

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

м.п. «24» декабря 2020 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ДАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПД500ХХ

Методика поверки

МП 2520-096-2020

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 » 12 2020 г.

г. Санкт-Петербург

2020 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на преобразователи переменного давления измерительные ПД500ХХ (далее – преобразователи), изготавливаемые АО «ГосНИИмаш», и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Преобразователи соответствуют рабочим средствам измерений по ГОСТ Р 8.801-2012 ГСИ. «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».

Первичная поверка проводится:

- при вводе в эксплуатацию;
- после ремонта.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость преобразователей переменного давления измерительных ПД500ХХ 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 сличением с эталоном.

2 Перечень операций поверки

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

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	да	да
Опробование	8.2	да	да
Проверка электрического сопротивления изоляции	8.3	да	да
Проверка электрической емкости	8.4	да	да
Определение действительного значения коэффициента преобразования. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального	8.5	да	да
Определение собственной резонансной частоты преобразователя	8.6	да	да

Определение нелинейности амплитудной характеристики. Определение диапазона измерений амплитуд переменных давлений.	8.7	да	да
Определение диапазона рабочих частот и определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений	8.8	да	да
Определение чувствительности к вибрационному ускорению	8.9	да	нет
Определение относительной погрешности измерений переменных давлений	8.10	да	да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающего воздуха, °С.....от +18 до +24

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 проверяемые средства измерений и средства поверки.

5 Метрологические требования к средствам поверки

5.1 Перечень средств поверки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств 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
8.2	- 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.
8.4	- измеритель емкости Е8-4, диапазон измерений от 1 до 10000000 пФ, пределы погрешности $\pm 1,5$ %, рег. № 3870-73 в Федеральном информационном фонде.
8.2, 8.5, 8.6 - 8.8	- осциллограф цифровой TDS 2002В, диапазон частот 0 – 1 ГГц, диапазон напряжений 0,1 – 100 В, ПГ ± 1 %, рег. № 32618-06 в Федеральном информационном фонде.
8.6 – 8.8	- рабочий эталон по ГОСТ Р 8.801-2012 ГСИ. «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 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»
8.9	- рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с ГПС приказа Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения»

5.2 Средства измерений должны быть поверены, а эталоны аттестованы.

5.3 Допускается применение других средств измерений и вспомогательного оборудования, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений 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;
- персонал, осуществляющий поверку, должен иметь удостоверение на право работы с установками, имеющими напряжение до 1000 В.

7 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 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

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

- соответствие внешнего вида и маркировки преобразователя путем сравнения с технической 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.

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

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

8.2 Опробование

8.2.1 При проведении опробования проверяют работоспособность преобразователя. Поверяемый преобразователь соединяют с согласующим усилителем 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 настоящей методики поверки.

8.3 Проверка электрического сопротивления изоляции

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

8.3.2 Измеряют сопротивление изоляции преобразователя.

8.3.3 Результаты проверки считают удовлетворительными, если значение электрического сопротивления изоляции преобразователя ПД500К3 не менее $1 \cdot 10^{10}$ Ом, а преобразователя ПД500Ц3 не менее $1 \cdot 10^9$ Ом.

8.4 Проверка электрической емкости

8.4.1 При проверке электрической емкости подключают измеритель емкости цифровой Е8-4 к контактам преобразователя.

8.4.2 Измеряют электрическую емкость.

8.4.3 Результаты проверки считают удовлетворительными, если значение электрической емкости преобразователя ПД500К3 находится в пределах значений 100 ± 20 пФ, а для преобразователя ПД500Ц3 600 ± 300 пФ.

8.5 Определение действительного значения коэффициента преобразования.

Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального

8.5.1 Действительное значение коэффициента преобразования преобразователя определяют на рабочем эталоне по ГОСТ Р 8.801-2012 ГСИ (далее – эталон) в соответствии с руководством по эксплуатации на рабочий эталон.

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

8.5.3 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.

8.5.4 Определяют действительное значение коэффициента преобразования преобразователя, Sq_i пКл/кПа, по формуле (1):

$$Sq_i = \frac{U_{\text{вых}i}}{P_{\text{изм}i} \cdot K_{\text{пу}}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{вых}i}$ – амплитуда напряжения на выходе проверяемого преобразователя, мВ;

$P_{\text{изм}i}$ – измеренное значение амплитуды давления, кПа.;

$K_{\text{пу}}$ – коэффициент передачи усилителя сигнала, мВ/пКл.

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

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

где Sq_{cp} – среднее арифметическое значение коэффициента преобразования;

n – число измерений, $n \geq 3$.

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

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

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

8.5.6 Результаты определения считают удовлетворительными, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя от номинального значения не превышает $\pm 20\%$.

8.6 Определение собственной резонансной частоты

8.6.1 Преобразователь закрепляют на рабочем эталоне в его торце с помощью специальных элементов крепления, входящих в комплект эталона.

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

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

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

8.6.5 Операции по п.п. 8.6.3 - 8.6.4 повторяют не менее 3 раз.

8.6.6 Результаты определения собственной резонансной частоты считают удовлетворительными, если собственная резонансная частота преобразователя составляет не менее 100 кГц.

8.7 Определение нелинейности амплитудной характеристики.

Определение диапазона измерений амплитуд переменных давлений.

8.7.1 Диапазон измеряемых амплитуд переменных давлений преобразователя определяют на рабочем эталоне.

8.7.2 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).

8.7.3 Преобразователь устанавливают на эталоне в соответствии с руководством по эксплуатации эталона. Соединяют выход преобразователя с входом усилителя сигналов, выход которого соединяют с входом осциллографа TDS 2002B, работающего в ждущем режиме.

8.7.4 Воспроизводят единичный скачок импульсного давления заданной амплитуды, соответствующей требованиям п. 8.5.3, и регистрируют отклик преобразователя на экране осциллографа. Определяют коэффициент преобразования, по формуле (1).

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 формуле (2).

8.7.5 Повторяют процедуру определения коэффициента преобразования в соответствии с требованиями п. 8.5.4.

8.7.6 Определяют для каждого эталонного значения амплитуды единичного скачка давления относительное отклонение от действительного значения коэффициента преобразования преобразователя (см. п. 8.5) по формуле (4), %:

$$\delta_a^{Pi} = \frac{Sq_{cp} - Sq_{cp}^{Pi}}{Sq_{cp}^{Pi}} \cdot 100 \quad (4)$$

8.7.7 Наибольшее из отклонений δ_a принимают за нелинейность амплитудной характеристики:

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

8.7.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение нелинейности для преобразователей ПД500К3 составляет не более $\pm 5\%$ в диапазоне измерений амплитуд переменных давлений от 0,2 до 25 МПа, а для преобразователей ПД500Ц3 не более $\pm 10\%$ в диапазоне измерений амплитуд переменных давлений от 0,1 до 2 МПа.

8.8 Определение диапазона рабочих частот и определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений

8.8.1 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне рабочих частот измеряемых давлений ($\delta_{АЧХ}$) преобразователей определяют расчетным методом по формуле (6), %:

$$\delta_{АЧХ} = \left| \frac{1}{1 - \left(\frac{f_{max}}{f_{c,рез}}\right)^2} - 1 \right| \cdot 100, \quad (6)$$

где f_{max} — верхнее значение частоты рабочего диапазона измеряемых давлений преобразователей, кГц;

$f_{c,рез}$ — значение собственной резонансной частоты преобразователя, определенной по п. 8.6 настоящей методики поверки, кГц.

8.8.2 Верхнее значение диапазона рабочих частот преобразователей 22 кГц определяется максимальным значением неравномерности АЧХ, не более 5 %.

8.8.3 За нижнее значение диапазона рабочих частот преобразователей принимается величина нижней границы фильтра верхних частот усилителя сигналов, указанная в технической документации на преобразователь.

8.8.4 Результаты определения считают удовлетворительными если значение неравномерности амплитудно-частотной характеристики не превышает 5 %.

8.9 Определение чувствительности к вибрационному ускорению

8.9.1 Закрепляют на рабочем эталоне 2-го разряда (далее – эталон) по приказу Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 преобразователь соосно эталонному виброметру из состава эталона и включают эталон. С помощью эталонного виброметра задают ускорение равное 1g на частоте 200 Гц.

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

8.9.3 Измеряют напряжение на выходе преобразователя, рассчитывают значение чувствительности преобразователя к вибрационному ускорению по формуле (7):

$$Sa = \frac{U_{\text{вых}}}{K_{\text{ус}} \cdot a \cdot S_{q \text{ ср}}}, \quad (7)$$

где $U_{\text{вых}}$ – напряжение на выходе преобразователя, мВ;

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

a – заданное виброускорение, м/с^2 .

8.9.4 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение чувствительности к вибрационному ускорению для преобразователей ПД500КЗ не превышает 15 Па/(м/с^2), а для преобразователей ПД500ЦЗ не превышает 30 Па/(м/с^2).

8.10 Определение относительной погрешности измерений переменного давления

8.10.1 Основную относительную погрешность измерений δ при доверительной вероятности 0,95 определяют по формуле (7):

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_a^2 + \delta_{\text{АЧХ}}^2}, \quad (7)$$

где δ_0 – погрешность рабочего эталона при определении действительного значения коэффициента преобразования преобразователя;

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

$\delta_{\text{АЧХ}}$ – неравномерность амплитудно-частотной характеристики преобразователя, % (формула (6)).

8.10.2 Результаты определения считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений переменного давления для преобразователей ПД500КЗ находится в пределах $\pm 10\%$, а для преобразователей ПД500ЦЗ $\pm 15\%$.

9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Проводится определение относительной погрешности измерений переменного давления, выраженной в процентах. Значения основной относительной погрешности измерений переменного давления для преобразователей ПД500КЗ должны находиться в пределах $\pm 10\%$, а для преобразователей ПД500ЦЗ $\pm 15\%$.

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 паспорт 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.