

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

СОГЛАСОВАНО

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

А.Н. Пронин
«24» августа 2021 г.
М.п.  **ДИРЕКТОР**
КРЯВЦОВ Е.П.
№23/2021
ОТ 17 МАЯ 2021


Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ДАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ 60ХС

Методика поверки

МП 2520-111-2021

И.о. руководителя научно-исследовательской
лаборатории госэталонов в области измерений
вибраций, удара и переменных давлений
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

 Козляковский А.А.
«24» 2021 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на преобразователи переменного давления измерительные 60ХС (далее – преобразователи), выпускаемые фирмой Kistler Holding AG (Швейцария), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость:

- к Государственному первичному эталону ГЭТ 131-81 в соответствии с ГОСТ Р 8.801-2012. «ГСОЕИ. Государственная поверочная схема для средств измерений переменного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^2$ до $2,5 \cdot 10^7$ Па для частот от $5 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^4$ Гц и длительностей от $1 \cdot 10^{-5}$ до 10 с при постоянном давлении до $5 \cdot 10^6$ Па».

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки:

- поверка преобразователей проводится прямым методом и непосредственным сравнением с эталоном.

2 Перечень операций поверки средства измерений (далее – поверка)

2.1 При проведении поверки выполняются операции, указанные в табл. 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Проверка электрического сопротивления изоляции	9.1	да	да
Определение действительного значения коэффициента преобразования. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального	9.2	да	да
Определение собственной резонансной частоты преобразователя	9.3	да	да
Определение нелинейности амплитудной характеристики. Определение диапазона измерений амплитуд переменных давлений	9.4	да	да
Определение чувствительности к вибрационному ускорению	9.5	да	нет
Определение основной относительной погрешности измерений переменного давления	9.6	да	да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

– температура окружающего воздуха, °С	от + 15 до + 25
– относительная влажность, %	от 40 до 80
– атмосферное давление, кПа	от 92 до 108

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Поверка преобразователей осуществляется лицами, прошедшими специальную подготовку в качестве поверителей и изучившими нормативные документы (далее НД) на преобразователи.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Перечень средств поверки представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
9.1	– тераомметр ПрофКип Е6-13М, диапазон напряжений от 1 В до 1000 В, диапазон измерения сопротивления изоляции от 10 кОм до 10 Том, рег. № 71688-18 в Федеральном информационном фонде.
8, 9.2 - 9.5	– рабочий эталон единицы давления для области переменных давлений в диапазонах измерений переменных давлений от $1 \cdot 10^2$ до $2,5 \cdot 10^7$ Па для частот от $5 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^4$ Гц и длительностей от $1 \cdot 10^{-5}$ до 10 с при постоянном давлении до $5 \cdot 10^6$ Па согласно ГОСТ Р 8.801-2012; – осциллограф цифровой TDS 2002B, диапазон частот 0 – 1 ГГц, диапазон напряжений 0,1 – 100 В, ПГ ± 1 %, рег. № 32618-06 в Федеральном информационном фонде.

5.2 Средства измерений, применяемые при поверке должны быть поверены, а эталоны аттестованы.

5.3 Допускается применение других средств измерений и вспомогательного оборудования, не приведенных в табл. 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик преобразователей с требуемой точностью.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

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;
- требования разделов «Указания мер безопасности» эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие преобразователя следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида и маркировки преобразователя путем сравнения с эксплуатационной документацией, представленной заявителем;
- наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа преобразователя;
- соблюдение требований по защите преобразователя от несанкционированного доступа;
- выявление дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки и (или) на результаты поверки.

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

7.1.2 Результат проверки считается положительным, если при внешнем осмотре преобразователя соответствует требованиям эксплуатационной документации на преобразователь.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке:

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

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

Все операции поверки должны проводиться не менее чем двумя лицами, имеющими квалификационную группу по технике безопасности не ниже 3.

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

8.2 Опробование

8.2.1 При проведении опробования проверяют работоспособность преобразователя. Проверяемый преобразователь соединяют с входом согласующего усилителя сигналов (далее усилитель сигналов), выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 2002B.

8.2.2 Устанавливают осциллограф в режим работы «Цикл».

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

8.2.4 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если выполняются требования п. 8.2.3 МП.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Проверка электрического сопротивления изоляции.

9.1.1 Для проверки электрического сопротивления изоляции преобразователя подключают тераомметр ПрофКип Е6-13М к контактам преобразователя.

9.1.2 Измеряют сопротивление изоляции преобразователя.

9.1.3 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение электрического сопротивления изоляции преобразователя для модификаций 601САХ и 603САХ не менее $1 \cdot 10^{13}$ Ом.

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

9.2.1 Действительное значение коэффициента преобразования преобразователя определяют на установке вторичного эталона (далее – эталонная установка) в соответствии с руководством по эксплуатации на эталонную установку.

9.2.2 Преобразователь устанавливают на эталонной установке с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект установки. Соединяют преобразователь с входом усилителя сигналов, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 2002B, работающего в ждущем режиме.

9.2.3 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 преобразователя на экране осциллографа.

9.2.4 Для преобразователей с выходом по заряду определяют действительное значение коэффициента преобразования преобразователя, Sq_i пКл/МПа, по формуле (1):

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

где $U_{вых_i}$ – амплитуда напряжения на выходе поверяемого преобразователя, мВ;

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

$K_{пу}$ – коэффициент передачи усилителя сигнала, 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, $n \geq 3$.

9.2.5 Рассчитывают относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя от номинального значения, %, указанного в НД по формуле (3):

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

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

9.2.6 Для преобразователей с выходом по напряжению определяют действительное значение коэффициента преобразования преобразователя, S_{ui} , мВ/МПа, по формуле (4):

$$S_{ui} = \frac{U_{выхi}}{P_{измi} \cdot K_{пу}}, \quad (4)$$

где $U_{выхi}$ - амплитуда напряжения на выходе поверяемого преобразователя, мВ;

$P_{измi}$ - измеренное значение амплитуды давления, МПа;

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

Проводят не менее 3 измерений, после чего рассчитывают среднее арифметическое значение коэффициента преобразования по формуле (5):

$$S_{u_{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{ui}}{n}, \quad (5)$$

где $S_{u_{cp}}$ - среднее арифметическое значение коэффициента преобразования;

n - число измерений, $n \geq 3$

9.2.7 Рассчитывают относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя от номинального значения, указанного в НД на преобразователь по формуле (6):

$$\delta_{Su} = \frac{S_{u_{cp}} - S_{un}}{S_{un}}, \quad (6)$$

где S_{un} - номинальное значение коэффициента преобразования преобразователя, мВ/МПа.

9.2.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя не превышает $\pm 15\%$.

9.3 Определение собственной резонансной частоты преобразователя

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

9.3.2 Соединяют преобразователь с входом усилителя сигналов, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 2002B, работающего в ждущем режиме.

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

9.3.4 На осциллографе измеряют период $T_{рез}$ записанной на осциллографе характеристики. С помощью формулы $F_{рез} = 1/T_{рез}$ определяют собственную резонансную частоту.

9.3.5 Операции по п.п. 9.3.3-9.3.4 повторяют не менее 3 раз.

9.3.6 Результаты поверки считают удовлетворительными, если собственная резонансная частота преобразователя:

- не меньше 215 кГц для преобразователей модификаций 601САХ, 601СВА;
- не меньше 500 кГц для преобразователей модификаций 603САХ, 603СВА.

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

9.4.1 Диапазон измеряемых давлений преобразователя определяют на эталонной установке.

9.4.2 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).

9.4.3 Преобразователь устанавливают на эталонной установке в соответствии с руководством по эксплуатации эталонной установки. Соединяют выход преобразователя с входом усилителя сигналов, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 2002B, работающего в ждущем режиме.

9.4.4 Воспроизводят единичный скачок импульсного давления заданной амплитуды, соответствующей требованиям п. 9.4.2, и регистрируют отклик преобразователя на экране осциллографа. Определяют коэффициент преобразования, по формулам (1,4).

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 формулам (2,5).

9.4.5 Повторяют процедуру определения коэффициента преобразования в соответствии с требованиями п. 9.4.4.

9.4.6 Определяют для каждого эталонного значения амплитуды единичного скачка давления относительное отклонение от действительного значения коэффициента преобразования преобразователя (см. п. 9.2) по формулам (3,6), %

9.4.7 Наибольшее из отклонений δ_a принимают за нелинейность амплитудной характеристики:

$$\delta_a = |\delta_a^{Pi}|_{MAX} \quad (7)$$

9.4.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если в диапазоне измерений амплитуд переменных давлений, значение нелинейности не превышает 5 %.

9.5 Определение чувствительности к вибрационному ускорению

9.5.1 Закрепляют на виброустановке (рабочий эталон 2-го разряда) преобразователь соосно эталонному виброметру и включают виброустановку. С помощью эталонного виброметра задают ускорение равное 10 м/с^2 на частоте 160 Гц.

9.5.2 Определение чувствительности к вибрационному ускорению осуществляют по среднему квадратическому значению виброускорения (а), зафиксированному с помощью эталонного виброметра.

9.5.3 Измеряют напряжение на выходе преобразователя, рассчитывают значение чувствительности преобразователя к вибрационному ускорению по формуле (8):

$$S_a = \frac{U_{вых}}{K_{ус} \cdot a \cdot S_{q \text{ ср}}} \quad (8)$$

где $U_{вых}$ – напряжение на выходе преобразователя, мВ (пКл);

$K_{ус}$ – коэффициент усилителя сигнала, мВ/пКл;

a – заданное виброускорение, g.

9.5.4 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение чувствительности к вибрационному ускорению не превышает значения, указанного в таблице 3.

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение характеристики			
	601САХ	603САХ	601СВА	603СВА
Чувствительность к вибрационному ускорению в осевом направлении, не более:				
- пКл/g	0,074	$0,7 \cdot 10^{-3}$		
- мВ/g	-	-	6,7	0,05

9.6 Определение основной относительной погрешности измерений переменного давления

9.6.1 Основную относительную погрешность измерений δ при доверительной вероятности 0,95 определяют по формуле (9):

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_u^2 + \delta_a^2}, \quad (9)$$

где δ_0 – погрешность эталонной установки при определении действительного значения коэффициента преобразования преобразователя, ($\delta_0 = 2,0 \%$);

δ_u – погрешность измерения единицы переменного давления, ($\delta_u = 3,0 \%$);

δ_a – нелинейность амплитудной характеристики преобразователя, % (формула (7))

9.6.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений переменного давления не превышает $\pm 7\%$.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки считаются положительными, если все операции выполнены с положительным результатом. В этом случае результаты поверки оформляются в соответствии с действующими нормативными документами Российской Федерации.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) в руководство по эксплуатации на преобразователь.

10.2 При отрицательных результатах преобразователь к применению не допускается и результаты оформляются в соответствии с действующими нормативными документами Российской Федерации с указанием причин о непригодности.

10.3 Сведения о результатах поверки преобразователя передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.