

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
Федеральное государственное унитарное предприятие

РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики
ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц
RA.RU.314755

пр. Мира, д. 37, г. Саров, Нижегородская обл., 607188
Телефон 83130 22224 Факс 83130 22232
E-mail: nio30@olit.vniief.ru

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ЦИ СИ,
главный метролог РФЯЦ-ВНИИЭФ –
начальник НИО



В.К. Дарымов

«09» 01 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ДАТЧИКИ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ GT

Методика поверки

МП А3009.0564-2025

г. Саров
2025 г.

Содержание

1	Общие положения.....	3
2	Перечень операций поверки.....	4
3	Требования к условиям проведения поверки	4
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	4
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	4
6	Требования по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
7	Внешний осмотр	5
8	Подготовка к поверке и опробование.....	6
9	Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	7
10	Оформление результатов поверки	9
	Приложение А (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте методики поверки.....	10
	Приложение Б (справочное) Перечень принятых сокращений	11

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее по тексту – МП) распространяется на датчики акустической эмиссии GT.

Датчики акустической эмиссии GT (далее по тексту – датчик) предназначены для измерений амплитуды ультразвукового смещения или колебательной скорости поверхности твердых тел.

Принцип действия датчиков основан на прямом пьезоэлектрическом эффекте, при котором смещение поверхности твёрдого тела преобразуется в электрический сигнал напряжения.

Прослеживаемость при поверке датчиков обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Росстандарта от 15 декабря 2022 г. № 3188 к государственному первичному эталону единиц амплитуды ультразвукового смещения, колебательной скорости поверхности твердых сред и коэффициента электроакустического преобразования ГЭТ 194-2022.

МП устанавливает методику первичной и периодической поверок датчиков методом косвенных измерений в соответствии с ГПС, утверждёнными приказами Росстандарта от 15 декабря 2022 г. № 3188.

Первичной поверке датчики подвергаются при выпуске из производства. Организация и проведение поверки в соответствии с действующими нормативными документами.

МП предусматривает поверку датчиков в сокращенном объеме, для модификации GT200-01 коэффициент электроакустического преобразования допускается определять только при воздействии продольных волн или поверхностных волн (волн Релея) с указанием объема поверки в свидетельстве о поверке на основании письменного заявления владельца СИ.

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП, приведен в приложении А.

Перечень принятых сокращений приведен в приложении Б.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки, должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

2.2 При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится, и результаты оформляются в соответствии с 10.4.

Таблица 1 – Перечень операций при поверке

Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	9	Да	Да
Определение коэффициента электроакустического преобразования в рабочем диапазоне частот	9.1	Да	Да
Определение относительной погрешности электроакустического преобразования	9.2	Да	Нет

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 до 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт.ст.);
- напряжение питающей сети от 207 до 253 В;
- частота питающей сети от 49,5 до 50,5 Гц.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускается персонал, изучивший ЭД на датчик, данную МП и имеющий опыт работы с оборудованием, перечисленным в таблице 2.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют СИ и оборудование, приведенные в таблице 2.

5.2 Допускается использовать другие СИ и оборудование, обеспечивающие требуемые диапазоны и требуемую точность передачи единиц величин поверяемому СИ.

5.3 Все применяемые СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке и/или зарегистрированы в Федеральном фонде по обеспечению единства измерений.

Таблица 2 – Перечень СИ и оборудования, применяемых при поверке

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1.2	СИ температуры окружающего воздуха в диапазоне от 15 °С до 25 °С, абсолютная погрешностью измерений в пределах ± 1 °С	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 53505-13)
	СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 40 до 80 %, относительная погрешность измерений в пределах ± 3 %	
	СИ атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа, абсолютная погрешность измерений в пределах $\pm 0,5$ кПа	
	СИ напряжения питающей сети в диапазоне от 207 до 253 В, относительная погрешность измерений в пределах ± 1 %	Мультиметр цифровой 34410А (рег. № 47717-11)
	СИ частоты питающей сети в диапазоне от 49 до 50 Гц, абсолютная погрешность измерений в пределах $\pm 0,1$ Гц	
8.2.1	СИ электрической емкости в диапазоне от 50 до 1000 пФ, относительная погрешность измерений на частоте 1 кГц в пределах ± 2 %	Измеритель RLC LCR-7819 (рег. № 53914-13)
8.2.2	СИ электрического напряжения в диапазоне от 10 до 10000 МОм при испытательном напряжении 100 В, относительная погрешность измерений в пределах ± 10 %	Мегомметр Е6-17 (рег. № 4952-75)
9.1	Рабочий эталон единиц электроакустического преобразования 2 разряда в соответствии с ГПС ¹⁾ в диапазоне значений от $2 \cdot 10^{-11}$ до $3,24 \cdot 10^{-11}$ и диапазоне частот от 0,05 до 1 МГц	3.7.АЗШ.003.2023 (в составе: анализатор спектра R&S FSL3 (рег. № 31849-06), генератор сигналов высокочастотный R&S SMC100A (рег. № 40991-09), преобразователь-формирователь акустического поля продольной волны ПФАП-II); установка акустоэмиссионная поверочная AP8004 ²⁾ (рег. № 57846-14)
¹⁾ - приказ Росстандарта от 15 декабря 2022 г. № 3188; ²⁾ - установка применяется для определения коэффициента электроакустического преобразования GT200-01 при воздействии поверхностных волн (волн Рэлея)		

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо руководствоваться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок».

Меры безопасности при подготовке и проведении измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0.

6.2 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в ЭД на датчик и средства поверки.

Все используемое оборудование должно иметь защитное заземление.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

- соответствие маркировки изделия требованиям ЭД;
- соответствие заводского номера паспортным данным;
- целостность корпуса, состояние посадочных поверхностей (отсутствие вмятин, царапин, задиров);
- отсутствие повреждений соединительных жгутов и разъёмов.

7.2 При наличии вышеуказанных дефектов поверку не проводят до их устранения. Если дефекты устранить невозможно, датчики бракуют.

8 Подготовка к поверке и опробование

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки и опробованием подготавливают СИ и оборудование к работе в соответствии с ЭД на них. При колебаниях температур в складских и рабочих помещениях в пределах более 10 °С необходимо выдержать полученный со склада датчик не менее двух часов в нормальных условиях.

8.1.2 Проверяют сведения о результатах поверки применяемых СИ, включённые в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и/или наличие действующих свидетельств о поверке на СИ, а также соответствие условий поверки разделу 3.

8.2 Опробование

8.2.1 Определение электрической емкости

Определение электрической емкости между сигнальным выводом датчика и корпусом разъема проводят с помощью измерителя электрической ёмкости на частоте 1000 Гц.

8.2.2 Определение электрического сопротивления изоляции

Определение электрического сопротивления изоляции между сигнальным выводом датчика и корпусом разъема проводят мегаомметром при испытательном напряжении 100 В.

8.2.3 Проверка работоспособности

Подсоединяют датчик к регистратору из состава установки поверочной. Включают и прогревают все приборы в соответствии с ЭД на них.

Воздействуют на контактную поверхность датчика механическими колебаниями (например, интенсивным трением об ладонь или ударами карандаша) и регистрируют выходной сигнал датчика.

8.2.4 Датчик считают прошедшим опробование с положительным результатом, если:

- электрическая емкость составляет:
 - не менее 300 пФ для GT200-01 и GT300-01;
 - не менее 100 пФ для GT301-01;
- электрическое сопротивление изоляции составляет не менее 500 МОм;
- размах выходного сигнала составляет не менее 0,1 В при механическом воздействии на контактную поверхность датчика.

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

9.1 Определение коэффициента электроакустического преобразования в рабочем диапазоне частот

9.1.1 Определение проводят с помощью рабочего эталона единиц электроакустического преобразования 2 разряда (далее – установка). Собирают схему измерений в соответствии с ЭД на установку. Определение коэффициента электроакустического преобразования в рабочем диапазоне частот проводят с помощью преобразователя-формирователя акустического поля продольной волны ПФАП-П для GT200-01, GT300-01, GT300-01 и преобразователя-формирователя акустического поля поверхностных волн (волн Релея) для GT200-01. В качестве регистратора используют анализатор спектра из состава установки.

9.1.2 Устанавливают датчик на столе ПФАП с помощью прижимного устройства или магнита из комплекта поставки. Включают и прогревают все приборы в соответствии с ЭД на них. Воспроизводят колебательные смещения в требуемом частотном диапазоне и с помощью анализатора спектра измеряют выходной сигнал испытуемого датчика с шагом не более 5 кГц.

9.1.3 Повторяют измерения по 9.1.2 не менее трех раз.

Примечание – Количество измерительных серий может быть увеличено исходя из надежности акустического контакта и повторяемости результатов измерений.

9.1.4 Резонансную частоту датчика F_p , кГц, определяют по усредненной АЧХ, как частоту на которой амплитуда выходного сигнала имеет максимальное значение.

9.1.5 Коэффициент электроакустического преобразования $K_{p.(F)}$, В/(м·с⁻¹), вычисляют по формуле

$$K_{p.(F)} = \frac{U_{вых}}{V_{зад}} \quad (1)$$

где $U_{вых}$ – амплитуда выходного напряжения датчика при воздействии продольных (поверхностных) волн, В;

$V_{зад}$ – заданная скорость ультразвукового смещения, м/с.

9.1.6 Коэффициент электроакустического преобразования $K_{p,dB}$, дБ, относительно 1 В/(м·с⁻¹), вычисляют по формуле

$$K_{p,dB} = 20 \lg K_{P(F)} \quad (2)$$

где $K_{P(F)}$ – коэффициент электроакустического преобразования рассчитанный по формуле (1), В/(м·с⁻¹).

9.1.7 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики $\Delta_{i,dB}$, дБ, в диапазоне рабочих частот при воздействии продольных волн для GT300-01 вычисляют по формуле

$$\Delta_{i,dB} = K_{i,dB} - K_{cp,dB}, \quad (3)$$

где $K_{i,dB}$ – величина коэффициент электроакустического преобразования датчика на i -ой частоте дБ;

$K_{cp,dB}$ – величина коэффициент электроакустического преобразования датчика на среднегеометрической частоте дБ.

9.1.8 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если значение коэффициента электроакустического преобразования $K_{p,max}$ относительно 1 В/(м·с⁻¹) составляет:

– при воздействии продольных волн:

– для GT200-01 на резонансной частоте не менее 60 дБ;

– для GT300-01 на среднегеометрической частоте не менее 45 дБ;

– для GT301-01 на резонансной частоте не менее 50 дБ;

– при воздействии поверхностных волн:

- для GT200-01 на резонансной частоте не менее 55 дБ;

– неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот при воздействии продольных волн для GT300-01 находится в пределах ± 8 дБ.

9.2 Определение относительной погрешности электроакустического преобразования

9.2.1 Определение относительной погрешности электроакустического преобразования проводят по формуле

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_M^2 + \delta_{II}^2 + \delta_{ЧХ}^2 + \delta_{АКК}^2}, \quad (4)$$

где 1,1 – коэффициент, определяемый доверительной вероятностью 0,95;

δ_M – погрешность коэффициента электроакустического преобразования установки (из свидетельства на ПФАП), %;

δ_{II} – погрешность измерения выходного напряжения датчика (определяется классом точности применяемого регистратора), %;

$\delta_{ЧХ}$ – неравномерность частотной характеристики установки в требуемом диапазоне частот, (из свидетельства на ПФАП), %;

$\delta_{АКК}$ – погрешность акустического контакта, %, вычисляется по формуле

$$\delta_{AKK} = \frac{2}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{K_i - K_{cp}}{K_{cp}} \right)^2} \cdot 100, \quad (5)$$

где n – число измерений;

K_i – результат i -го измерения коэффициента электроакустического преобразования датчика по 9.1.6, dB;

K_{cp} – среднее арифметическое значение коэффициента электроакустического преобразования датчика по 9.1.6, dB.

Примечание – Если коэффициент электроакустического преобразования установки известен на каждой частоте требуемого частотного диапазона (приведен в свидетельстве о поверке на ПФАП) и учитывается при расчете коэффициент электроакустического преобразования датчика по 9.1.5, неравномерность частотной характеристики установки $\delta_{чх}$ исключается из расчета по формуле (4).

9.2.2 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если относительная погрешность электроакустического преобразования на резонансной частоте (для GT300-01 на среднегеометрической частоте) находится в пределах $\pm 30\%$.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Оформление результатов поверки проводят в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Протокол поверки оформляют в произвольной форме.

10.2 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

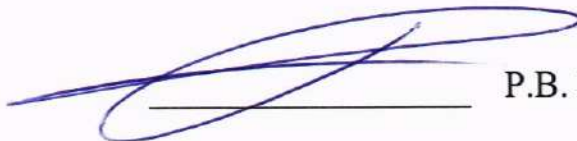
10.3 При положительных результатах поверки при необходимости оформляют свидетельство о поверке.

Пломбирование датчиков не предусмотрено.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) паспорт.

10.4 СИ, не прошедшее поверку, к применению не допускают. На него выдают извещение о непригодности по форме, в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Главный метролог
ООО «ГлобалТест»



Р.В. Ромадов

Ведущий инженер-исследователь
ЦИ СИ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»



Д.В. Зверев

Приложение А
(справочное)

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП

Обозначение документа, на который дана ссылка	Наименование документа, на который дана ссылка
ГОСТ 12.2.007.0-75	ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
Приказ Росстандарта от 15 декабря 2022 г. № 3188	Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений амплитуды ультразвукового смещения, колебательной скорости поверхности твердых сред и коэффициента электроакустического преобразования
	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утверждены приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г. № 6)
	Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903н)

Приложение Б
(справочное)
Перечень принятых сокращений

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика;
АЭ – акустическая эмиссия;
ГПС – государственная поверочная схема;
МП – методика поверки;
ПФАП-П – преобразователь-формирователь акустического поля продольной волны;
СИ – средство(а) измерений;
ЭД – эксплуатационная документация.