

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



А.Н. Пронин

« 28 » ноября 2017 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Датчики динамического давления ICP модели 102M276**

**Методика поверки  
МП 2520-075-2017**

И.о. руководителя НИЛ 2520

А.А. Козляковский

Разработчик

Инженер 1 категории

Н.А. Селькина

Санкт-Петербург  
2017 г.

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на датчики динамического давления ICP модели 102M276 (далее датчик), зав.№ № 36659, 37699, 38199, 38139, 40244, предназначенные для измерений переменного давления, и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Первичная 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
Опробование	7.3	да	да
Определение собственной резонансной частоты	7.4	да	да
Определение действительного значения коэффициента преобразования	7.5	да	да
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	7.6	да	да
Проверка диапазона измерений частот переменных давлений	7.7	да	да
Определение нелинейности амплитудной характеристики	7.8	да	да
Проверка диапазона измерений амплитуд переменных давлений	7.9	да	да
Определение основной относительной погрешности измерений амплитуд переменных давлений	7.10	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	Мегаомметр Ф4101	Номинальное напряжение 100 В; 500 В; 1000 В, диапазон измерения сопротивления изоляции от 0 до 20000 МОм, ПГ±2,5 %, рег. № 4542-74
7.3	Осциллограф цифровой TDS 1012B (далее осциллограф TDS 1012B) Усилитель сигналов модели 480C02 ICP	Диапазон частот от 0 до 1 ГГц, диапазон напряжений от 0,1 до 100 В, ПГ±1 %, рег. № 32618-06 Напряжение постоянного тока от 18 до 30 В, постоянный ток 5 мА
7.4, 7.6, 7.7	Эталонная установка для воспроизведения импульсного давления в газовой среде УУТ-4 из состава ГЭТ 131-81 Осциллограф TDS 1012B Усилитель сигналов модели 480C02 ICP	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±1 %, рег. № 32618-06 Напряжение постоянного тока от 18 до 30 В, постоянный ток 5 мА
7.5 7.8 7.9	Эталонная установка для воспроизведения импульсного давления в жидкости УБК-2М, из состава ГЭТ 131-81 Осциллограф TDS 1012B Усилитель сигналов модели 480C02 ICP	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±1 %, рег. № 32618-06 Напряжение постоянного тока от 18 до 30 В, постоянный ток 5 мА

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, %.....	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 мегаомметр Ф4101 к контактам датчика. Измеряют сопротивление изоляции.

7.2.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если сопротивление изоляции не менее 100 МОм.

### 7.3 Опробование

7.3.1 При проведении опробования проверяют работоспособность датчика. Поверяемый датчик соединяют с входом усилителя сигналов модели 480C02 ICP (далее усилитель сигналов), выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 1012B, работающего в ждущем режиме.

7.3.2 Устанавливают осциллограф в режим работы «Цикл».

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

7.3.4 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если выполняются требования п.7.3.3 МП.

#### 7.4 Определение собственной резонансной частоты

7.4.1 Датчик закрепляют на эталонной установке для воспроизведения импульсного давления в газовой среде УУТ-4 (далее эталонная установка УУТ-4) в ее торце с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки.

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

7.4.3 Воспроизводят импульсное давление и регистрируют отклик датчика на экране осциллографа.

7.4.4 Записанный на осциллографе сигнал направляют в ПК.

7.4.5 Операции по п.п. 7.4.3-7.4.4 повторяют не менее 3 раз.

7.4.6 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.

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

7.4.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если собственная резонансная частота датчика будет более 60 кГц.

#### 7.5 Определение действительного значения коэффициента преобразования

7.5.1 Действительное значение коэффициента преобразования датчика определяют на эталонной установке для воспроизведения импульсного давления в жидкости УБК-2М (далее эталонная установка УБК-2М) в соответствии с руководством по эксплуатации на эталонную установку.

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

7.5.3 Воспроизводят импульсное давление 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 на экране осциллографа.

7.5.4 Значения для амплитуд импульсного давления  $P_{изм_i}$  определяют согласно п.7.9.

7.5.5 Определяют действительное значение коэффициента преобразования,  $Su_i$ , мВ/кПа, по формуле (1)

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

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

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

$K_{пу}$  - коэффициент передачи усилителя сигналов,  $K_{пу}=1$

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

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

где  $Su_{cp}$  - среднее арифметическое значение коэффициента преобразования

$n$  - число измерений,  $n \geq 3$

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

$$\delta_{Su} = \frac{S_{u\text{ср}} - S_{u\text{н}}}{S_{u\text{н}}}, \quad (3)$$

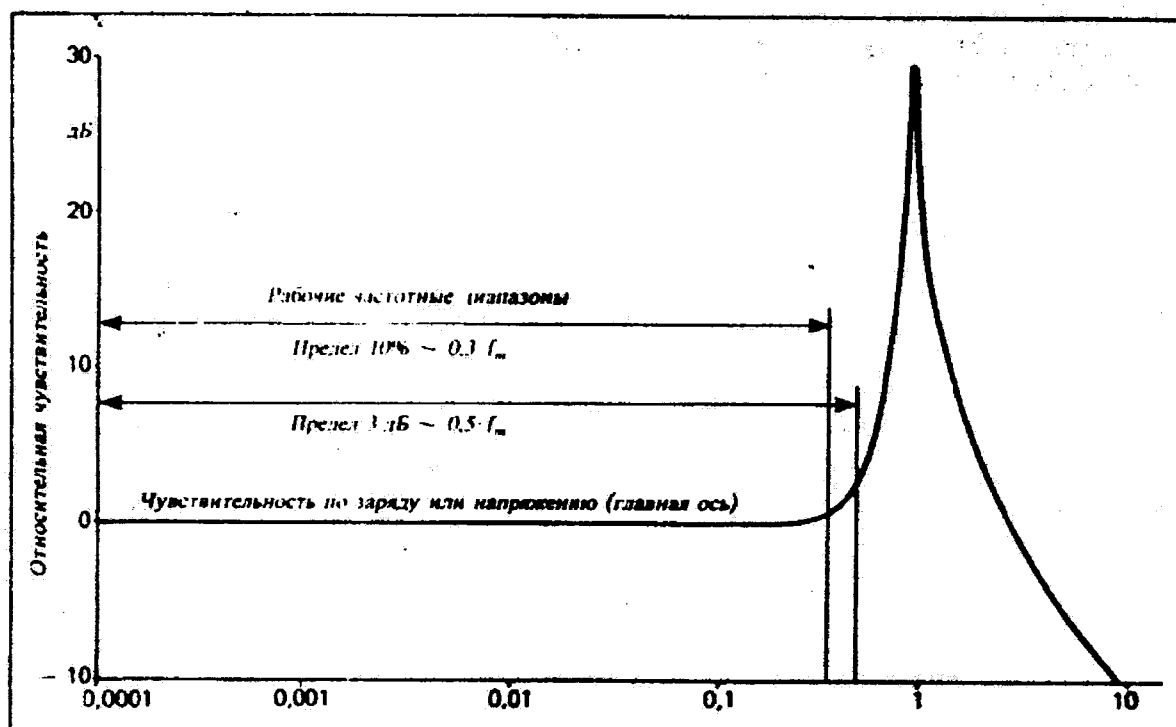
где  $S_{u\text{н}}$  - номинальное значение коэффициента преобразования датчика, мВ/кПа.

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

7.5.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если действительное значение коэффициента преобразования будет соответствовать значению  $14,5 \text{ мВ/кПа} \pm 15 \%$ .

## 7.6 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).

7.6.1 По результатам определения собственной резонансной частоты датчика (п.7.4) обрабатывают импульсную характеристику датчика (акселерометра) с помощью преобразования Фурье.



Кривая амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) датчика

7.6.2 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

$f_m$  - 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 резуль-

тате измерений значений амплитуды от действительных значений амплитуды механических колебаний.

Предел 5 % определен частотой, на которой относительное отклонение, получаемого в результате измерения значения амплитуды от действительного значения амплитуды, воздействующих на датчик механических колебаний, 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.

На основании определения собственной резонансной частоты (п.7,4) значение неравномерности принимаем равной 5 %.

Сверху частотный диапазон ограничен значением, полученным в результате умножения собственной резонансной частоты на коэффициент умножения 0,22.

Снизу частотный диапазон ограничен фильтром верхних частот усилителя сигналов модели 480C02 ICP и составляет 0,5 Гц

7.6.3 Результаты проверки считают удовлетворительными, если в диапазоне измерений частот переменных давлений значение неравномерности АЧХ  $\delta_f$  будет не более 5 %.

7.6.3 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне частот измеряемых давлений значение неравномерности АЧХ  $\delta_f$  будет не более 5 %.

## 7.7 Проверка диапазона измерений частот переменных давлений

7.7.1 Диапазон измерений частот переменных давлений проверяется после определения неравномерности АЧХ датчика.

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

## 7.8 Определение нелинейности амплитудной характеристики.

7.8.1 Нелинейность амплитудной характеристики (АХ) датчика определяют на эталонной установке УБК-2М методом непосредственного сличения с эталонным преобразователем давления.

7.8.2 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).

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

7.8.4 Воспроизводят единичный скачок импульсного давления заданной амплитуды, соответствующей требованиям п. 7.8.2 МП, и регистрируют отклик датчика на экране осциллографа. Определяют коэффициент преобразования по формуле (1) МП.

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

7.8.5 Повторяют процедуру определения коэффициента преобразования в соответствии с требованиями п. 7.5.5.

7.8.6 Определяют для каждого эталонного значения амплитуды единичного скачка давления  $P_i$  относительное отклонение коэффициента преобразования от действительного значения по формуле (5):

$$\delta_a^{Pi} = \frac{S_{ucp} - S_{ucp}^{Pi}}{S_{u1}} \quad (5)$$

7.8.7 Наибольшее из отклонений  $\delta_a$  принимают за нелинейность амплитудной характеристики:

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

7.8.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне амплитуд измеряемых давлений, значение нелинейности АХ  $\delta_a$  будет не более 2 %.

### 7.9 Проверка диапазона измерений амплитуд переменных давлений

7.9.1 Диапазон измерений амплитуд переменных давлений проверяется после определения нелинейности амплитудной характеристики датчика (п. 7.8).

7.9.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне измерений амплитуд переменных давлений от 0,2 до 344,8 кПа, значение нелинейности амплитудной характеристики датчика будет не более 2 %.

### 7.10 Определение основной относительной погрешности измерений амплитуд переменных давлений

7.10.1 Основную относительную погрешность измерений амплитуд переменных давлений  $\delta$  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  $\delta_0$  - погрешность эталонной установки при определении действительного значения коэффициента преобразования датчика,  $\delta_0 = 3,0$ ;

$\delta_a$  - нелинейность амплитудной характеристики датчика, % (п.7.8);

$\delta_f$  - неравномерность АЧХ датчика, % (п.7.6);

7.10.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений амплитуд переменных давлений будет находиться в пределах  $\pm 10$  %.

## 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 и в руководство по эксплуатации

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