

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

УТВЕРЖДАЮ



Директор ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»

К.В. Гоголинский

К.В. Гоголинский 2016 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики динамического давления дифференциальные

серии 176МХХ

Методика поверки

МП 2520-066-2016

Руководитель лаборатории 2520

С.Е. Верозубов С.Е. Верозубов

Разработчик

инженер I категории

Н.В. Коваль Н.В. Коваль

Санкт-Петербург
2016 г.

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на датчики динамического давления дифференциальные серии 176МХХ (далее датчик), предназначенные для измерений переменного давления 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.

Поверка проводится:

- при вводе в эксплуатацию;
- после ремонта

Интервал между поверками – 1 год.

1 Операции поверки

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

Таблица 1 - Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Проверка сопротивления изоляции	7.2	да	да
Проверка электрической емкости	7.3	да	да
Опробование	7.4	да	да
Определение собственной резонансной частоты	7.5	да	да
Определение действительного значения коэффициента преобразования	7.6	да	да
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	7.7	да	да
Проверка диапазона измерений частот переменных давлений	7.8	да	да
Определение нелинейности амплитудной характеристики	7.9	да	да
Проверка диапазона измерений амплитуд переменных давлений	7.10	да	да
Определение основной относительной погрешности измерений амплитуд переменного давления	7.11	да	да

2 Средства поверки

2.1 Перечень средств поверки представлен 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
7.2	Тераомметр Е6-13А	ЯЫ2.722.014 ТУ, основная погрешность измерений $\pm 2,5\%$
7.3	Измеритель емкости цифровой Е8-4	2.724.006 ТУ, основная погрешность измерений $\pm 1,5\%$
7.4	Осциллограф цифровой запоминающий ТДС 1012В (далее осциллограф ТДС 1012В)	Диапазон частот от 0 до 1 ГГц, диапазон напряжений от 0,1 до 100 В, ПГ $\pm 1\%$
7.5 7.7 7.8	Эталонная установка ударная труба УУТ-4 из состава ГЭТ 131-81. Осциллограф ТДС 1012В	Диапазон измерений импульсного давления $1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$ Па, диапазон длительностей $1 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-3}$ с, погрешность воспроизведения единицы: среднее квадратическое отклонение результата измерений не превышает $1 \cdot 10^{-2}$, неисключенная систематическая погрешность не превышает $3 \cdot 10^{-2}$, Диапазон частот от 0 до 1 ГГц, диапазон напряжений от 0,1 до 100 В, ПГ $\pm 1\%$
7.6 7.9 7.10	Эталонная установка УБК-2М из состава ГЭТ 131-81. Осциллограф ТДС 1012В	Диапазон измерений амплитуд импульсного давления $1 \cdot 10^4 - 25 \cdot 10^6$ Па, диапазон длительностей $5 \cdot 10^{-3} - 10$ с, погрешность воспроизведения единицы: среднее квадратическое отклонение результата измерений не превышает $2 \cdot 10^{-2}$, неисключенная систематическая погрешность не превышает $3 \cdot 10^{-2}$, Диапазон частот от 0 до 1 ГГц, диапазон напряжений от 0,1 до 100 В, ПГ $\pm 1\%$

2.2 Средства измерений, применяемые при поверке и средства, входящие в состав государственного специального эталона для средств измерений переменного давления, должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2.3 Допускается применение других средств измерений и вспомогательного оборудования, удовлетворяющих требованиям настоящей методики по погрешности.

3 Требования к квалификации поверителей

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

4 Требования безопасности

При проведении поверки должны быть соблюдены 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.

5 Условия проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающего воздуха, °С.....	20 ± 2
относительная влажность воздуха, %.....	60 ± 20
атмосферное давление, кПа	100 ± 4
частота переменного тока сети питания, Гц	50,0±0,5
напряжение питающей сети, В	220±10

6 Подготовка к поверке

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

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие поверяемого датчика требованиям комплектности технической документации, руководства по эксплуатации (РЭ) и свидетельства о последней поверке.

7.1.2 Датчик не должен иметь внешних повреждений корпуса и соединительных кабелей.

7.1.3 Датчик должен иметь маркировку с указанием типа и номера.

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

7.2 Проверка сопротивления изоляции

7.2.1 При проверке сопротивления изоляции датчика подключают тераомметр Е6-13А к контактам датчика. Измеряют сопротивление изоляции.

7.2.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если сопротивление изоляции не менее 10^{12} Ом.

7.3 Проверка электрической емкости

7.3.1 При проверке электрической емкости датчика подключают измеритель емкости цифровой Е8-4 к контактам датчика. Измеряют емкость.

7.3.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если электрическая емкость не более 165 пФ

7.4 Опробование

7.4.1 При проведении опробования проверяют работоспособность датчика. Поверяемый датчик соединяют с входом дифференциального усилителя заряда (далее усилитель заряда), выход которого соединяют с входом регистратора (осциллографа).

7.4.2 Устанавливают осциллограф в режим работы «Цикл».

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

7.4.4 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если выполняются требования п.7.4.3 МП.

7.5 Определение собственной резонансной частоты

7.5.1 Датчик закрепляют на эталонной установке УУТ-4 в ее торце с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки.

7.5.2 Соединяют датчик с входом усилителя заряда, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 1012 В, работающего в ждущем режиме.

7.5.3 Воспроизводят импульсное давление и регистрируют отклик преобразователя на экране осциллографа.

7.5.4 Записанный на осциллографе сигнал направляют в ПК.

7.5.5 Операции по п.п. 7.5.3-7.5.4 повторяют не менее 3 раз.

7.5.6 Записанный в ПК сигнал, являющийся переходной характеристикой датчика, обрабатывают по программе дифференцирования и получают импульсную характеристику датчика. Ее выводят на дисплей ПК и при необходимости распечатывают с помощью принтера.

7.5.7 Обработывая импульсную характеристику с помощью преобразования Фурье получают собственную частоту датчика как максимальную амплитуду на наименьшей частоте спектра.

7.5.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если собственная резонансная частота датчика будет более 50 кГц.

7.6 Определение действительного значения коэффициента преобразования

7.6.1 Действительное значение коэффициента преобразования датчика определяют на эталонной установке УБК-2М в соответствии с руководством по эксплуатации на эталонную установку.

7.6.2 Датчик устанавливают на эталонной установке УБК-2М с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки. Соединяют датчик с входом усилителя заряда, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 1012 В, работающего в ждущем режиме.

7.6.3 Воспроизводят импульсное давление P_i значениями амплитуд из диапазона, указанного в НД на датчик, не менее 3 значений амплитуд (обязательно наличие верхнего и нижнего значений из диапазона амплитуд), регистрируют отклик датчика (напряжение $U_{нов_i}$) на экране осциллографа.

7.6.4 Определяют действительное значение коэффициента преобразования, Sq_i , пКл/кПа, по формуле (1)

$$Sq_i = \frac{U_{нов_i}}{P_{изм_i} \cdot K_{пу}}, \quad (1)$$

где $U_{нов_i}$ - амплитуда напряжения на выходе поверяемого датчика, мВ

$P_{изм_i}$ - измеренное значение амплитуды давления, кПа

$K_{пу}$ - коэффициент передачи усилителя заряда, мВ/пКл

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

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

где Sq_{cp} - среднее арифметическое значение коэффициента преобразования
 n - число измерений, $n \geq 3$

7.6.5 Рассчитывают относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования датчика от номинального значения, указанного в паспорте на датчик по формуле (3)

$$\delta_{Sq} = \frac{Sq_{cp} - Sq_{н}}{Sq_{н}}, \quad (3)$$

где $Sq_{н}$ - номинальное значение коэффициента преобразования датчика, пКл/кПа.

7.6.6 Относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования датчика от номинального значения не должно превышать значений, указанных в НД на датчик.

7.6.7 Результаты поверки считают удовлетворительными, если действительное значение коэффициента преобразования будет соответствовать значению $2,47 \text{ пКл/кПа} \pm 20 \%$.

7.7 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).

7.7.1 По результатам определения собственной резонансной частоты датчика (п.7.5) обрабатывают импульсную характеристику датчика с помощью преобразования Фурье (рисунок 1).

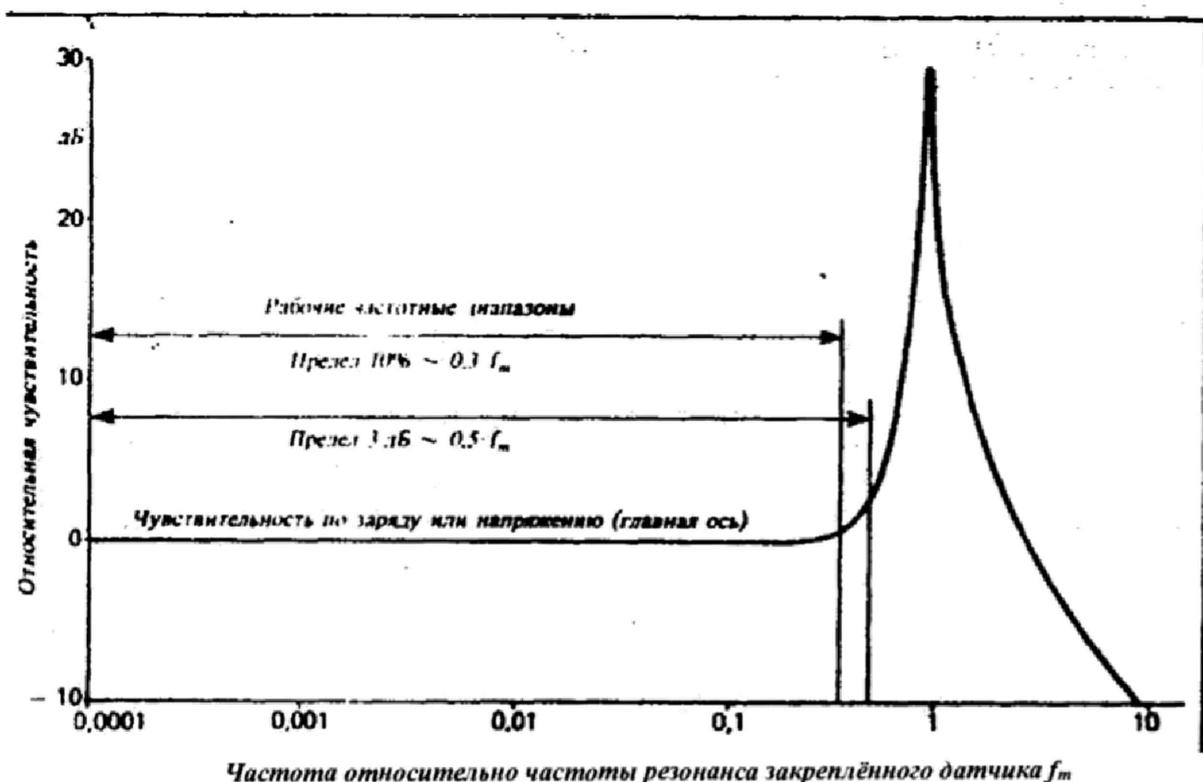


Рисунок - 1 Кривая амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) датчика

7.7.2 Кривая АЧХ датчика связана с выражением (4)

$$A = \frac{1}{1 - \left(\frac{f}{f_m}\right)^2}, \quad (4)$$

где A – отношение амплитуд в области высоких и низких частот

f – значение частоты из диапазона измерений неравномерности АЧХ

f_m – значение частоты резонанса, закрепленного датчика

На основе выражения (4) можно определить рабочий частотный диапазон датчика и вычислить отклонения, присущие отдельным частотам и получаемые в результате измерений значений амплитуды, от соответствующих действительных значений амплитуды исследуемых механических колебаний.

В качестве верхнего предела рабочего частотного диапазона датчика можно использовать различные значения, связанные с определенными значениями отклонений, получаемых в результате измерений значений амплитуды от действительных значений амплитуды механических колебаний.

Предел погрешности 5 % определен частотой, на которой относительное отклонение получаемого в результате измерения значения амплитуды давления от действительного значения амплитуды давления воздействующего на датчик составляет 5 %. С не превышающей 5 % погрешностью можно измерять механические колебания с частотами, меньшими приблизительно деленного на 5 (коэффициент умножения 0,22) значения резонансной частоты закрепленного датчика.

4.7.3 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне измерений частот переменных давлений значение неравномерности АЧХ δ_f будет не более 5 %.

7.8 Проверка диапазона измерений частот переменных давлений

7.8.1 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне измерений частот от 0 до 10000 Гц значение неравномерности АЧХ будет не более 5 %.

7.9 Определение нелинейности амплитудной характеристики датчика

7.9.1 Нелинейность амплитудной характеристики (АХ) датчика определяют на эталонной установке УБК-2М методом непосредственного сличения с эталонными преобразователями давления.

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

7.9.3 Датчик устанавливают на эталонной установке УБК-2М в соответствии с руководством по эксплуатации эталонной установки. Соединяют датчик с входом усилителя заряда, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 1012 В, работающего в ждущем режиме.

7.9.4 Воспроизводят единичный скачок импульсного давления заданной амплитуды, соответствующей требованиям п. 7.9.2 МП, и регистрируют отклик датчика на экране осциллографа. Определяют коэффициент преобразования, по формуле (1) МП.

При каждом измеренном значении амплитуды единичного скачка давления проводят не менее трех измерений, после чего рассчитывают среднее арифметическое значение коэффициента преобразования S_{qcp} для заданного измеренного значения амплитуды единичного скачка давления P_i по формуле (2)

7.9.5 Повторяют процедуру определения коэффициента преобразования в соответствии с требованиями п. 7.9.4.

7.9.6 Определяют для каждого измеренного значения амплитуды единичного скачка давления P_i относительное отклонение от действительного значения коэффициента преобразования

датчика по формуле (5), %:

$$\delta_a^{Pi} = \frac{S_{qcp} - S_{qcp}^{Pi}}{S_{q1}} \quad (5)$$

7.9.7 Наибольшее из отклонений δ_a принимают за нелинейность амплитудной характеристики:

$$\delta_a = \left| \delta_a^{Pi} \right|_{МАК} \quad (6)$$

7.9.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне измерений амплитуд переменных давлений значение нелинейности АХ δ_a будет не более 1 %.

7.10 Проверка диапазона измерений амплитуд переменных давлений

7.10.1 Диапазон измерений амплитуд переменных давлений проверяется после определения нелинейности амплитудной характеристики датчика (п. 7.9).

7.10.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне измерений амплитуд переменных давлений, от 10 до 137,9 кПа, значение нелинейности амплитудной характеристики датчика будет не более 1 %..

7.11 Определение основной относительной погрешности измерений амплитуд переменного давления

7.11.1 Основную относительную погрешность измерений δ при доверительной вероятности 0,95 определяют по формуле:

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_0^2 + \delta_f^2 + \delta_a^2}, \quad (7)$$

где δ_0 - погрешность эталонной установки при определении действительного значения коэффициента преобразования датчика, $\delta_0 = 3,0$;

δ_a - нелинейность амплитудной характеристики датчика, % (формула (6));

δ_f - неравномерность АЧХ датчика, % (п.7.7);

7.11.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений амплитуд переменного давления будет находиться в пределах ± 10 %.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки считаются положительными, если характеристики датчика удовлетворяют всем требованиям данной методики. В этом случае на датчик выдается свидетельство о поверке. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

8.2 При отрицательных результатах датчик к применению не допускается и на него выдается извещение о непригодности с указанием причин.