

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГУП

«ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

_____ **К. В. Гоголинский**
« 18 » _____ 2017 г.
М.п. _____ **Заместитель директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
Кривоносов
Удостоверение № 14
12 января 2017 г.**



Государственная система обеспечения единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ДАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
СЕРИИ 40XX**

Методика поверки

МП 2520-073-2017

И. о. руководителя лаборатории 2520
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

А. А. Козляковский

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на преобразователи переменного давления измерительные серии 40XX, фирмы «Kistler Instrumente AG», Швейцария, 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 выполняются 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
Опробование	7.2	да	да
Определение собственной резонансной частоты	7.3	да	да
Определение действительного значения коэффициента преобразования	7.4	да	да
Проверка диапазона амплитуд переменных давлений и нелинейности амплитудной характеристики	7.5	да	да
Определение основной относительной погрешности измерений	7.6	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	Осциллограф цифровой запоминающий TDS 1012B	Диапазон частот от 0 до 1 ГГц, диапазон напряжений от 0,1 до 100 В, ПГ±1 %
7.3	Эталонная установка для воспроизведения импульсного давления в газовой среде УУТ-4 из состава ГСЭ для средств измерений переменного давления (ГЭТ 131-81). Осциллограф цифровой запоминающий TDS 1012B	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 %

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
7.4 7.5	Эталонная установка для воспроизведения импульсного давления в жидкости УБК-2М, из состава ГЭТ 131-81. Осциллограф цифровой запоминающий TDS 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 ± 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 применять не указанные в перечне средства поверки, обеспечивающие определение (контроль) метрологических характеристик с требуемой точностью.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

Поверка преобразователей 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 $50,0 \pm 0,5$
- напряжение питающей сети, В 220 ± 20

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

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

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

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

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

7.1.3 Преобразователь должен иметь маркировку с указанием типа и номера.

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

7.2 Опробование

7.2.1 При проведении опробования проверяют работоспособность преобразователя. Поверяемый преобразователь соединяют с входом предусилителя (далее усилитель), выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 1012 В

7.2.2 Устанавливают осциллограф в режим работы «Цикл».

7.2.3 Воздействуют на преобразователь механическими колебаниями, например, постукивая пальцем, и наблюдают появление сигнала на экране осциллографа.

7.2.4 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если выполняются требования п.7.2.3 МП.

7.3 Определение собственной резонансной частоты

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

7.3.2 Соединяют преобразователь с входом усилителя, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 1012 В, работающего в ждущем режиме.

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

7.3.4 Записанный на осциллографе сигнал направляют в ПК.

7.3.5 Операции по п.п. 7.3.3-7.3.4 повторяют не менее 3 раз.

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

7.3.7 Обработав импульсную характеристику с помощью преобразования Фурье получают собственную частоту преобразователя как максимальную амплитуду на наименьшей частоте спектра.

7.3.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если собственная резонансная частота преобразователя соответствует значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Собственная резонансная частота преобразователей переменного давления

Модификация и исполнение преобразователя	Значение, кГц, более
4043A2 / 4045A2	30
4065B0200 / 4065B0500	40
4049B05 / 4049B10 / 4049B20	60
4043A5 / 4045A5	80
4007C / 4065B1000	100
4043A10 / 4045A10 / 4073A10 / 4075A10	120
4043A20 / 4045A20 / 4073A20 / 4075A20	150
4043A50 / 4045A50 / 4073A50 / 4075A50	180
4043A100 / 4043A200 / 4043A500 4045A100 / 4045A200 / 4045A500 4067E2000 / 4067E3000 4073A100 / 4073A200 / 4073A500 4075A100 / 4075A200 / 4075A500	200

7.4 Определение действительного значения коэффициента преобразования

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

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

7.4.3 Воспроизводят импульсное давление значениями амплитуд из диапазона, указанного в НД на преобразователь, не менее 3 значений амплитуд (обязательно наличие верхнего и нижнего значений из диапазона амплитуд), регистрируют отклик преобразователя на экране осциллографа.

7.4.4 Значения для амплитуд импульсного давления $P_{изм_i}$ определяют согласно п.7.5.

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

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

где $U_{пов_i}$ – амплитуда напряжения на выходе поверяемого преобразователя, 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)

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

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

n – число измерений.

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

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

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

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

7.4.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если действительное значение коэффициента преобразования соответствует значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – номинальное значение коэффициента преобразования преобразователей

Модификация и исполнение преобразователя	Значение, мВ/кПа (мВ/бар)	Модификация и исполнение преобразователя	Значение, мВ/кПа (мВ/бар)
4007C005	0,14 (14)	4049B05	20 (2000)
4007C010	0,07 (7)	4049B10	10 (1000)
4007C020	0,035 (3,5)	4049B20	5,0 (500)
4007C050	0,014 (1,4)	4065B0200	0,5 (50)
4007C100	0,007 (0,7)	4065B0500	0,2 (20)
4007C250	0,0028 (0,28)	4065B1000	0,1 (10)
4043A2 / 4045A2	0,625 (62,5)	4067E2000	0,05 (5,0)
4043A5 / 4045A5	0,25 (25)	4067E3000	0,0333 (3,33)
4043A10 / 4045A10	0,115 (11,5)	4080A250	0,168 (16,8)
4043A20 / 4045A20 / 4073A20 / 4075A20	0,0625 (6,25)	4043A50 / 4045A50 / 4073A50 / 4075A50	0,025 (2,5)
4043A100 / 4045A100 / 4073A100 / 4075A100	0,0125 (1,25)	4043A200 / 4045A200 / 4073A200 / 4075A200	0,00625 (0,625)
4043A500 / 4045A500 / 4073A500 / 4075A500	0,0025 (0,25)	4073A10 / 4075A10	0,125 (12,5)
4080A005 / 4080AT005	8,4 (840)	4080A010 / 4080AT010	4,2 (420)
4080A020 / 4080AT020	2,1 (210)	4080A130	0,323 (32,3)

7.5 Проверка диапазона амплитуд переменных давлений и нелинейности амплитудной характеристики

7.5.1 Диапазоны измеряемых давлений и нелинейность амплитудной характеристики (АХ) преобразователя определяют на эталонной установке УБК-2М методом непосредственного сличения с эталонными преобразователями давления.

7.5.2 Диапазоны 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).

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

7.5.4 Воспроизводят единичный скачок импульсного давления заданной амплитуды, соответствующей требованиям п. 7.5.2 МП, и регистрируют отклик преобразователя 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 Sq_{cp} для заданного эталонного значения амплитуды единичного скачка давления P_i по формуле (2)

7.5.5 Повторяют процедуру определения коэффициента преобразования в соответствии с требованиями п. 7.5.4.

7.5.6 Определяют для каждого эталонного значения амплитуды единичного скачка давления относительное отклонение коэффициента преобразования от действительного значения по формуле (4):

$$\delta_a^{Pi} = \frac{Sq_{cp}^{Pi} - Sq_{cp}}{Sq_{cp}} \cdot \frac{P_i}{P_{max}}, \quad (4)$$

7.5.7 Наибольшее из отклонений принимают за нелинейность амплитудной характеристики:

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

7.5.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если диапазон амплитуд измеряемых давлений соответствуют значениям, указанных в таблице 5, и значение нелинейности АХ соответствуют значениям, указанных в таблице 6.

Таблица 5 – Значения нелинейности АХ преобразователей.

Модификация и исполнение преобразователя	Нелинейность АХ, %, не более
4043A5 / 4043A10 / 4043A20 / 4043A50 / 4043A100 / 4043A200 / 4045A5 / 4045A10 / 4045A20 / 4045A50 / 4045A100 / 4045A200 / 4049B05 / 4049B10 / 4049B20 / 4067E3000 / 4073A10 / 4073A20 / 4073A50 / 4073A100 / 4073A200 / 4075A10 / 4075A20 / 4075A50 / 4075A100 / 4075A200	±0,1
4007C005 / 4007C010 / 4007C020 / 4007C050 / 4043A2 / 4045A2	±0,2
4007C100 / 4007C250 / 4043A500 / 4045A500 / 4065B0200 / 4065B0500 / 4065B1000 / 4067E2000 / 4067E3000 / 4073A500 / 4075A500 / 4080A005 / 4080A010 / 4080A020 / 4080A130 / 4080A250 / 4080AT005 / 4080AT010 / 4080AT020	±0,3

Таблица 6 – Диапазон амплитуд измеряемых давлений преобразователей

Модификация и исполнение преобразователя	Диапазон измерений амплитуд переменных давлений, МПа (бар)
4043A2 / 4045A2	от 0 до 0,2 (от 0 до 2)
4007C005 / 4043A5 / 4045A5 / 4049B05 / 4080A005 / 4080AT005	от 0 до 0,5 (от 0 до 5)
4007C010 / 4043A10 / 4045A10 / 4049B10 / 4073A10 / 4075A10 / 4080A010 / 4080AT010	от 0 до 1,0 (от 0 до 10)
4007C020 / 4043A20 / 4045A20 / 4049B20 / 4073A20 / 4075A20 / 4080A020 / 4080AT020	от 0 до 2,0 (от 0 до 20)
4007C050 / 4043A50 / 4045A50 / 4073A50 / 4075A50	от 0 до 5,0 (от 0 до 50)
4007C100 / 4043A100 / 4045A100 / 4073A100 / 4075A100	от 0 до 10 (от 0 до 100)
4080A130	от 0 до 13 (от 0 до 130)
4043A200 / 4045A200 / 4065B0200 / 4073A200 / 4075A200	от 0 до 20 (от 0 до 200)
4007C250 / 4043A500 / 4045A500 / 4065B0500 / 4065B1000 / 4067E2000 / 4067E3000 / 4073A500 / 4075A500 / 4080A250	от 0 до 25 (от 0 до 250)

7.6 Определение основной относительной погрешности измерений

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

$$\delta = \pm 1,1\sqrt{\delta_0^2 + \delta_a^2}, \quad (6)$$

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

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

7.6.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений не превышает $\pm 10\%$.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты поверки считаются положительными, если характеристики преобразователя удовлетворяют всем требованиям настоящей методики поверки. На преобразователь выдается свидетельство о поверке.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и в руководство по эксплуатации.

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