

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

М.п.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Датчики давления  
ДЗДЕ-2, ДЗДЕ-40**

**Методика поверки**

**МП 2520-070-2017**

И.о. руководителя НИЛ 2520  
А.А. Козляковский

Разработчик  
Заместитель руководителя НИЛ 2520  
С.Е. Верозубов

Санкт-Петербург  
2017 г.

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на датчики давления ДЗДЕ-2 и ДЗДЕ-40 (далее по тексту – датчик), предназначенные для преобразования давления при исследовании переходных процессов в воздушной среде в электрический сигнал, амплитуда которого пропорциональна давлению и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Допускается проведение периодической поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений частот и амплитуд на основании письменного заявления заказчика. В этом случае в свидетельстве о поверке обязательно указывается информация об объеме проведенной поверки.

Первичная поверка датчиков проводится:

-при вводе в эксплуатацию;

-после ремонта

Интервал между поверками – 2 года.

## 1 Операции поверки

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

Таблица 1-Операции поверки

Наименование операции	Номер пунктов МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	4.1	да	да
Опробование	4.2	да	да
Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от его номинального значения	4.3	да	да
Проверка диапазона измерений давления и определение нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне амплитуд измерений давления	4.4	да	да
Определение собственной резонансной частоты	4.5	да	да
Проверка диапазона частот и определение неравномерности АЧХ в диапазоне рабочих частот измеряемого давления	4.6	да	да
Определение относительной погрешности измерений переменного давления	4.7	да	да
Определение уровня собственных шумов	4.8	да	нет

## 2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки и оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки	Обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
4.3, 4.4	Эталонная установка для воспроизведения гармонического давления в жидкости УГПД-14*)	Воспроизводимое гармоническое давление от 0,1 до 10 кПа, диапазон частот $0,5 - 1 \cdot 10^3$ Гц, погрешность измерения $\pm 3,0$ %
4.3-4.6	Эталонная установка для воспроизведения импульсного давления в газовой среде УУТ-4*)	Воспроизводимое импульсное давление от 0,01 до 1,0 МПа, диапазон длительностей $1 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-3}$ с, погрешность измерения $\pm 3,0$ %
4.2-4.6	Осциллограф цифровой TDS1002B	Полоса 60,0 МГц, дискретизация 1,0 ГГц/канал в реальном времени, развертка по вертикали 2,0 мВ -5,0 В/дел., по горизонтали 5 нс - 50,0 с/дел., погр. $\pm 1,0$
4.8	Мультиметр 34401А	Диапазон измеряемых СКЗ переменных напряжений от 1,0 мВ до 750,0 В, погрешность $\pm 0,04$ %,
4.2-4.6, 4.8	Источник питания постоянного тока регулируемый Б5-6003 ПРО	U вых. от 0 до 60 В, вых. ток от 0 до 3,0 А, погр. установки $U = \pm(0,005 \cdot U_{уст.} + 0,1)$
<p><b>Примечание</b>                      *) Входит в состав Государственного первичного специального эталона единицы давления для области переменных давлений ГЭТ-131-81.</p>		

1 Все средства поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2 Допускается применение средств поверки других типов, не приведенных в таблице 2, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

3 Поверка датчиков осуществляется лицами, прошедшими специальную подготовку, аттестованными в качестве поверителей и изучившими нормативные документы (далее НТД) на поверяемые средства измерений.

## 2 Требования безопасности

- При проведении поверки необходимо соблюдать следующие требования безопасности:
- -средства измерений, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление;
- -сопротивление заземления должно быть не более 4 Ом. Не допускается использовать в качестве заземления корпус (коробку) силовых электрических и осветительных щитов и арматуру центрального отопления;
- -персонал, осуществляющий поверку, должен иметь удостоверение на право работы с установками, имеющими напряжение до 1000 В.

## 3 Условия проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С  $20 \pm 2$ ;
- относительная влажность воздуха, %  $60 \pm 20$ ;

- атмосферное давление, кПа	100 ± 4
- частота переменного тока сети питания, Гц	50 ± 0,5
- напряжение питающей сети, В	220 ± 10

#### 4 Проведение поверки

Подготовка средств поверки должна проводиться в соответствии с эксплуатационной документацией на средств поверки. Установка и крепление поверяемых датчиков к эталонным установкам должны соответствовать руководству по эксплуатации датчиков.

##### 4.1 Внешний осмотр

4.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого датчика требованиям комплектности технической документации, руководства по эксплуатации (РЭ).

4.1.2 Датчик не должен иметь механических повреждений корпуса, соединительных кабелей и электрических разъемов, влияющих на работоспособность датчика.

4.1.3 Датчик должен иметь маркировку с указанием типа и номера.

4.1.4 При невыполнении вышеуказанных требований датчик признается непригодным для проведения поверки.

##### 4.2 Опробование

4.2.1 При проведении опробования проверить наличие электрического сигнала на выходе датчика при воздействии на него механической нагрузки.

4.2.2 Испытуемый датчик соединить со входом осциллографа.

4.2.3 Воздействуя на мембрану датчика механическими колебаниями, например, легким постукиванием резиновым молоточком, наблюдать изменение сигнала с помощью осциллографа TDS 1002B.

4.2.4 Результат опробования считается удовлетворительным, а поверяемый датчик пригодным для проведения поверки, если при механическом воздействии на него наблюдается изменение показаний осциллографа.

##### 4.3 Определение относительного отклонения действительного значения коэффициента преобразования от его номинального значения

4.3.1 Поверку проводить на эталонных установке УГПД-14 и УУТ-4.

4.3.2 Для определения действительного значения коэффициента преобразования датчика ДЗДЕ-40 воспроизвести переменное давление значениями амплитуд из диапазона измерений давления (не менее 5 значений, при этом обязательно наличие верхнего и нижнего значений из диапазона измерений давления), 2 и 5 кПа на установке УГПД-14; 10, 20 и 40 кПа на установке УУТ-4. Для датчика ДЗДЕ-2 воспроизвести переменное давление значениями амплитуд из диапазона измерений давления (не менее 5 значений, при этом обязательно наличие верхнего и нижнего значений из диапазона измерений давления), 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 и 2,0 кПа на установке УГПД-14.

4.3.3 Установить датчик на эталонной установке УГПД-14 с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки. Выход датчика соединить с входом осциллографа.

4.3.4 Воспроизвести на частоте 250 Гц переменное давление амплитудой 2 кПа для датчика ДЗДЕ-40 (0,1 кПа для датчика ДЗДЕ-2), снять с экрана запоминающего осциллографа значение напряжения измеренного давления ( $U_{изм.i}$ , мВ).

4.3.5 Повторить операции по п.4.3.3 – 4.3.4 настоящей МП еще 2 раза.

4.3.6 Определить действительные  $i$ -тые значения коэффициента преобразования датчика для каждого из 3-х измерений,  $K_{пр.i}$ , мВ/кПа по формуле (1):

$$K_{пр.i} = \frac{U_{изм.i}}{P_i}, \text{ мВ/кПа} \quad (1)$$

4.3.7 Вычислить среднее арифметическое значение действительного коэффициента преобразования датчика для уровня давления 2 кПа для датчика ДЗДЕ-40 (0,1 кПа для датчика ДЗДЕ-2),  $K_{пр.ср.i}$ , мВ/кПа по формуле (2):

$$K_{пр.ср.i} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{пр.i}}{n}, \text{ мВ/кПа} \quad (2)$$

где:  $n = 3$  — количество измерений для уровня давления 2 кПа для датчика ДЗДЕ-40 (0,1 кПа для датчика ДЗДЕ-2)

4.3.8 Повторить операции по п.4.3.3 – 4.3.7 настоящей МП для уровня давления 5 кПа для датчика ДЗДЕ-40 (0,2, 0,5, 1,0 и 2,0 кПа для датчика ДЗДЕ-2).

4.3.9 Установить датчик на эталонной установке УУТ-4 с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки. Выход датчика соединить с входом осциллографа.

4.3.10 Установить режим запуска осциллографа TDS 1002В – «одиночный запуск»

4.3.11 Воспроизвести импульс давления амплитудой 10 кПа для датчика ДЗДЕ-40.

4.3.12 После окончания переходного процесса снять с экрана запоминающего осциллографа значение напряжения измеренного импульса ( $U_{изм.i}$ , мВ)

4.3.13 Повторить операции по п.4.3.3 – 4.3.7 настоящей МП для уровней давления 20 и 40 кПа для датчика ДЗДЕ-40.

4.3.14 На основании полученных значений  $K_{пр.ср.i}$  рассчитать значение действительного коэффициента преобразования датчика по формуле (3), мВ/кПа:

$$K_{пр.действ.} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{пр.ср.i}}{n}, \text{ мВ/кПа} \dots \dots \dots \quad (3)$$

где:  $K_{пр.i}$  — действительные средние значения коэффициента преобразования, полученные на каждом из 5-ти значений давления: 2, 5, 10, 20 и 40 кПа для датчика ДЗДЕ-40, и 0,1, 0,2, 0,5, 1 и 2 кПа для датчика ДЗДЕ-2, (мВ/кПа);

$n = 5$  - количество значений давления.

4.3.15 Рассчитать относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования датчика от его номинального значения  $\delta_K$  по формуле (4)

$$\delta_K = \frac{K_{пр.действ.} - K_{ном}}{K_{ном}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

где  $K_{пр.действ.}$  — действительное значения коэффициента преобразования, рассчитанное по формуле 3, (мВ/кПа);

$K_{ном} = 225$  мВ/кПа – номинальное значение коэффициента преобразования датчика ДЗДЕ-40 и  $K_{ном} = 980$  мВ/кПа – номинальное значение коэффициента преобразования датчика ДЗДЕ-2, указанные в НД

4.3.16 Результат поверки считается удовлетворительным, если относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования от его номинального значения не более  $\pm 10,0\%$

#### 4.4 Проверка диапазона измерений переменного давления и определение нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне амплитуд измерений переменного давления.

4.4.1 Проверку проводить на эталонных установках УГПД-14 и УУТ-4 по методике, аналогичной п. 4.3

4.4.2 По формуле (5) для каждого значения давления ( $P_{\text{зад.}}$ ) определить относительное отклонение ( $\delta_{ki}$ , %) действительного среднего значения коэффициента преобразования ( $K_{\text{пр.ср.}i}$ ) от его номинального значения.

$$\delta_{ki} = \frac{K_{\text{пр.ср.}i} - K_{\text{ном}}}{K_{\text{ном}}} \cdot 100 \% \quad (5)$$

где  $K_{\text{пр.ср.}i}$  — действительные средние значения коэффициента преобразования, полученные на каждом из 5-ти значений давления: 2, 5, 10, 20 и 40 кПа для датчика ДЗДЕ-40, и 0,1, 0,2, 0,5, 1 и 2 кПа для датчика ДЗДЕ-2, (мВ/кПа);

4.4.3 В качестве нелинейности амплитудной характеристики датчиков ( $\delta_{\text{АХ}}$ , %) в диапазоне измерений переменного давления принимается максимальное значение, рассчитанное по формуле (6).

$$\delta_{\text{АХ}} = |\delta_{ki}| \max \quad (6)$$

4.4.4 Результат поверки считается удовлетворительным, если диапазон измерений переменного давления находится в пределах 2 – 40 кПа для датчика ДЗДЕ-40, и 0,1 - 2 кПа для датчика ДЗДЕ-2, а нелинейность амплитудной характеристики датчиков в диапазоне измерений переменного давления не превышает пределов 5%.

#### 4.5 Определение собственной резонансной частоты

4.5.1 Действительное значение собственной резонансной частоты ( $f_{\text{с. рез}}$ ) определить на эталонной установке УУТ-4.

4.5.2 Для определения действительного значения собственной резонансной частоты ( $f_{\text{с. рез}}$ ) измерения проводятся в следующей последовательности:

- а) Датчик закрепить в резьбовом отверстии торцевой поверхности камеры низкого давления.
- б) Подключить датчик к осциллографу TDS 1002B, с установленным на нем режимом одиночного запуска.
- в) Между камерой высокого давления и камерой низкого давления установить мембрану из комплекта УУТ-4.
- г) Плавно открыть вентиль и создать в камере высокого давления давление воздуха от 15 до 30 кПа (величина давления в камере высокого давления определяется типом установленной мембраны) до момента срабатывания (разрыва) мембраны.
- д) Закрыть вентиль.
- е) Снять показания импульсной характеристики с осциллографа.
- ж) Записанный на осциллографе сигнал направить в ПК.
- з) Операции по п. б) – ж) повторить не менее 3 раз.
- и) Записанный в ПК сигнал, являющийся переходной характеристикой датчика, обработать по программе дифференцирования и получить импульсную характеристику датчика.
- к) Обработывая импульсную характеристику с помощью преобразования Фурье получить собственную резонансную частоту датчика как максимальную амплитуду на наименьшей частоте спектра.

4.5.3 Результат поверки считается удовлетворительным, если действительное значение собственной резонансной частоты датчиков составляет не менее 30 кГц.

#### 4.6 Проверка диапазона рабочих частот и определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот преобразуемого давления

4.6.1 Неравномерность АЧХ в диапазоне рабочих частот преобразуемого давления ( $\delta_{\text{АЧХ}}$ ) датчика определяют расчётным методом по формуле (7), %:

$$\delta_{\text{АЧХ}} = \left| \frac{1}{1 - \left( \frac{f_{\text{max}}}{f_{\text{с.рез}}} \right)^2} \right| \quad (7)$$

где  $f_{\text{max}} = 2500$  Гц — верхнее значение частоты рабочего диапазона давлений датчика;  
 $f_{\text{с.рез}}$  — определенное по методу п. 4.5 настоящей МП значение частоты собственного резонанса датчика, (Гц).

4.6.2 Верхнее значение диапазона рабочих частот датчика определяется на основании частоты собственного резонанса датчика по формуле (8), Гц:

$$f_{\text{верхн.}} = f_{\text{с.рез}} \cdot 0,22 \quad (8)$$

4.6.3 За нижнее значение диапазона рабочих частот датчиков принимается величина нижней границы фильтра верхних частот встроенного усилителя, составляющая 0,5 Гц.

4.6.4 Результат поверки считается удовлетворительным, если диапазон рабочих частот датчика составляет 0,5 – 2500 Гц, а неравномерность амплитудно–частотной характеристики в рабочем диапазоне частот преобразуемого давления не превышает пределов 5%.

#### 4.7 Определение относительной погрешности измерений давления.

4.7.1 Относительная погрешность измерений давления ( $\delta$ ) датчика определяется при доверительной вероятности 0,95 % (согласно ГОСТ Р 8.801 – 2012 для рабочих средств измерений) по формуле (9), %:

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_{\text{нл.}})^2 + (\delta_{\text{АХ}})^2 + (\delta_{\text{АЧХ}})^2} \quad (9)$$

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

$\delta_{\text{эт}} = \pm 3,0\%$  — относительная погрешность эталонных установок УГПД-14 и УУТ-4 из состава ГЭТ 131-81 при определении действительного значения коэффициента преобразования датчика;

$\delta_{\text{АХ}}$  — нелинейность амплитудной характеристики в диапазоне амплитуд измеряемых давлений датчика, (%);

$\delta_{\text{АЧХ}}$  — неравномерность амплитудно– частотной характеристики в диапазоне частот измеряемых давлений датчика, (%);

4.7.2 Результат поверки считается удовлетворительным, если относительная погрешность в рабочем диапазоне частот и амплитуд датчика не превышает пределов  $\pm 10,0\%$ .

#### 4.8 Определение уровня собственных шумов

4.8.1 Поверяемый датчик подключить с помощью технологического жгута к входу мультиметра 34401А и запитать от источника питания постоянного тока Б5-6003 ПРО.

4.8.2 Заземлить корпус поверяемого датчика, при этом максимально возможно защитить его от вибрационного, электромагнитного и акустического воздействия.

4.8.3 Произвести измерение выходного напряжения с помощью мультиметра 34401А.

4.8.4 Результат поверки считается удовлетворительным, если уровень собственных шумов поверяемого датчика не более 5,0 мВ.

#### 5 Оформление результатов поверки

5.1 При положительных результатах поверки на датчик оформляют Свидетельство о поверке. На оборотной стороне свидетельства записывают результаты поверки. Знак поверки наносится в раздел «ПОВЕРКА» паспорта.

5.2 При отрицательных результатах поверки датчик к применению не допускают, на него оформляется Извещение о непригодности с указанием причины.