

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Главный научный метрологический центр»
Министерства обороны Российской Федерации
(ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России)

СОГЛАСОВАНО

Начальник

ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Т.Ф. Мамлеев

2022 г.

М.П.



Государственная система обеспечения единства измерений

Установка для измерения чувствительности пьезоэлектрических
элементов Паскаль-4
Методика поверки

МП 58.07.10.000

2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Содержание	Стр.
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ (ПОВЕРИТЕЛЯМ)	4
5 ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	5
6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ	6
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	7
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	9
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	9
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ УСТАНОВКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	13
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	14
ПРИЛОЖЕНИЕ А. (справочное) Метрологические характеристики установки	15
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (рекомендуемое). Форма протокола поверки	16

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки устанавливает порядок, методы и средства проведения первичной и периодической поверки установки для измерения чувствительности пьезоэлектрических элементов Паскаль-4 (в дальнейшем изложении – установка), предназначенной для воспроизведения частоты и звукового давления в воздушной среде, измерения чувствительности по напряжению и заряду, а также емкости пьезоэлектрических элементов.

Перечень характеристик установки, подвергаемых поверке, диапазоны воспроизведения и измерений и пределы допускаемой погрешности воспроизведения и измерений при доверительной вероятности $P = 0,95$ приведены в таблице А.1 Приложения А к настоящей методике поверки.

Прослеживаемость при поверке установки обеспечивается:

- в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360 к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени (ГЭТ 1-2022);

- в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.11.2018 № 2537 к Государственному первичному эталону звукового давления в воздушной среде и аудиометрических шкал (ГЭТ 19-2018);

- в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 03.09.2021 № 1942 для Государственного первичного специального эталона единицы электрического напряжения (вольта) в диапазоне частот от 10 до $3 \cdot 10^7$ Гц (ГЭТ 89-2008) и Государственного первичного специального эталона единицы электрического напряжения - вольта в диапазоне частот от $3 \cdot 10^7$ до $2 \cdot 10^9$ Гц (ГЭТ 27-2009);

- в соответствии с общесоюзной поверочной схемой для средств измерений электрической емкости (ГОСТ 8.371-80), утвержденной и введенной в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартизации от 18.02.1980 № 783 к Государственному первичному эталону и общесоюзной поверочной схемы для средств измерений электрической емкости.

Установка подлежит первичной поверке при вводе в эксплуатацию или после ремонта и периодической в процессе эксплуатации.

Сокращенная поверка не предусмотрена.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки установки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
3 Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	да
4 Определение МХ и подтверждение соответствия установки метрологическим требованиям	10.1-10.5		
4.1 Определение рабочих частот и относительной погрешности воспроизведения рабочих частот	10.1	да	да
4.2 Определение значений (уровней) звукового давления в АК и относительной погрешности воспроизведения значений (уровней) звукового давления в АК	10.2	да	да
4.3 Определение диапазона измерений чувствительности ПЭ и относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по напряжению	10.3	да	да
4.4 Определение диапазона измерений чувствительности ПЭ и относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по заряду	10.4	да	да
4.5 Определение диапазона электрической емкости испытуемого ПЭ	10.5	да	да
5 Подтверждение соответствия установки метрологическим требованиям	11	да	да
6 Оформление результатов поверки	12	да	да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающего воздуха, °С (К)..... от 18 до 28 (от 291 до 301);

относительная влажность воздуха, %..... от 30 до 80;

атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.).....от 84 до 106,7 (от 630 до 800,32).

Параметры электропитания:

напряжение переменного тока, В.....220 ± 11;

частота переменного тока, Гц.....50 ± 0,5.

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

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ (ПОВЕРИТЕЛЯМ)

4.1 К поверке допускаются лица, аттестованные на право поверки средств измерений электрических и неэлектрических величин, изучившие руководство по эксплуатации и методику поверки, владеющие знаниями и опытом работы со средствами поверки.

4.2 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном на предприятии порядке и иметь удостоверение на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже 3.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Состав и общие требования к средствам поверки

5.1.1 Средства измерений, используемые в качестве эталонов, должны быть поверены и иметь действующее свидетельство о поверке.

5.1.2 Пределы допускаемой погрешности средств поверки при воспроизведении или измерении действительных (принимаемых за истинные) физических величин в контрольных точках на всём диапазоне поверяемого параметра должны соответствовать соотношению:

$$\frac{\Delta_{\text{П}}}{\Delta_{\text{З}}} * \frac{\delta_{\text{П}}}{\delta_{\text{З}}} \geq 2 \div 10$$

где: - $\Delta_{\text{П}}$, $\delta_{\text{П}}$ – нормированное значение допускаемой абсолютной или относительной погрешности поверяемого параметра при $P = 0,95$;

- $\Delta_{\text{З}}$, $\delta_{\text{З}}$ – погрешность средства поверки при воспроизведении или измерении физических величин (или их носителей);

- «*» - знак тождественности.

5.2 Перечень рекомендованных средств поверки

5.2.1 Средства поверки приведены в таблице 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.п.7-10 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 10 до 30°C с абсолютной погрешностью не более 1°C; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с погрешностью не более 2%; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 30 до 120 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа; Средства измерений напряжения питающей сети в диапазоне от 145 до 250 В, с относительной погрешностью не более 1%; Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 45 до 55 Гц, с абсолютной погрешностью не более 0,1 Гц	Прибор комбинированный (рег. № 44744-10) Мультиметр цифровой 34401А (рег. 54848-13)

п. 10.1-10.5 Определение метрологических характеристик (МХ)	Средства измерений в диапазоне рабочих частот при воспроизведении и измерении параметров электрических сигналов от 0,1 до 35000 Гц; диапазон измерений напряжения переменного тока (амплитудных значений) - ± 10 В; пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения переменного тока на частоте 1 кГц - $\pm 0,5$ %; неравномерность АЧХ входных каналов относительно опорной частоты 1 кГц в диапазоне частот от 3 до 35000 Гц – не более 0,1 дБ	Система управления виброиспытаниями ВС-301 (рег. № 59035-14)
	Средства измерений в диапазоне рабочих частот от 3 до 20000 Гц; нижний предел динамического диапазона - 21 дБ (А); верхний предел динамического диапазона при коэффициенте нелинейных искажений менее 3 % - 160 дБ; предел допускаемых значений доверительных границ погрешности измеренного значения чувствительности капсуля в диапазоне частот от 20 до 125 Гц при $P=0,99$ - $\pm 0,5$ дБ	Капсюль микрофонный измерительный конденсаторный 4180 с усилителем предварительным 2673 (рег. № 38616-08)
	Средства измерений в диапазоне рабочих частот от 0,1 до 100 000 Гц; относительная расширенная неопределенность калибровки при коэффициенте охвате $K=2$ и $P=0,95$ откалиброванного входного сигнала $\pm 0,1$ дБ	Усилитель измерительный NEXUS», модель 2690 (рег. № 38616-08)
	Средства измерений в диапазоне измерения емкости от 0,03 пФ до 15,000 мкФ; погрешность измерения емкости $\pm (0,001 C_x + 0,02 \text{ пФ} + 1 \text{ ед. сч.})$	Измеритель емкости цифровой Е8-4 (рег. № 3870-73)

5.3 Указанные в таблице 2 средства поверки при необходимости могут быть заменены на другие, соответствующие требованиям настоящей методики поверки и обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемой установки с требуемой точностью (погрешностью).

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1 При проведении работ по поверке установки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «ПТЭЭП 2003. Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «ПОТЭУ 2014 Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок потребителей», ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.2.091-2012 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

6.2 Установка, а также электроизмерительные приборы, используемые в качестве средств поверки, должны быть заземлены.

6.3 Работы по выполнению поверки установки должны проводиться по согласованию с лицами, ответственными за эксплуатацию установки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Проверку внешнего вида установки и её составных частей выполнить визуально. В процессе проверки устанавливается соответствие следующим требованиям:

- внешний вид элементов конструкции должен соответствовать виду приведенных разделе 1 «Описание и работа» руководства по эксплуатации 58.07.00.000 РЭ;
- все элементы конструкции должны быть установлены по месту и находится в рабочем положении;
- маркировка элементов установки должна соответствовать эксплуатационной документации;
- наличие и сохранность пломбы в виде разрывной наклейки на задней панели установки;
- кабельные разъемы, клеммные колодки установки не должны иметь визуально определяемых внешних повреждений и должны быть надежно соединены и закреплены;
- соединительные линии (кабели, провода) не должны иметь повреждений изоляции и экранирования и должны быть надежно соединены с разъемами и клеммами;
- экранирование кабелей и проводов должно быть соединено между собой и с заземляющим контуром в соответствии с электрическими схемами.

7.1.2 Проверку внешнего вида считать положительной, если все требования, изложенные в пункте 7.1.1, выполняются.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

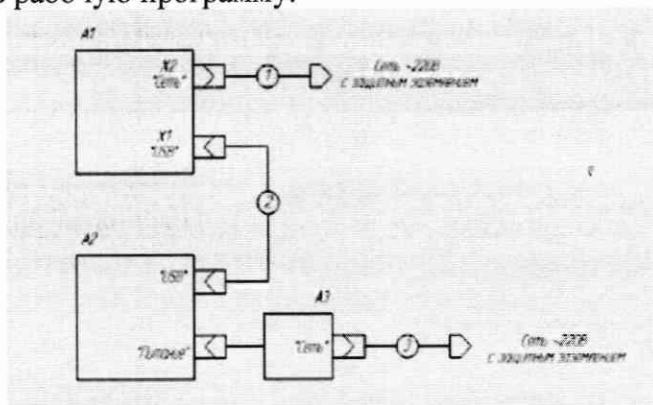
8.1 Проверить наличие сведений о поверке рабочих эталонов (СИ, используемых в качестве эталонов)

8.2 Опробование

8.2.1 Опробование установки

Проверку работоспособности установки выполнить в следующем порядке:

- 1) Собрать схему установки в соответствии с рисунком 1.
- 2) Включить питание акустической камеры (далее – АК) переведя переключатель питания АК в положение «1»;
- 3) Включить питание ноутбука. Дождаться завершения загрузки его операционной системы до появления на экране монитора рабочего стола. Двойным щелчком мыши по иконке «Паскаль-4» запустить рабочую программу.



Поз. обозначение	Наименование	Обозначение	Кол. шт.
A1	Камера акустическая	58.07.10.000	1
A2	Ноутбук	HP 250 G3	1
A3	Сетевой адаптер ноутбука	HSTNN-CA40	1
1	Кабель питания сетевой для АК	8121-0731	1
2	Кабель соединительный АК - ноутбук	USB A/MICRO B	1
3	Кабель питания сетевой для сетевого адаптера ноутбука	213350-009	1

Рисунок 1 – Схема электрическая соединений установки

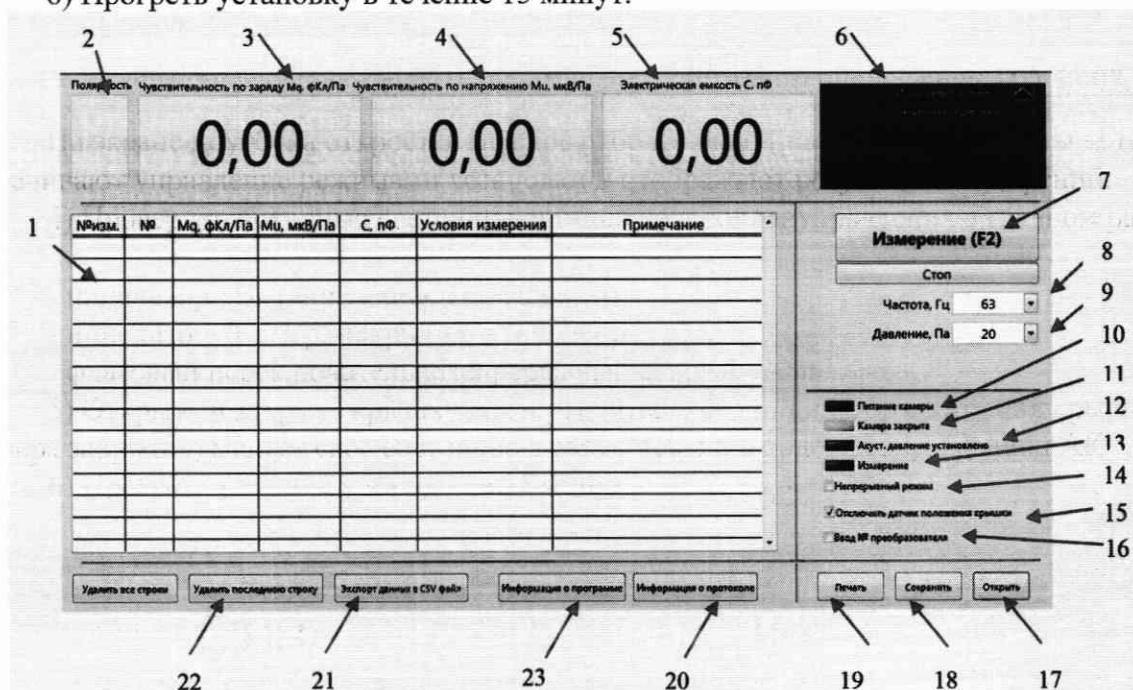
На экране ноутбука откроется главное рабочее окно (рисунок 2), элементы которого обеспечивают управление режимами установки и отображают результаты измерений.

4) Проверить исходные состояния органов контроля и управления в главном рабочем окне:

- индикатор «Питание камеры» - включен;
- индикатор «Камера закрыта» - включен;
- флаговый переключатель «Непрерывный режим» - выключен.

5) Открыть и закрыть крышку АК и убедиться, что индикатор состояния крышки АК («Камера закрыта») меняет свое состояние в соответствии с положением крышки АК.

6) Прогреть установку в течение 15 минут.



- 1 – поле таблицы протокола измерения технических параметров ПЭ;
- 2 – индикатор знака полярности испытуемого ПЭ;
- 3 – индикатор «Чувствительность по заряду M_Q , фКл/Па»;
- 4 – индикатор «Чувствительность по напряжению M_U , мкВ/Па»;
- 5 – индикатор «Электрическая емкость C_O »;
- 6 – индикатор формы сигнала;
- 7 – кнопка «Измерение (F2)» включение команды функции измерения;
- 8 – окошко выбора значения рабочей частоты в АК «Частота, Гц»;
- 9 – окошко выбора значения величины ДА в АК «Давление, Па»;
- 10 – индикатор «Питание камеры»;
- 11 – индикатор состояния крышки АК;
- 12 – индикатор фиксации установления ДА в АК;
- 13 – индикатор включения функции измерения;
- 14 – флаговый переключатель «Непрерывный режим»;
- 15 – флаговый переключатель «Автостарт измерения после закрытия камеры»;
- 16 – флаговый переключатель «Ввод № преобразователя»;
- 17 – кнопка вызова функции открытие сохраненных результатов;
- 18 – кнопка вызова функции сохранения результатов;
- 19 – кнопка вызова функции печати результатов;
- 20 – кнопка вызова функции «Информация о протоколе»;
- 21 – кнопка вызова функции удаления последней строки с результатами измерения;
- 22 – кнопка вызова функции удаления всех строк с результатами измерения;
- 23 – кнопка вызова функции «Информация о программе».

Рисунок 2 – Вид внешний главного рабочего окна

8.2.2 Результаты поверки считать положительными, если запускается программа Паскаль-4 и индикатор состояния крышки АК («Камера закрыта») меняет свое состояние в соответствии с положением крышки АК, в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Операция «Проверка программного обеспечения» состоит из определения версии программного обеспечения.

Окно информации о программе, рисунок 3, вызвать нажатием кнопки 23 «Информация о программе» в соответствии с рисунком 2.

Установка для измерения чувствительности пьезоэлектрических элементов Паскаль-4		
58.07.10.000		Версия: 1.1.2
Производитель:		Наименование ПО: pascal4.exe
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южный федеральный университет"		Год выпуска: 2016

Рисунок 3 – Окно информации о программе

9.2 Результаты поверки считать положительными, если версия ПО pascal4.exe не ниже 1.1.2, в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение рабочих частот и относительной погрешности воспроизведения рабочих частот

10.1.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 4. Погрузить микрофон в АК через переходник для капсуля микрофонного типоразмером 1/2 - дюйма.

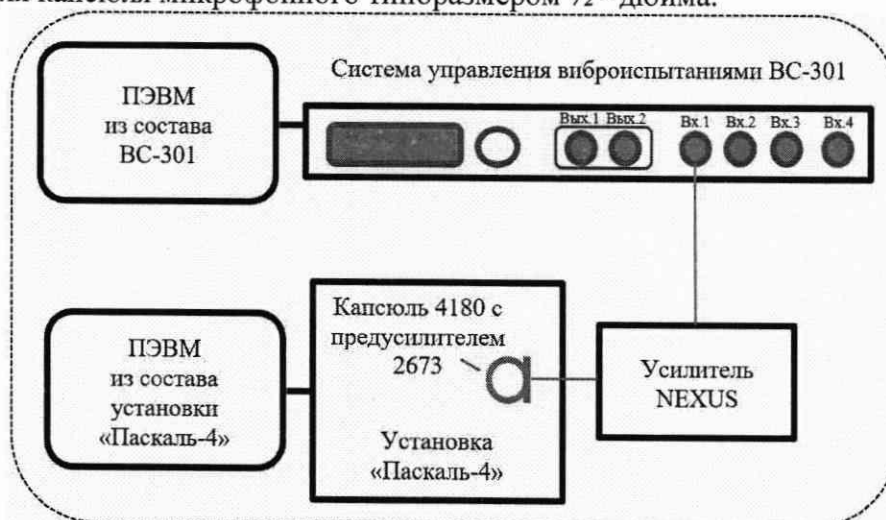


Рисунок 4 – Схема проведения измерений при определении погрешности воспроизведения рабочих частот и звукового давления в АК установки

10.1.2 В соответствии с указаниями РЭ установить в АК звуковое давление значением 20 Па частотой 20 Гц. Включить флаговый переключатель «Непрерывный режим» (рисунок 2). Включить режим «ИЗМЕРЕНИЕ».

Контролировать визуально отсутствие нелинейных искажений формы сигнала на выходе микрофонного усилителя по осциллограмме системы управления виброиспытаниями ВС-301 (далее – система ВС-301).

Примечание: при заметных визуально нелинейных искажениях, поверку прекратить. Повторно открыть и закрыть крышку АК, затем продолжить поверку.

10.1.3 Провести измерение рабочей частоты по показанию системы ВС-301. Результат измерений частоты « f » занести в протокол.

10.1.4 Вычислить относительную погрешность значений рабочих частот по формуле:

$$\delta = \frac{f_{\text{изм}} - f_0}{f_0} \cdot 100, \quad (1)$$

где $f_{\text{изм}}$ - измеренное значение рабочей частоты, Гц;

f_0 – номинальное значение рабочей частоты, Гц.

10.1.5 Результат занести в протокол поверки установки.

10.1.6 Повторить действия по п.п. 10.1.3 –10.1.5 для рабочих частот 63 и 125 Гц.

10.1.7 Результаты поверки считать положительными, если значения рабочих частот АК составили 20, 63 и 125 Гц, а относительная погрешность воспроизведения рабочих частот находится в допускаемых пределах $\pm 10\%$, в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

10.2 Определение значений (уровней) звукового давления в АК и относительной погрешности воспроизведения значений (уровней) звукового давления в АК

10.2.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 3.

10.2.2 Воспроизвести в АК значение (уровень) звукового давления 10 Па (114 дБ) на частоте 20 Гц.

10.2.3 Через 30 секунд после воспроизведения уровня звукового давления в АК с помощью системы ВС-301 в течение 20 секунд провести 8 измерений напряжения переменного тока с выхода усилителя измерительного NEXUS.

Примечание: в ПО системе ВС-301 установить режим расчета среднего значения звукового давления по 8 измерениям.

10.2.4 Вычислить значение измеренного уровня звукового давления по формуле:

$$L_p = 20 \lg \frac{U_{\text{ср}}}{M P_0}, \quad (2)$$

где $U_{\text{ср}}$ - среднее арифметическое значение показаний системы ВС-301, мВ;

M - чувствительность капсуля микрофонного 4180 с усилителем предварительным 2673 и усилителем измерительным NEXUS на частоте 20 Гц, мВ/Па;

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

10.2.5 Вычислить относительную погрешность воспроизведения УЗД как разность между заданным в АК уровнем звукового давления и вычисленным по формуле 2.

10.2.6 Повторить операции по п. 10.2.2-10.2.5 для значений рабочих частот 63 и 125 Гц.

10.2.7 Повторить операции по п. 10.2.2-10.2.6 для значения (уровня) звукового давления 20 Па (120 дБ).

10.2.6 Результаты расчетов занести в протокол поверки.

10.2.7 Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность воспроизведения уровней (значений) звукового давления в АК находится в допускаемых пределах 1,2 дБ ($\pm 15\%$) при значениях (уровнях) звукового давления в АК 10 Па (114 дБ) и 20 Па (120 дБ), в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

10.3 Определение диапазона измерений чувствительности ПЭ и относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по напряжению

10.3.1 Собрать схему, приведенную на рисунке 5.



Рисунок 5 – Схема проведения измерений при определении диапазона измерений чувствительности ПЭ и относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по напряжению

10.3.2 С генератора системы ВС-301 подать напряжение переменного тока значением 0,2 мВ и частотой 20 Гц контролируя воспроизводимое напряжение по первому измерительному каналу системы.

10.3.3 Не изменяя значение частоты, изменять значение напряжения согласно таблице 3, показания системы и установки занести в таблицу 3.

Таблица 3

Установленные значения напряжения, мВ	Измеренные значения напряжения ВС-301, мВ	Измеренные значения напряжения установкой, мВ	Относительная погрешность измерений чувствительности ПЭ по напряжению, %
0,2			
1,0			
5,0			
10,0			
50,0			

10.3.4 Относительную погрешность измерений чувствительности ПЭ по напряжению для каждого значения напряжения рассчитать по формуле:

$$\delta = 100 \% \cdot (U_{\text{и}} - U_{\text{эт}}) / U_{\text{эт}}, \quad (3)$$

где $U_{\text{и}}$ – значение напряжения (СКЗ), измеренное установкой, мкВ;

$U_{\text{эт}}$ – значение напряжения (СКЗ), установленное системой ВС-301, мкВ.

10.3.5 Повторить операции по п. 10.3.2 – 10.3.4 для значений частоты 63 и 125 Гц.

10.3.6 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по напряжению находятся в допустимых пределах $\pm 15 \%$ (1,2 дБ), в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

10.4 Определение диапазона измерений чувствительности ПЭ и относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по заряду

10.4.1 Для определения диапазона измерений чувствительности ПЭ и относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по заряду необходимо взять из состава установки эквивалент ПЭ - конденсатор ёмкостью не менее 50 пФ.

10.4.2 С помощью измерителя иммитанса Е7-16 измерить емкость эквивалента ПЭ.

10.4.3 Собрать схему, приведенную на рисунке 6. Выход системы ВС-301 одновременно подключить к своему первому входу и ко входу установки через эквивалент ПЭ, к разъему подключения ПЭ при измерении его чувствительности по заряду.

10.4.4 С генератора системы ВС-301 подать напряжение переменного тока значением 0,2 мВ и частотой 20 Гц контролируя воспроизводимое напряжение по первому измерительному каналу системы.

10.4.5 Не изменяя значение частоты, изменять значение напряжения согласно таблице 4, показания системы и установки занести в таблицу 4.

Таблица 4

Установленные значения напряжения системой ВС-301, мВ	Измеренные значения напряжения ВС-301, U, мВ	Эквивалентное значения заряда, установленное ВС-301 через эквивалент ПЭ ($Q_{Эт}$), фКл	Измеренные значения заряда установкой, фКл	Относительная погрешность измерений чувствительности ПЭ, %
0,2				
2,0				
20,0				
100,0				
200,0				

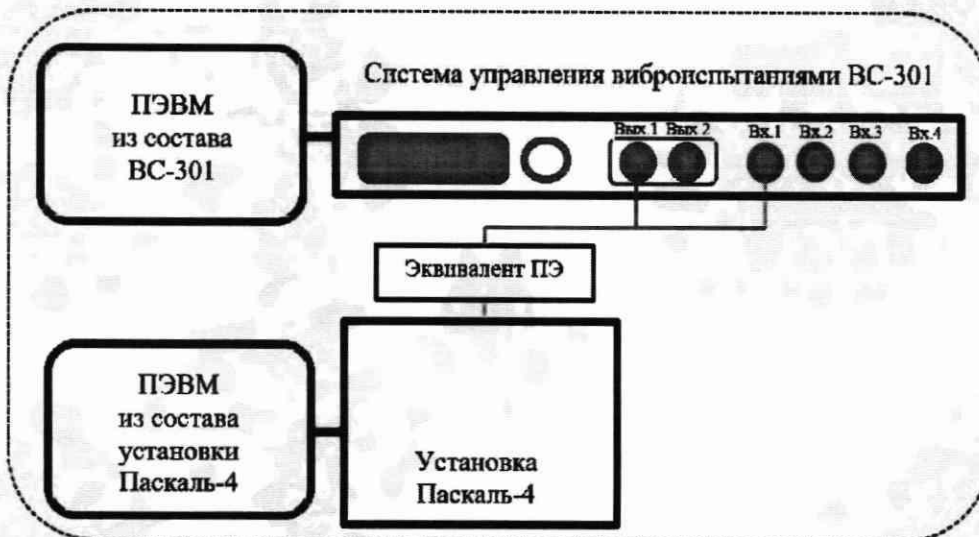


Рисунок 6 – Схема проведения измерений при определении диапазона измерений чувствительности ПЭ и относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по заряду

10.4.6 Эквивалентное значение заряда в фКл, установленное системой ВС-301 через эквивалент ПЭ рассчитать по формуле:

$$Q_{Эт} = U \cdot C, \quad (4)$$

где U – установленное значение напряжения системой ВС-301, мВ;
 C – измеренное значение емкости эквивалента ПЭ, пФ.

10.4.7 Относительную погрешность измерений чувствительности ПЭ по заряду для каждого значения рассчитать по формуле:

$$\delta = 100 \% \cdot (Q_{И} - Q_{Эт}) / Q_{Эт}, \quad (5)$$

где $Q_{И}$ – значение заряда, измеренное установкой, фКл;
 $Q_{Эт}$ – эквивалентное значение заряда в фКл, установленное системой ВС-301.

10.4.8 Повторить операции по п. 10.4.4 – 10.4.7 для значений частоты 63 и 125 Гц.

10.4.9 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по заряду находятся в допускаемых пределах $\pm 15\%$ (1,2 дБ), в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

10.5 Определение диапазона электрической емкости испытуемого ПЭ

10.5.1 Для определения диапазона электрической емкости испытуемых ПЭ необходимо взять из состава установки эквивалент ПЭ - конденсатор ёмкостью не менее 1000 пФ.

10.5.2 С помощью измерителя иммитанса Е7-16 измерить емкость эквивалента ПЭ.

10.5.3 Собрать схему, приведенную на рисунке 6. Выход системы ВС-301 одновременно подключить к своему первому входу и ко входу установки через эквивалент ПЭ, к разъему подключения ПЭ при измерении его чувствительности по заряду.

10.5.4 С генератора системы ВС-301 подать напряжение переменного тока значением 0,1 мВ и частотой 20 Гц контролируя воспроизводимое напряжение по первому измерительному каналу установки.

10.5.5 Выполнить операции по п. 10.5.6 и 10.5.7. Результаты поверки занести в протокол.

10.5.6 Повторить операции по п. 10.5.2 – 10.5.5 для эквивалентов ПЭ со значениями емкостей не менее 10000 и 50000 пФ.

10.5.7 Повторить операции по п. 10.5.3 – 10.5.6 для значений частоты 63 и 125 Гц.

10.5.8 Результаты поверки считать положительными, если значения диапазона электрической емкости испытуемого ПЭ находятся в допускаемых пределах $\pm 15\%$ (1,2 дБ), а диапазон электрической емкости испытуемого ПЭ находится в диапазоне от 50 до 50000 пФ, в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ УСТАНОВКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Результаты определения рабочих частот и относительной погрешности воспроизведения рабочих частот считать положительными, если значения рабочих частот АК составили 20, 63 и 125 Гц, а относительная погрешность воспроизведения рабочих частот находится в допускаемых пределах $\pm 10\%$, в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

11.2 Результаты определения значений (уровней) звукового давления в АК и относительной погрешности воспроизведения значений (уровней) звукового давления в АК считать положительными, если относительная погрешность воспроизведения уровней (значений) звукового давления в АК находится в допускаемых пределах 1,2 дБ ($\pm 15\%$) при значениях (уровнях) звукового давления в АК 10 Па (114 дБ) и 20 Па (120 дБ), в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

11.3 Результаты определения диапазона измерений чувствительности ПЭ и относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по напряжению считать положительными, если значения относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по напряжению находятся в допускаемых пределах $\pm 15\%$ (1,2 дБ), в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

11.4 Результаты определения диапазона измерений чувствительности ПЭ и относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по заряду считать положительными, если значения относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по заряду находятся в допускаемых пределах $\pm 15\%$ (1,2 дБ), в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

11.5 Результаты определения диапазона электрической емкости испытуемого ПЭ считать положительными, если значения диапазона электрической емкости испытуемого ПЭ находятся в допускаемых пределах $\pm 15\%$ (1,2 дБ), в противном случае установка бракуется и направляется в ремонт.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты определения МХ установки оформить протоколом поверки.

Протоколы поверки должны содержать следующие сведения:

- вид поверки;
- дату поверки
- средства поверки
- условия поверки
- результаты экспериментальных исследований
- результаты метрологических исследований и атмосферные условия;
- наименование ИК;
- диапазон измерений;
- средства поверки с указанием номера аттестата или свидетельства о поверке и срока действия;

значения мер в КТ установки (измеряемые значения величин) и измеренные значения величин в этих КТ установки (результат измерений);

- определение и оценку (подтверждение соответствия) МХ метрологическим требованиям;

- ФИО и подпись поверителя.

12.2 Рекомендуемая форма протокола поверки установки приведена в Приложении Б к настоящей методике поверки.

12.3 При удовлетворительных результатах поверки по заявлению владельца установки или лица, предъявившего установку на поверку, на установку выдаётся свидетельство о поверке.

12.4 При отрицательных результатах поверки установку признают непригодной к применению и, по заявлению владельца установки или лица, предъявившего установку на поверку, выписывается извещение о непригодности к применению установки.

12.5 Сведения о результатах поверки установки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

А.Г. Максак

Старший научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

А.А. Горбачев

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Метрологические характеристики установки

Таблица А.1

Наименование характеристики	Значение
Рабочие частоты, Гц	20, 63, 125
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения рабочих частот, %	± 10
Значения (уровни) звукового давления в АК, Па (дБ)	10 (114), 20 (120)
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения значений (уровней) звукового давления в АК, % (дБ), не более	± 15 (1,2)
Диапазон измерений чувствительности пьезоэлемента (ПЭ) по напряжению, M_U , В/Па $\cdot 10^{-6}$	от 10 до 5000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по напряжению, % (дБ), не более	± 15 (1,2)
Диапазон измерений величины чувствительности ПЭ по заряду, M_Q , Кл/Па $\cdot 10^{-15}$	от 10 до 10000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений чувствительности ПЭ по заряду, % (дБ), не более	± 15 (1,2)
Диапазон значений электрической емкости испытуемых ПЭ, пФ	от 50 до 50000

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки

НКТБ «Пьезоприбор» ЮФУ
Установка для измерений чувствительности пьезоэлектрических элементов
«Паскаль-4»

ПРОТОКОЛ
поверки установки, зав. № 2.

«Определение

1 Вид поверки.....

2 Дата поверки.....

3 Средства поверки

3.1 Рабочий эталон

Наименование	Пределы измерений, Гц		Погрешность или класс точности
	нижний	верхний	

3.2 Вспомогательные средства: в соответствии с методикой поверки МП 58.07.10.000.

4 Условия поверки

5.1 Температура окружающего воздуха, °С:	
- в испытательном боксе	
- в кабине наблюдения	
5.2 Относительная влажность воздуха, %	
5.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.	

5 Результаты экспериментальных исследований

5.1 Внешний осмотр:

.....

5.2 Опробование:

.....

5.3 Результаты метрологических исследований

Результаты метрологических исследований приводятся в произвольной форме и должны содержать данные по составляющим погрешности установки приведенные в Приложении А и п.п. 8.3-8.7.

Расчет погрешности установки производится в соответствии с разделом 9 методики поверки МП 58.07.10.000.

5.4 Относительная погрешность установки составила

6 Вывод

Относительная погрешность установки.....

.....

при доверительной вероятности $P = 0,95$ не превышает допустимого значения

Дата очередной поверки

Поверитель

(подпись, дата)

(ф.и.о.)