ %	Калибратор универсальный Н4-7 с преобразователем напряжение-ток Я9-44, рег. № 22125-01
<i>Вспомогательные средства поверки</i>		
10.4	Электростатический возбудитель (актиоатор) с источником питания: диапазон частот от 20 Гц до 20 кГц	Электростатический возбудитель ВС-335 с усилителем актиоатора ВС-329
10.3, 10.4	Эквивалент микрофонного капсюля: емкость (12-18) пФ	Эквивалент микрофонного капсюля ST-02
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 При проведении поверки средства поверки, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление, не допускается использование в качестве заземления корпсов силовых электрических и осветительных щитов и арматуру центрального отопления.

6.2 Меры безопасности при подготовке и проведении поверки должны соответствовать действующим требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75, «Требования безопасности к электротехническому изделию и его частям».

6.3 Подключение средств поверки, поверяемых средств, а также вспомогательного оборудования производить при выключенном источнике питания.

7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний вид анализатора проверить на соответствие данным, приведенным в паспорте и в руководстве по эксплуатации (общая часть).

При внешнем осмотре проверить:

- наличие маркировки с указанием типа и заводского номера;
- соответствие комплектности эксплуатационной документации;
- отсутствие механических и электрических повреждений, влияющих на работу;
- чёткость обозначений, чистоту и исправность разъёмов, гнёзд и индикаторов;
- отсутствие неудовлетворительного крепления разъемов, четкость фиксации их положения.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если соблюдаются требования п. 7.1. В противном случае анализатор дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется для проведения ремонта.

8. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

8.1.1 На поверку представляется анализатор, полностью укомплектованный в соответствии с паспортом. При периодической поверке представляется дополнительно свидетельство о предыдущей поверке.

8.1.2 Во время подготовки анализатора к поверке поверитель должен ознакомиться с эксплуатационной документацией на анализатор и подготовить все материалы и средства измерений, необходимые для проведения поверки.

8.1.3 После транспортировки при отрицательных температурах прибор должен быть выдержан не менее 3 ч в помещении.

8.1.4 Произвести, при необходимости, подзарядку встроенных аккумуляторных батарей прибора.

8.1.5 Контроль условий проведения поверки по пункту 3.1 должен быть проведён перед началом поверки, а затем периодически, но не реже одного раза в час.

8.2 ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.2.1 Включить питание блока нажатием и удержанием кнопки «ВКЛ» пленочной клавиатуры. После включения на лицевой панели блока должен загореться зеленый светодиод «ПИТАНИЕ», на ЖКИ высветиться сообщение «ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ», после чего должно появиться основное меню. Перемещение по пунктам меню производить клавишами « \blacktriangle », « ∇ », выбор пунктов меню – кнопкой «Ввод». Возврат в основное меню производится нажатием кнопки «Возврат» («») необходимое количество раз.

8.2.2 Подключить к входу МИК/АКС анализатора микрофон, выбрать в меню режим работы «ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ», тип датчика «МИКРОФОН». Нажать кнопку «ТЕСТ», при этом на ЖКИ должна появиться осциллограмма сигнала. Запуск и остановку временной развертки производить нажатием кнопки «ТЕСТ». Изменение значения коэффициента усиления производить с помощью кнопок « \blacktriangle », « ∇ ». Наблюдать на осциллограмме отклик анализатора на окружающий шум.

8.2.3 Подключить к входу МИК/АКС анализатора вместо микрофона вибропреобразователь, выбрать в меню режим работы «ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ», тип датчика «ВИБРОДАТЧИК». Нажать кнопку «ТЕСТ», осторожно постучать по основанию вибропреобразователя, наблюдать на осциллографе отклик анализатора на задаваемое воздействие.

8.2.4 Подключить к входу ЛИН анализатора выход генератора системы PULSE, выбрать в меню анализатора режим работы «ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ», тип датчика «ЛИНИЯ», вид анализа «1/3 октавный». Установить на выходе генератора напряжение сигнала 10 мВ на частоте 1000 Гц. Нажать кнопку «СТАРТ», наблюдать на ЖКИ 1/3-октавную спектрограмму анализируемого сигнала в виде линейчатого спектра. Последовательно установить значения частоты генератора 2000, 5000, 8000, 12500 Гц. Наблюдать изменение спектрограммы и значение измеренного уровня входного сигнала (дБ отн. 10^{-6} В) в соответствующих 1/3 октавных полосах частот.

8.2.5 Подключить анализатор к свободному разъему USB порта внешней ПЭВМ посредством штатного кабеля. Установить программное обеспечение «СКМ-8 ПО». Запустить на выполнение приложение СКМ8РО.ЕХЕ. Перевод анализатора в режим работы с ПЭВМ осуществить из основного меню выбором строки «ЦЕНТР РЕЖИМ (по USB)» с последующим нажатием кнопки «ВВОД». Показателем готовности анализатора к работе является наличие надписи: «СКМ-8 ПОДКЛЮЧЕН» в правом нижнем углу экранной формы отображения спектрограмм с одновременной активацией «запускающих» кнопок виртуальной панели. Выбрать режим работы «Спектральный анализ», на мониторе должна отобразиться экранная форма «СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИГНАЛОВ». Выбрать во вкладке виртуальной панели полосу анализа 20 Гц-20 кГц, нажать кнопку «Max», отжать кнопки «1/3 ОКТ» и «ОКТ», «дБ». Последовательно подавать с выхода генератора на вход 2 анализатора сигнал аналогично п. 8.2.4. Запустить режим спектрального анализа нажатием кнопки «ЛИНИЯ» на виртуальной панели, наблюдать спектрограмму входного сигнала с автоматической установкой маркера частоты в точку с максимальным значением уровня сигнала. После каждого измерения установленного значения напряжения нажимать кнопку «СТОП».

8.2.6 Опробование считать выполненным, если в автономном режиме и в режиме работы с ПЭВМ сообщения об ошибках инициализации отсутствуют, конфигурация анализатора прошла успешно, наблюдаются отклики микрофона и вибропреобразователя на задаваемые воздействия и отображаемые значения напряжения переменного тока соответствуют установленным.

9. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Осуществить проверку соответствия следующих заявленных идентификационных данных ПО:

- наименование ПО;
- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО;
- цифровой идентификатор метрологически значимой части ПО (контрольная сумма исполняемого кода);
 - алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО.

9.2 Для этого установить программу HashTab, далее:

- 1) запустить файл установки HashTab Setup.exe;
- 2) в открывшемся окне нажать кнопку «Next»;
- 3) далее нажать кнопку «I Agree»;
- 4) в открывшемся окне оставить параметры без изменения. Нажать кнопку «Install»;
- 5) после завершения установки, в появившемся окне нажать кнопку «Finish».

9.3 Проверка контрольной суммы программных модулей:

- 1) открыть папку с программным пакетом «СКМ-8 ПО» (по умолчанию C:\Program files\СКМ-8);

- 2) нажать правой кнопкой манипулятора «Мышь» на файл исполняемой программы СКМ8РО.ЕХЕ (файл динамической библиотеки OPSDEFF.DLL). В открывшемся меню выбрать «Свойства»;
- 3) выбрать вкладку «File Hashes»;
- 4) в таблице напротив строки «CRC32» зафиксировать буквенно-цифровой код;
- 5) во вкладке «Версия», в окне «Имя элемента:» выбрать «Версия продукта», зафиксировать цифровой код версии.

9.4 Результат проверки считать положительными, если полученные идентификационные данные ПО (идентификационные наименования, номера версий, цифровые идентификаторы), указанные во вкладках «Версия» и «File Hashes», соответствуют идентификационным данным, записанным в описании типа.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение относительной погрешности измерений напряжения переменного тока

10.1.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 1. Установить ключ в положение 2.

10.1.2 Установить в программе виртуальной клавишей «Σ» режим «усреднение результатов измерений», и перейти в режим узкополосного спектрального анализа с отображением результатов измерений в вольтах.

10.1.3 Установить на выходе калибратора Н4-11 значение выходного напряжения (СК3) $U_{\text{зад}}$ 100 мВ на частоте 20 Гц. Не изменяя значение напряжения, изменять частоту согласно таблице 3, показания анализатора $U_{\text{изм}}$ занести в таблицу 4.

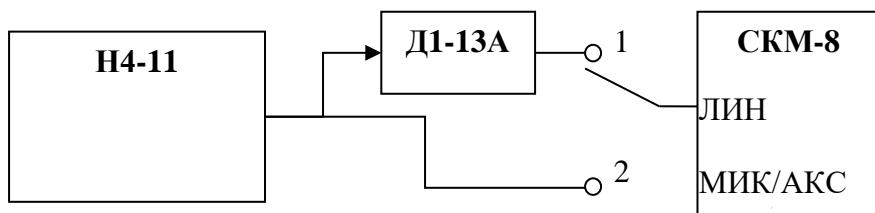


Рисунок 1 – Схема подключения

Таблица 4

Установленные значения частоты f , Гц	Измеренные значения напряжения U_f , мВ	Неравномерность АЧХ, δ_f , %
20		
125		
250		
500		
1000		
2000		
4000		
8000		
12500		
16000		
20000		

10.1.4 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики δ_F анализатора при измерении напряжения переменного тока рассчитать по формуле (1).

$$\delta_F = \text{MAX} \left| \frac{U_f - U_{1000}}{U_{1000}} \cdot 100 \right|, \quad (1)$$

где U_f – измеренное значение напряжения на частоте f , мВ; U_{1000} – измеренное значение напряжения на частоте 1000 Гц, мВ.

10.1.5 Установить ключ в положение 1. На приборе Д1-13А установить ослабление 100 дБ. Установить на выходе калибратора Н4-11 значение выходного напряжения 2 мВ на частоте 1000 Гц. В программном обеспечении анализатора выбрать полосу 1000 Гц. Измерения напряжения переменного тока значением $2 \cdot 10^{-8}$ произвести в режиме усреднения через не менее 15 минут после стабилизации показаний анализатора (для максимального исключения влияния шума). Показания анализатора $U_{изм}$ занести в таблицу 5.

10.1.6 Не изменяя частоту, изменять значения ослабления, коэффициента усиления и напряжения согласно таблице 5, показания анализатора $U_{изм}$ занести в таблицу 5.

10.1.7 Нелинейность амплитудной характеристики δ_A рассчитать по формуле (2). Расчитанные значения занести в таблицу 5:

$$\delta_A = \text{MAX} \left| \frac{U_{изм} - U_{зад}}{U_{зад}} \cdot 100 \right|, \quad (2)$$

Таблица 5

Значение напряжения на Н4-11, В	Коэф. усиления на СКМ-8, дБ	Значение ослабления на Д1-13А, дБ	Ширина полосы фильтра СКМ-8, Гц	Установленные значения напряжения $U_{зад}$, В	Измеренные значения напряжения $U_{изм}$, В	Нелинейность $A\Delta \delta_A, \%$
0,002	80	100	1,0	$2 \cdot 10^{-8}$		
0,002	80	80	3,0	$2 \cdot 10^{-7}$		
0,002	80	60	3,0	$2 \cdot 10^{-6}$		
0,002	80	40	3,0	$2 \cdot 10^{-5}$		
0,002	AUTO	20	3,0	$2 \cdot 10^{-4}$		
0,002	AUTO	-**	3,0	$2 \cdot 10^{-3}$		
0,02	AUTO	-**	3,0	$2 \cdot 10^{-2}$		
0,2	AUTO	-**	3,0	$2 \cdot 10^{-1}$		
2,0	AUTO	-**	3,0	2,0		
4,0	AUTO	-**	3,0	4,0		

* - измерения проводить без Д1-13А (ключ в положении 2)

10.1.8 Рассчитать значение относительной погрешности измерений напряжения переменного тока по формуле (3):

$$\delta_B = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_A^2 + \delta_F^2 + \delta_P^2 + \delta_D^2}, \quad (3)$$

где δ_0 – значение относительной погрешности измерений напряжения переменного тока на частоте 1000 Гц, определенная как относительная разность в процентах между измеренным анализатором значением напряжения переменного тока на частоте 1000 Гц в соответствии с п. 10.1.3 (таблица 3) и заданным на калибраторе Н4-11, %;

$\delta_P = 0,45 \%$ - относительная погрешность воспроизведения напряжения переменного тока калибратором Н4-11;

$\delta_D = 0,25 \%$ - погрешность разностного ослабления Д1-13А.

Примечание – При использовании для поверки других СИ, обеспечивающих измерения с заданной точностью, значения погрешностей берутся из эксплуатационной документации и (или) описания типа на применяемые СИ.

10.1.9 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений напряжения переменного тока находятся в пределах $\pm 5\%$.

10.2 Определение относительной погрешности измерений уровня звукового давления на частоте 1000 Гц

10.2.1 Откалибровать канал измерений звукового давления в соответствии с руководством по эксплуатации КБНМ.468214.008РЭ с помощью калибратора акустического универсального 4226.

10.2.2 Установить микрофонный капсюль анализатора в гнездо камеры акустического калибратора.

10.2.3 Установить на калибраторе режим «LIN», уровень звукового давления 94 дБ отн. 20 мкПа, частоту 1000 Гц.

10.2.4 Провести измерения уровня звукового давления в дБ отн. 20 мкПа с помощью анализатора не менее 3 раз, каждый раз заново переустанавливая микрофон в камере акустического калибратора. Рассчитать среднее арифметическое значение результатов наблюдений.

10.2.5 Рассчитать значение относительной погрешности измерений уровня звукового давления в дБ как разность между средним значением результатов наблюдений и 94 дБ отн. 20 мкПа.

10.2.6 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значение относительной погрешности измерений уровня звукового давления на частоте 1000 Гц находится в пределах $\pm 0,7$ дБ. В противном случае анализатор дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт или для проведения настройки.

10.3 Определение относительной погрешности линейности уровня

10.3.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 2.

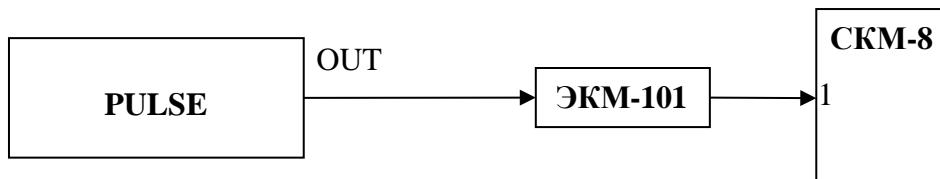


Рисунок 2 – Схема подключения

10.3.2 Установить на выходе генератора системы PULSE на частоте 12,5 кГц значение выходного напряжения $U_{уст}$, соответствующее показаниям анализатора $L_{уст} = 120$ дБ отн. 20 мкПа. Не изменяя частоту, изменять значение напряжения согласно таблице 6, показания анализатора $L_{изм}$ (дБ) занести в таблицу 6.

Относительную погрешность линейности уровня Δ для каждого установленного значения напряжения вычислить по формуле (4):

$$\Delta = L_{изм} - L_{уст}. \quad (4)$$

Таблица 6

Значения выходного напряжения генератора $U_{уст}$, В	Уровень ЗД, соответствующий установленному напряжению $U_{уст}$ генератора, $L_{уст}$, дБ отн. 20 мкПа	Показания анализатора $L_{изм}$, дБ отн. 20 мкПа	Относительная погрешность линейности уровня Δ , дБ
U_o	120		
$0,316 \cdot U_o$	110		
$0,1 \cdot U_o$	100		
$3,16 \cdot 10^{-2} \cdot U_o$	90		

Продолжение таблицы 6

Значения выходного напряжения генератора $U_{\text{уст}}, \text{В}$	Уровень ЗД, соответствующий установленному напряжению $U_{\text{уст генератора}}, L_{\text{уст}}, \text{дБ отн. } 20 \text{ мкПа}$	Показания анализатора $L_{\text{изм}}$, дБ отн. 20 мкПа	Относительная погрешность линейности уровня $\Delta, \text{дБ}$
$1 \cdot 10^{-2} \cdot U_o$	80		
$3,16 \cdot 10^{-3} \cdot U_o$	70		
$1 \cdot 10^{-3} \cdot U_o$	60		
$3,16 \cdot 10^{-4} \cdot U_o$	50		
$1 \cdot 10^{-4} \cdot U_o$	40		
$3,16 \cdot 10^{-5} \cdot U_o$	30		
$1,77 \cdot 10^{-5} \cdot U_o$	25		
$1,0 \cdot 10^{-6} \cdot U_o$	20		

10.3.3 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значение относительной погрешности линейности уровня Δ находится в пределах $\pm 1,1$ дБ. В противном случае анализатор дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт или для проведения настройки.

10.4 Определение частотных характеристик

10.4.1 Определение частотной характеристики С по свободному полю.

10.4.1.1 Выбрать в меню настроек анализатора вид частотной характеристики «С». Закрепить микрофон (микрофонный капсюль с предварительным усилителем) в вертикальном положении. Осторожно снять защитную сетку микрофонного капсюля и установить на него электростатический актюатор. Подать сигнал генератора системы PULSE на вход источника питания электростатического актюатора.

10.4.1.2 Подать сигнал генератора системы PULSE частотой 1000 Гц и напряжением 0,5 В на вход источника питания электростатического актюатора. Регулировкой выходного напряжения генератора добиться показаний анализатора 94 дБ отн. 20 мкПа.

10.4.1.3 Частоту генератора изменять в соответствии с таблицей 7 (центральные частоты октавного ряда). Каждый раз после изменения частоты генератора фиксировать показания анализатора L_f .

10.4.1.4 Относительную частотную характеристику ΔL_f в свободном акустическом поле определить по формуле (5):

$$\Delta L_f = L_f + Y_f - L_{1000}, \quad (5)$$

где Y_f – значение дифракционной поправки для капсюля микрофонного по давлению на установленной частоте (паспортные данные капсюля);

L_{1000} – показания анализатора при частоте 1000 Гц.

Дифракционные поправки Y_f для микрофона из состава анализатора приведены в таблице 7.

10.4.1.5 Относительная частотная характеристика С должна соответствовать указанной в таблице 7.

Таблица 7

Установленная частота, Гц	Дифракционные поправки Y_f , дБ	Относительная частотная характеристика С, дБ	Допускаемое предельное отклонение, дБ
25	0,0	-4,4	В соответствии с ГОСТ Р 53188.1-2019
63	0,0	-0,8	
125	0,0	-0,2	
250	0,0	0,0	
500	0,0	0,0	
1000	0,0	0,0	
2000	0,4	-0,2	
4000	1,0	-0,8	
8000	3,1	-3,0	
16000	8,5	-8,5	
20000	9,5	-11,2	

10.4.1.6 Результаты поверки считать удовлетворительными, если отклонения частотной характеристики С от допустимых значений находятся в пределах, указанных в таблице 7. В противном случае анализатор дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт или для проведения настройки.

10.4.2 Определение частотных характеристик А, С, Z (ЛИН) электрическим методом

10.4.2.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 2.

10.4.2.2 Установить на выходе генератора системы PULSE на частоте 1000 кГц значение выходного напряжения U_0 , соответствующее показаниям анализатора примерно 114 дБ отн. 20 мкПа.

10.4.2.3 Не изменяя значение напряжения, изменять частоту согласно таблице 8, показания анализатора L для каждого вида частотной коррекции зафиксировать.

Таблица 8

Частота,	Относительные частотные характеристики ΔL_f , дБ			Допускаемое предельное отклонение, дБ
	A	C	Z (ЛИН)	
20	-50,5	-6,2	0,0	В соответствии с ГОСТ Р 53188.1-2019
25	-44,7	-4,4	0,0	
31,5	-39,4	-3,0	0,0	
63	-26,2	-0,8	0,0	
125	-16,1	-0,2	0,0	
250	-8,6	0,0	0,0	
500	-3,2	0,0	0,0	
1 000	0,0	0,0	0,0	
2000	+1,2	-0,2	0,0	
4000	+1,0	-0,8	0,0	
8000	-1	-3,0	0,0	
16000	-6,6	-8,5	0,0	
20000	-9,3	-11,2	0,0	

10.4.2.4 Относительные частотные характеристики ΔL_f определить по формуле (6):

$$\Delta L_f = L_f - L_{1000}, \quad (6)$$

где L_{1000} - показания анализатора при частоте сигнала 1000 Гц для соответствующей частотной характеристики.

10.4.2.5 Результаты поверки считать удовлетворительными, если отклонения частотных характеристик от допустимых значений находятся в пределах, указанных в таблице 7. В

противном случае анализатор дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт или для проведения настройки.

10.5 Определение относительной погрешности измерений виброускорения

10.5.1 Закрепить вибропреобразователь из состава СКМ-8 к вибrostолу вибровозбудителя установки вибрационной поверочной.

10.5.2 Откалибровать канал измерений виброускорения в соответствии с КБНМ.468214.008РЭ с использованием установки вибрационной поверочной.

10.5.3 Последовательно воспроизвести на установке вибрационной поверочной на частоте 200 Гц виброускорения $S_{уст}$ со средним квадратическим значением согласно таблице 9. Измеренные анализатором значения виброускорения занести в таблицу 9.

10.5.4 Относительную погрешность измерений виброускорения на опорной частоте δ_a в процентах рассчитать по формуле (7):

$$\sigma = \frac{S_{изм} - S_{уст}}{S_{уст}} \cdot 100\%. \quad (7)$$

Таблица 9

<i>Установленное значение виброускорения $S_{уст}$, м/с²</i>	<i>Измеренные значения виброускорения $S_{изм}$, м/с²</i>	<i>Относительная погрешность измерений виброускорения δ_a, %</i>
0,1		
0,5		
2,0		
5,0		
10,0		
20,0		
31,6		

10.5.5 Определить значение относительной погрешности измерений виброускорения в рабочем диапазоне измеряемых значений δ_A как максимальное (по модулю) значение относительной погрешности измерений δ_a .

10.5.6 Воспроизвести на установке вибрационной поверочной виброускорение с СКЗ $S_{уст}$ 10 м/с² на частоте 20 Гц. Не изменяя значение виброускорения, изменять частоту согласно таблице 10, показания анализатора $S_{изм}$ занести в таблицу 10.

Таблица 10

<i>Установленное значение частоты виброускорения, Гц</i>	<i>Измеренные значения виброускорения $S_{изм}$, м/с²</i>	<i>Относительная погрешность измерений виброускорения δ_f, %</i>
20		
25		
31,5		
63		
125		
250		
500		
1000		
2000		
4000		
5000		
8000		
6300		
12000		

10.5.7 Относительную погрешность измерений виброускорения δ_f в процентах рассчитать по формуле (7).

10.5.8 Определить значение относительной погрешности измерений виброускорения в диапазонах частот от 20 до 5000 Гц и от 5001 до 12000 Гц δ_F как максимальное (по модулю) значение относительной погрешности измерений δ_f на каждой частоте в указанных диапазонах.

10.5.9 Рассчитать значение основной относительной погрешности измерений виброускорения δ_B в процентах для каждого из диапазонов частот по формуле (8):

$$\delta_B = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_A^2 + \delta_F^2 + \delta_p^2}, \quad (8)$$

где δ_p = суммарная относительная погрешность установки вибрационной поверочной.

10.5.10 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений виброускорения δ_a находятся в пределах:

в диапазоне частот от 20 до 5000 Гц ±5;
в диапазоне частот от 5001 до 12000 Гц ±10.

10.6 Определение значений коэффициента калибровки токосъемника в диапазоне рабочих частот и погрешности изменений коэффициента калибровки от подмагничивания рабочим током

10.6.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3.

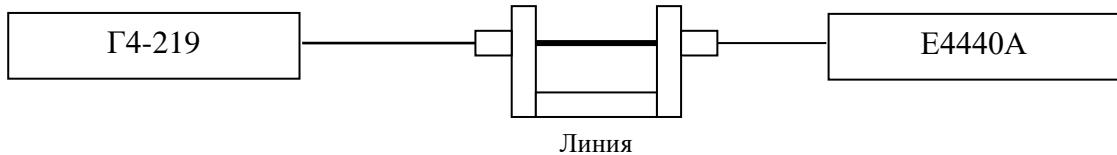


Рисунок 3 – Схема подключения

Установить на выходе генератора Г4-219 сигнал частотой 0,1 кГц с амплитудным значением 0,5 мВ.

Измерить уровень сигнала с помощью анализатора спектра E4440A, измеренное значение (в дБ(В)) записать в протокол.

10.6.2 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4.

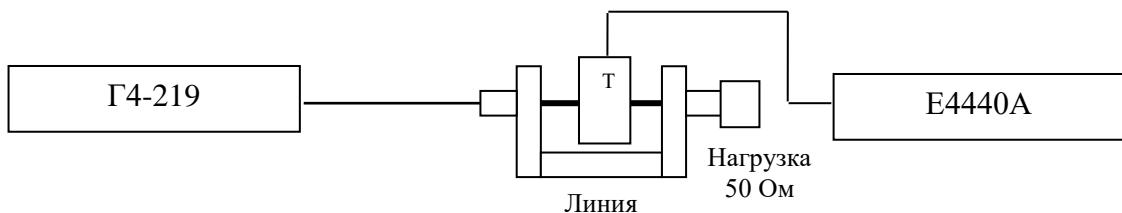


Рисунок 4 – Схема подключения

Измерить уровень сигнала с помощью анализатора спектра E4440A, измеренное значение (в дБ(В)) записать в протокол.

Рассчитать значение коэффициента калибровки токосъемника по формуле (9).

$$K = U_{изм.л.} - U_T - 34 [\text{дБ}(\Omega^{-1})], \quad (9)$$

где $U_{изм.л.}$ – уровень сигнала на входе анализатора спектра при подключении через линию; U_T – уровень сигнала на выходе токосъемника при подключении нагрузки 50 Ом к линии.

Повторить операции по п.п. 10.6.1-10.6.2 на частотах в соответствии с таблицей 11.

Таблица 11

Частота, кГц	Коэффициент калибровки, дБ (Ом^{-1})
0,063	
0,1	
0,2	
0,5	
1	
2	
5	
10	
15	
16	

Диапазон рабочих частот токосъемника определить по результатам измерений коэффициента калибровки.

10.6.3 Результаты поверки считать положительными, если значение коэффициента калибровки токосъемника находится в пределах от 15 до 40 дБ (Ом^{-1}), диапазон рабочих частот токосъемника составляет от 63 Гц до 16000 Гц.

10.6.4 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 5.

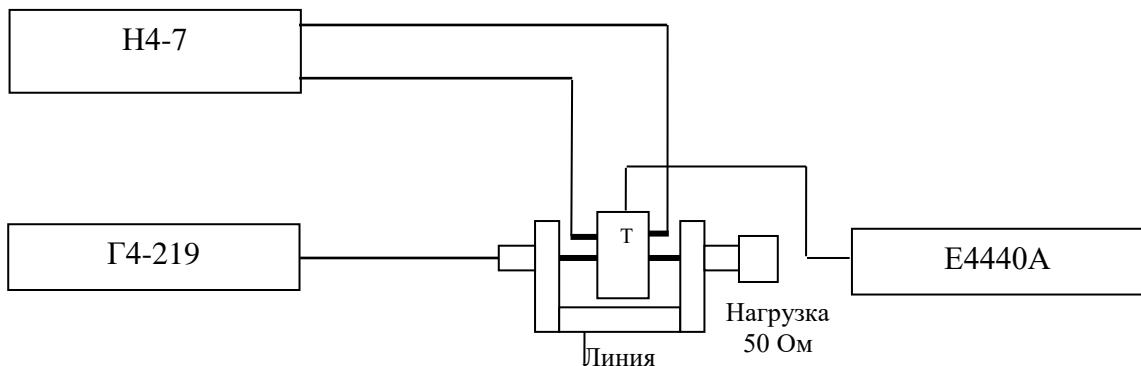


Рисунок 5 – Схема подключения

10.6.5 Установить на выходе генератора Г4-219 сигнал частотой 0,1 кГц. При выключенном источнике постоянного тока подать сигнал от генератора на линию. Измерить уровень сигнала U_1 [дБ(В)] на входе анализатора спектра Е4440А, измеренное значение занести в протокол.

10.6.6 Воспроизвести с помощью калибратора универсального Н4-7 с преобразователем напряжение-ток Я9-44 постоянный ток 25 А. Измерить уровень сигнала U_2 [дБ(В)] на входе анализатора спектра Е4440А, измеренное значение занести в протокол.

10.6.7 Изменение коэффициента калибровки L определить по формуле (10):

$$L = |U_2 - U_1|, [\text{дБ}], \quad (10)$$

где U_1 – уровень сигнала на выходе токосъемника без подмагничивания рабочим током; U_2 – уровень сигнала на выходе токосъемника при подмагничивании рабочим током.

10.6.8 Повторить операции по п.п. 10.6.4 - 10.6.7 на частотах в соответствии с таблицей 10.

10.6.9 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности изменения коэффициента калибровки токосъемника в зависимости от подмагничивания рабочим током находятся в пределах ± 2 дБ.

11. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Сведения о результатах поверки анализатора передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 По заявлению владельца анализатора или лица, представившего анализатор на поверку, возможно проведение периодической поверки в сокращенном объеме. В этом случае в сведениях о результатах поверки обязательно указывается информация об объеме проведенной поверки.

11.3 По заявлению владельца анализатора или лица, представившего его на поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие виброметра метрологическим требованиям) выдается свидетельство о поверке.

11.4 По заявлению владельца анализатора или лица, представившего его на поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие виброметра метрологическим требованиям) выдается извещение о непригодности к применению.

11.5 Обязательное оформление протокола поверки не требуется. Оформление протокола поверки возможно по заявлению владельца анализатора или лица, представившего его на поверку.

11.6 Способ защиты от несанкционированного вмешательства представлен в описании типа, дополнительных действий по соблюдению требований по защите от несанкционированного вмешательства не требуется.

Начальник научно-исследовательского испытательного отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

А.Г.Максак

Старший научный сотрудник научно-исследовательского испытательного отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

А.А.Горбачев