

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»



А.Н. Пронин

М.п.

«22» августа 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики переменного давления

5С2

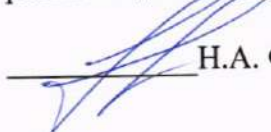
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 231-0140-2025

Руководитель сектора
перспективных разработок и
испытаний в области давления

 А.А. Пименова

И.о. руководителя НИЛ
государственных эталонов и
научных исследований в области
измерений избыточного давления и
разности давлений

 Н.А. Фирсанов

г. Санкт-Петербург
2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Датчики переменного давления 5С2 (далее по тексту – датчики), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

1.2 Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость поверяемого средства измерений к Государственному первичному специальному эталону единицы давления для области переменного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^2$ до $5 \cdot 10^8$ Па, длительностей от $5 \cdot 10^{-6}$ до 10 с и частот от $5 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^4$ Гц при постоянном давлении до $8 \cdot 10^6$ Па (ГЭТ 131-2023) в соответствии Государственной поверочной схемой для средств измерений переменного давления, утвержденной приказом Росстандарта от 24.11.2023 № 2417.

1.3 Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки – непосредственное сличение эталона с показаниями поверяемого средства измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 2.1

Наименование операций	Обязательность проведения при поверке		Номер раздела МП
	первичной	периодической	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	9
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

2.2 Если при проведении одной из операций поверки получен отрицательный результат, проведение дальнейшей поверки прекращается.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении операций поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +18 °С до +25 °С;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка осуществляется лицами, прошедшими специальную подготовку в качестве поверителей и изучившими нормативные документы (далее НД) на поверяемые средства измерений и средства поверки.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по безопасности труда.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки рекомендуются к применению средства поверки (эталоны единиц величин, средства измерений), указанные в таблицах 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1 – Перечень средств поверки, рекомендуемых к применению при проведении поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 (контроль условий поверки)	Диапазон измерений температуры от плюс 15 °С до плюс 25 °С, абсолютная погрешность не более $\pm 0,3$ °С. Диапазон измерений относительной влажности воздуха от 30 % до 80 %, абсолютная погрешность не более ± 2 %. Диапазон измерений атмосферного давления от 84,0 до 106,7 кПа, абсолютная погрешность не более $\pm 0,25$ кПа.	Термогигрометр ИВА-6, модификация ИВА-6Н-Д, рег. № 46434-11
п. 8.2 (опробование средства измерений)	Осциллограф с диапазоном частот от 0 до 1 ГГц, диапазон напряжений от 0,1 до 100 В Усилитель с максимальным входным зарядом (пик) не менее $\pm 10^5$ пКл	Осциллограф цифровой TDS 2012C, рег. № 48471-11 Усилитель измерительный AP5200, рег. № 74246-19
п. 9 (определение метрологических характеристик средства измерений)	Эталонные установки с диапазоном измерений переменного давления от 0,1 до 2 МПа, длительностей в диапазоне от $5 \cdot 10^{-6}$ до 1 с, пределами допускаемой относительной погрешности не более ± 3 % (для модификации 5C203НН-020). Эталонные установки с диапазоном измерений переменного давления от 0,1 до 25 МПа ⁽¹⁾ , длительностей в диапазоне от $5 \cdot 10^{-6}$ до 1 с, с пределами допускаемой относительной погрешности не более ± 10 % (для модификаций 5C201ТА-250, 5C201ТА-100, 5C202ТА-250, 5C202ТЗ-250). Усилитель с максимальным входным зарядом (пик) не менее $\pm 10^5$ пКл	Рабочие эталоны переменного давления по Государственной поверочной схеме для средств измерений переменного давления, утвержденной приказом Росстандарта от 24.11.2023 № 2417 Усилитель измерительный AP5200, рег. № 74246-19
Примечание: ⁽¹⁾ Диапазон измерений средства поверки выбирается исходя из диапазона измерений поверяемого средства измерений.		

5.2 Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть поверены. Эталоны единиц величин, применяемые при поверке, должны быть аттестованы. Сведения о положительных результатах поверки (аттестации) средств измерений (эталонов), применяемых при поверке, должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

5.3 Допускается применение средств поверки, не приведенных в рекомендуемом перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью, передачу единицы величины средству измерений при его поверке и прослеживаемость эталонов и средств измерений, применяемых при поверке, к государственным первичным эталонам единиц соответствующих величин.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений и средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре поверяемого средства измерений устанавливают:

- отсутствие механических повреждений, влияющих на эксплуатационные свойства и метрологические характеристики средства измерений;
- наличие маркировки в соответствии с описанием типа.

Средство измерений, не удовлетворяющее требованиям п. 7.1 настоящей методики, не подлежит поверке до устранения неисправностей или несоответствий. После их устранения внешний осмотр проводят в полном объеме.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Контроль условий поверки

8.1.1 При контроле условий поверки проводятся измерения параметров окружающей среды с использованием средств поверки в соответствии с Таблицей 5.1.

8.1.2 Параметры окружающей среды должны соответствовать п.3.1 настоящей МП.

8.2 Подготовка к поверке

8.2.1 Подготовка средств измерений к поверке должна производиться в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них

8.2.2 При проведении поверки необходимо соблюдать требования раздела «Указания мер безопасности» руководства по эксплуатации и других нормативных документов на поверяемое средство измерений и средства измерений, применяемые при поверке.

8.2.3 Все подключения и отключения к датчикам можно производить только при отключенном напряжении питания.

8.3 Опробование средства измерений

8.3.1 При проведении опробования проверяют работоспособность датчика. Поверяемый датчик соединяют с согласующим усилителем сигналов (далее усилитель сигналов), выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 2002B.

8.3.2 Устанавливают осциллограф в режим работы «Цикл».

8.3.3 Воздействуют на датчик механическими колебаниями, например, постукивая пальцем, и наблюдают появление сигнала на экране осциллографа.

8.3.4 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если выполняются требования п. 8.3.3 настоящей методики поверки.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального

9.1.1 Действительное значение коэффициента преобразования датчика определяют на эталонной установке переменного давления (далее – эталонная установка).

9.1.2 Датчик устанавливают на эталонной установке с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки.

9.1.3 Воспроизводят импульсное давление значениями амплитуд из диапазона измерений давления, не менее 3 значений (обязательно наличие верхнего и нижнего значений из диапазона измерений давления), регистрируют отклик.

9.1.4 Определяют действительное значение коэффициента преобразования датчика, Sq_i , пКл/МПа, по формуле (1):

$$Sq_i = \frac{U_{вых_i}}{P_{изм_i} \cdot k_{ус}} \quad (1)$$

где $U_{вых_i}$ – амплитуда напряжения на выходе проверяемого датчика, мВ;

$P_{изм_i}$ – измеренное значение амплитуды давления, МПа;

$k_{ус}$ – значение коэффициента преобразования усилителя, мВ/пКл.

Проводят не менее 3 измерений, после чего рассчитывают среднее арифметическое значение коэффициента преобразования по формуле (2):

$$Sq_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n Sq_i}{n} \quad (2)$$

где $Sq_{ср}$ – среднее арифметическое значение коэффициента преобразования;

n – число измерений, $n \geq 3$.

9.1.5 Рассчитывают относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования датчика от номинального значения, %, по формуле (3):

$$\delta_{Sq} = \frac{Sq_{ср} - Sq_{ном}}{Sq_{ном}} \cdot 100 \% \quad (3)$$

где $Sq_{ном}$ – номинальное значение коэффициента преобразования датчика, пКл/МПа.

9.1.6 Результаты определения действительного значения коэффициента преобразования считают удовлетворительными, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования датчика от номинального значения не превышает 25 %.

9.2 Определение собственной резонансной частоты

9.2.1 Датчик закрепляют на эталонной установке в ее торце с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки.

9.2.2 Воспроизводят импульсное давление и регистрируют отклик датчика.

9.2.3 Измеряют период $T_{рез}$ записанной на осциллограмме характеристики. С помощью формулы $f_{с.рез} = 1/T_{рез}$ определяют собственную резонансную частоту датчика.

9.2.4 Операции по п.п. 9.2.2-9.2.3 повторяют не менее 3 раз.

9.2.5 Результаты определения собственной резонансной частоты датчика считают удовлетворительными, если полученное значение собственной резонансной частоты датчика модификации 5C203НН-020 не менее 30 кГц, для модификаций 5C201ТА-250 и 5C201ТА-100 не менее 80 кГц, для модификаций 5C202ТА-250 и 5C202ТЗ-250 не менее 150 кГц.

9.3 Определение нелинейности амплитудной характеристики. Определение диапазона измерений амплитуд переменных давлений

9.3.1 Диапазон измеряемых давлений датчика определяют на эталонной установке.

9.3.2 Диапазон измеряемых давлений определяют не менее, чем при трех значениях амплитуды единичного скачка давления, расположенных равномерно по рабочему диапазону измеряемых преобразователем амплитуд переменных давлений (включая нижнее и верхнее значения).

9.3.3 Датчик устанавливают на эталонной установке в соответствии с руководством по эксплуатации эталонной установки.

9.3.4 Воспроизводят единичный скачок импульсного давления заданной амплитуды, соответствующей требованиям п. 9.3.3, и регистрируют отклик датчика. Определяют коэффициент преобразования, по формуле (1).

9.3.5 При каждом эталонном значении амплитуды единичного скачка давления проводят не менее 3 измерений, после чего рассчитывают среднее арифметическое значение коэффициента преобразования для заданного эталонного значения амплитуды единичного скачка давления по формуле (2).

9.3.6 Повторяют процедуру определения коэффициента преобразования в соответствии с требованиями п. 9.1.4.

9.3.7 Определяют для каждого эталонного значения амплитуды единичного скачка давления относительное отклонение от действительного значения коэффициента преобразования датчика (см. п. 9.1) по формуле (4), %:

$$\delta_a^{Pi} = \frac{Su_{cp} - Su_{cp}^{Pi}}{Su_{cp}^{Pi}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

9.3.8 Наибольшее из отклонений δ_a принимают за нелинейность амплитудной характеристики:

$$\delta_a = |\delta_a^{Pi}|_{MAX} \quad (5)$$

9.3.9 Результаты определения нелинейности амплитудной характеристики считают удовлетворительными, если значение нелинейности для датчиков модификации 5C203NH-020 составляет не более 17 %, а для датчиков модификаций 5C201TA-250, 5C201TA-100, 5C202TA-250 и 5C202TZ-250 не более 14 %.

9.4 Определение диапазона рабочих частот и определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений

9.4.1 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений ($\delta_{АЧХ}$) преобразователей определяют расчетным методом по формуле (6), %:

$$\delta_{АЧХ} = \left| \frac{1}{1 - \left(\frac{f_{max}}{f_{с.рез}} \right)^2} - 1 \right| \cdot 100 \% \quad (6)$$

где f_{max} — верхнее значение частоты рабочего диапазона измеряемых давлений преобразователей, кГц;

$f_{с.рез}$ — значение собственной резонансной частоты датчика, определенной по п. 9.2.3 настоящей методики, кГц.

9.4.2 Верхнее значение диапазона рабочих частот преобразователей определяется максимальным значением неравномерности АЧХ, не более 5 %.

9.4.3 За нижнее значение диапазона рабочих частот преобразователей принимается величина нижней границы фильтра верхних частот усилителя сигналов, указанная в технической документации на датчик.

9.4.4 Результаты определения неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений считают удовлетворительными, если значение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот

измеряемых давлений не превышает 5 %.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение основной относительной погрешности измерений переменного давления

10.1.1 Основную относительную погрешность измерений δ при доверительной вероятности 0,95 определяют по формуле (7):

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_a^2 + \delta_{\text{АЧХ}}^2}, \quad (7)$$

где δ_0 – погрешность эталонной установки при определении действительного значения коэффициента преобразования датчика, %;

δ_a – нелинейность амплитудной характеристики датчика, % (формула (5);

$\delta_{\text{АЧХ}}$ – неравномерность амплитудно-частотной характеристики датчика, % (формула (6).

10.1.2 Результаты определения считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений переменного давления находится в пределах ± 20 %.

10.2 Критерии соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.2.1 Критерием соответствия средства измерений метрологическим требованиям является соответствие требованиям разделов 7, 8, 9 и положительном результате проверки контролируемых характеристик п. 10.1 настоящей методики. При соблюдении всех требований результат поверки считают положительным, а средство измерений допускается к применению.

10.2.2 Если при проведении одной из операций проверки получен отрицательный результат и/или значения контролируемых характеристик поверяемого средства измерений превышают предельные значения, приведенные в пп. 10.1.1, то результаты считаются отрицательными.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки, в соответствии с заявлением владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений, оформляется свидетельство о поверке, и (или) в паспорт средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя с расшифровкой подписи (фамилия, инициалы), наносится знак поверки и указывается дата поверки.

11.3 При отрицательных результатах поверки, в соответствии с заявлением владельца или лица, представившего средство измерений, выдают извещение о непригодности к применению средства измерений.

11.4 Протокол оформляется по запросу.