

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



Н. В. Иванникова

2020 г.

Датчики давления серий PS, PS+, PC, PT, PT1000 и PT2000

Методика поверки

МП 202-012-2019

Настоящая методика распространяется на датчики давления серий PS, PS+, PC, PT, PT1000 и PT2000, изготавливаемые компанией «Hans Turck GmbH & Co. KG», Германия.

Датчики давления серий PS, PS+, PC, PT, PT1000 и PT2000 (далее по тексту – датчики) предназначены для непрерывных измерений избыточного (в том числе вакуумметрического давления газов), абсолютного давления газообразных и жидких сред и пара, и преобразования в унифицированный электрический выходной сигнал постоянного тока, напряжения постоянного тока или в цифровые кодовые сигналы для передачи по протоколу IO-Link.

Настоящий документ устанавливает методику первичной и периодической поверок датчиков давления серий PS, PS+, PC, PT, PT1000 и PT2000.

Рекомендованный интервал между поверками 3 года.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр – 5.1;
- опробование – 5.2;
- проверка идентификационных данных программного обеспечения – 5.3;
- определение основной погрешности датчика – 5.4.
- определение вариации выходного сигнала – 5.5.
- результаты поверки – 5.6.

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование средства поверки	Основные метрологические и технические характеристики средств поверки
Манометр грузопоршневой МП-2,5	Верхний предел измерений 0,25 МПа, нижний предел измерений 0 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %: ±0,01 % от измеряемого давления (при давлениях от 10 до 100 % от верхнего предела измерений); ±0,01 % от 0,1 верхнего предела измерений (при давлениях ниже 10 % от верхнего предела измерений)
Манометр грузопоршневой МП-6	Верхний предел измерений 0,6 МПа, нижний предел измерений 0,04 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %: ±0,005 % от измеряемого давления
Манометр грузопоршневой МП-60	Верхний предел измерений 6 МПа, нижний предел измерений 0,1 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %: ±0,005 % от измеряемого давления
Манометр грузопоршневой МП-600	Верхний предел измерений 60 МПа, нижний предел измерений 1 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %: ± 0,01 % от измеряемого давления
Манометр грузопоршневой МП-2500	Верхний предел измерений 250 МПа, нижний предел измерений 5 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %: ±0,02 % от измеряемого давления
Мановакуумметр грузопоршневой МВП-2,5	при давлениях (избыточном или отрицательном избыточном (вакуумметрическом) от 0 до 0,01 МПа (от 0 до 0,1 кгс/см ²): ±5 Па (± 0,00005 кгс/см ²); ±2 Па (± 0,00002 кгс/см ²) при давлениях (избыточном или отрицательном избыточном (вакуумметрическом) свыше 0,01 МПа (0,1 кгс/см ²): ±0 05 % от измеряемой величины; ±0,02 % от измеряемой величины
Манометр абсолютного давления МПАК-15	Пределы допускаемой основной погрешности: ±6,65 Па в диапазоне 0,133 – 13,3 кПа; ±13,3 Па в диапазоне 13,3 – 133 кПа; ±0,01 % от действительного значения измеряемого давления в диапазоне 133 – 400 кПа
Калибратор многофункциональный и	Пределы допускаемой основной погрешности: ±(0,01 % показания +1 мкА) в диапазоне ±25 мА, R _{вх} <10 МОм.

коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R)	<p>$\pm(0,01 \text{ \% показания} + 1 \text{ мкА})$ в диапазоне от 0 до 25 мА, $R_{нагр} \leq 1140 \text{ Ом}$ (20 мА), 450 Ом (50 мА).</p> <p>$\pm(0,006 \text{ \% показания} + 0,25 \text{ мВ})$ в диапазоне от 1 до 60 В при $R_{вх} > 2 \text{ МОм}$.</p> <p>$\pm(0,007 \text{ \% показания} + 0,1 \text{ мВ})$ в диапазоне от -3 до 10/24 В при $I_{макс} = 5 \text{ мА}$.</p>
Калибраторы-контроллеры давления РРС	<p>Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений и генерации давления, %:</p> <p>$\pm 0,008\%$; $\pm 0,01\%$ (измерения) для ВПИ: от 10 кПа до 10 МПа (изб.); от 110 кПа до 10 МПа (абс.) от 7 до 100 МПа (изб., абс.)</p> <p>$\pm 0,013\%$; $\pm 0,018\%$ (измерения) для ВПИ: от 20 до 200 МПа (изб., абс.)</p> <p>$\pm 0,008\%$; $\pm 0,018\%$ (измерения) для ВПИ: от 10 кПа до 280 МПа (изб.); от 110 кПа до 280 МПа (абс.)</p> <p>$\pm 0,009\%$; $\pm 0,011\%$ (генерация) для диапазонов от -98,5 кПа до 10 МПа (изб); 1,5 кПа до 10 МПа (изб., абс.)</p> <p>$\pm 0,013\%$; $\pm 0,014\%$; $\pm 0,016\%$ (генерация) для ВПИ от 7 до 100 МПа (изб., абс.)</p> <p>$\pm 0,016\%$; $\pm 0,020\%$ (генерация) для ВПИ от 20 до 200 МПа (изб., абс.)</p>
Калибраторы давления СРС3000, СРС6000, СРС8000, СРС8000-Н	<p>$\pm 0,025\%$ от диапазонов измерений в диапазоне измерений от 0 до 0,035 МПа; от 0 до 10 МПа; от -0,035...0,035 до -0,1...10 МПа.</p> <p>$\pm 0,0125\%$ от диапазона измерений; $\pm 0,025\%$ от измеренного значения в диапазонах измерений от 0 до 0,01 МПа; от 0 до 10 МПа.</p> <p>$\pm 0,01\%$; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,007 до 0...10 МПа; от -0,0025...0,0045 до -0,1...10 МПа.;</p> <p>$\pm 0,03\%$; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,0025 до 0...0,007 МПа; от -0,0025...0 до -0,007...0 МПа; от -0,0025...0,0025 до -0,0025...0,0045 МПа.</p> <p>$\pm 0,005\%$ от диапазона измерений; $\pm 0,01\%$ от измеренного значения в диапазонах от 0...0,1 до 0...10 МПа; от -0,1...1 до -0,1...10 МПа</p> <p>$\pm 0,0026\%$ от диапазона измерений; $\pm 0,008\%$ от измеренного значения в диапазонах от 0...0,1 до 0...6,9 МПа (абс.)</p> <p>$\pm 0,004\%$ от диапазона измерений в диапазонах от 0...6,9 до 0...40,1 МПа (абс.)</p> <p>$\pm 0,01\%$; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,007 до 0...40 МПа; от -0,0025...0,0045 до -0,1...40 МПа.</p> <p>$\pm 0,03\%$; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,0025 до 0...0,007 МПа; от -0,0025...0 до -0,007...0 МПа. от -0,0025...0,0025 до -0,0025...0,0045 МПа.</p> <p>$\pm 0,01\%$ от диапазона измерений в диапазонах от 0...40 до 0...103 МПа</p> <p>$\pm 0,014 \text{ \%}$ от диапазона измерений в диапазонах от 0...103 до 0...160 МПа.</p>
Калибраторы давления СРГ8000, СРГ2500	<p>$\pm 0,01\%$; $\pm 0,015\%$; $\pm 0,025\%$ от диапазона измерений в диапазонах от -0,0025...0 до -0,1...10 МПа.; от 0...0,0025 до 0...250 МПа.;</p>
Мультиметр 3458А	<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности</p> <ul style="list-style-type: none"> - в диапазоне измерений 100 мА: $\pm(25 \times 10^{-6}D + 4 \times 10^{-6}E)$ - в диапазоне измерений напряжения постоянного тока 10 В: $\pm(0,5 \times 10^{-6}D + 0,5 \times 10^{-6}E)$. Где: D - показание прибора, E - верхнее граничное значение диапазона измерения
Вольтметр универсальный цифровой GDM-78261	<p>Предел измерений 10,0000 В. Пределы допускаемой основной погрешности, $\pm(\text{\% от измеренного значения} + \text{\% от диапазона})$: $\pm(0,0040 + 0,0007)$</p> <p>Предел измерений 100,0000 мА. Пределы допускаемой основной погрешности, $\pm(\text{\% от измеренного значения} + \text{\% от диапазона})$: $\pm(0,05 + 0,005)$</p>
Мера электрического сопротивления	<p>Класс точности $0,002/1,5 \cdot 10^{-6}$.</p> <p>Диапазон воспроизведения значений электрического сопротивления, Ом: от 0,001 до 111111,1</p>

постоянного тока многозначная Р3026-1	
Меры электрического сопротивления однозначные МС 3006	Классы точности 0,0005; 0,001; 0,002
Термометр ртутный стеклянный лабораторный по ГОСТ 28498-90	Предел измерений 0 – 55 °С. Цена деления шкалы 0,1 °С. Предел допускаемой погрешности ±0,2 °С
Источник постоянного тока Б5-8	Наибольшее значение напряжения: 50 В. Допускаемые отклонения: ±0,5% от установленного значения;
Интерфейс для передачи по протоколу IO-Link.	USB-2-IOL-0002

2.2. Эталоны, применяемые при поверке, должны быть аттестованы. Должны использоваться вспомогательные средства, в том числе необходимые адаптеры для подключения задаваемого давления или модемы, для связи поверяемого датчика с компьютером, если без них поверку провести невозможно.

2.3. Допускается применение аналогичных средств поверки, не приведенных в перечне, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

3 Требования безопасности

3.1 При проведении поверки соблюдают общие требования безопасности при работе с датчиками давления (см., например ГОСТ 22520-85), а также требования по безопасности эксплуатации применяемых средств поверки, указанные в технической документации на эти средства.

4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +15 до +25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- давление в помещении, где проводят поверку (далее – атмосферное давление), в пределах от 86 до 106,0 кПа или от 630 до 800 мм рт. ст.;
- напряжение питания постоянного тока в соответствии с технической документацией на датчик. Номинальное значение напряжения питания и требования к источнику питания – в соответствии с технической документацией на датчик. Отклонение напряжения питания от номинального значения не более ±1 %, если иное не указано в технической документации на датчик;
- сопротивление нагрузки при поверке – в соответствии с технической документацией на датчик;
- рабочая среда – воздух или нейтральный газ при поверке датчиков с верхними пределами измерений, не превышающими 2,5 МПа, и жидкость при поверке датчиков с верхними пределами измерений более 2,5 МПа. Допускается использовать жидкость при поверке датчиков с верхними пределами измерений от 0,4 до 2,5 МПа при условии тщательного заполнения жидкостью всей системы поверки. Допускается использовать воздух или нейтральный газ при поверке датчиков с верхними пределами измерений более 2,5 МПа при условии соблюдения соответствующих правил безопасности;
- колебания давления окружающего воздуха, вибрация, тряска, удары, наклоны, магнитные поля и другие возможные воздействия на датчик при его поверке не должны приводить к выходу за допускаемые значения метрологических характеристик;

4.2 Перед проведением поверки датчиков выполняют следующие подготовительные работы:

- выдерживают датчик не менее 2 ч при температуре, указанной в п. 4.1, если иное не указано в технической документации на датчик;
- выдерживают датчик не менее 0,5 ч при включённом питании, если иное не указано в технической документации;
- устанавливают датчик в рабочее положение с соблюдением указаний технической документации;
- проверяют на герметичность в соответствии с п.п. 4.2.1 – 4.2.4 систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонов и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

4.2.1 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков давления, разрежения с верхними пределами измерений менее 100 кПа и датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений более 250 кПа, проводят при значениях давления (разрежения), равных верхнему пределу измерений поверяемого датчика.

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков давления-разрежения, проводят при давлении равном верхнему пределу измерений избыточного давления.

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков разрежения с верхним пределом измерений 100 кПа, проводят при разрежении, равном 0,9 – 0,95 значения атмосферного давления.

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 250 кПа и менее, проводят в соответствии с п.4.2.3.

4.2.2 При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков, указанных в 4.2.1, на место поверяемого датчика устанавливают заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений с погрешностью измерений не более 2,5 % от значений давления, соответствующих требованиям 4.2.1, и позволяющее зафиксировать изменение давления на величину 0,5 % от заданного значения давления. Далее в системе создают давление, установившееся значение которого соответствует требованиям 4.2.1, после чего отключают источник давления. Если в качестве эталона применяют грузопоршневой манометр, то его колонку и пресс также отключают.

Систему считают герметичной, если после 3-х мин выдержки под давлением, равным или близким верхнему пределу измерений датчиков, не наблюдают падения давления (разрежения) в течение последующих 2 мин. При необходимости время выдержки под давлением может быть увеличено.

При проверке основной погрешности датчика систему считают герметичной, если за 30 с спад давления не превышает 0,3 % от верхнего предела измерений поверяемого датчика.

Допускается изменение давления (разрежения) в системе, обусловленное изменением температуры окружающего воздуха и рабочей среды в пределах $\pm(0,5...1)$ °С.

4.2.3 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 250 кПа и менее, проводят следующим образом, если иное не указано в технической документации.

Устанавливают в системе заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений абсолютного давления, отвечающее требованиям к СИ в соответствии с п. 4.2.2. Создают в системе абсолютное давление не более 0,07 кПа и поддерживают его в течение 2 – 3 мин, после чего отключают устройство, создающее абсолютное давление, и эталон при необходимости (например, отключают колонки грузопоршневого манометра).

После 3-х мин выдержки изменение давления не должно превышать 0,5 % верхнего предела измерений поверяемого датчика.

Допускается поправка при изменении температуры окружающего воздуха и рабочей среды.

4.2.4 Проверку герметичности системы рекомендуется проводить при давлении (разрежении), соответствующем наибольшему давлению (разрежению) из ряда верхних пределов измерений поверяемых датчиков.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре датчика устанавливают:

- соответствие его внешнего вида технической документации и отсутствие видимых дефектов;
- наличие на корпусе датчика с маркировки, соответствующей паспорту или документу, его заменяющему;
- наличие паспорта или документа, его заменяющего.

5.2 Опробование

5.2.1 При опробовании проверяют герметичность и работоспособность датчика; функционирование коррекции «нуля», установку нулевого значения (при необходимости) у датчиков давления серий PS, PS+ и PC.

5.2.2 Работоспособность датчика проверяют изменяя измеряемую величину от нижнего до верхнего предельных значений. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала и индикации на дисплее датчика.

Работоспособность датчиков давления-разрежения проверяют только при избыточном давлении; работоспособность датчиков разрежения с верхним пределом измерений 100 кПа проверяют при изменении разрежения до значения 0,9 атмосферного давления.

5.2.3 Функционирование корректора «нуля» у датчиков давления серий PS, PS+ и PC проверяют, задавая значение измеряемой величины в пределах $\pm 5\%$ от максимального диапазона измерений датчика. При помощи клавиатуры, расположенной на панели датчика (серии PS и PS+) или при помощи IO-Link (Рисунок 1) производят проверку функционирования корректора «нуля» и корректировку нулевого значения выходного сигнала.

Корректировка нулевого значения (при необходимости) осуществляется следующим образом – на датчик подается давление, равное нижнему пределу измерений датчика, если показания датчика отличаются от показаний эталона, вводится корректирующий коэффициент, равный разности между показанием эталона и значением, которое показывает датчик. Коэффициент вводится в поле offset correction:

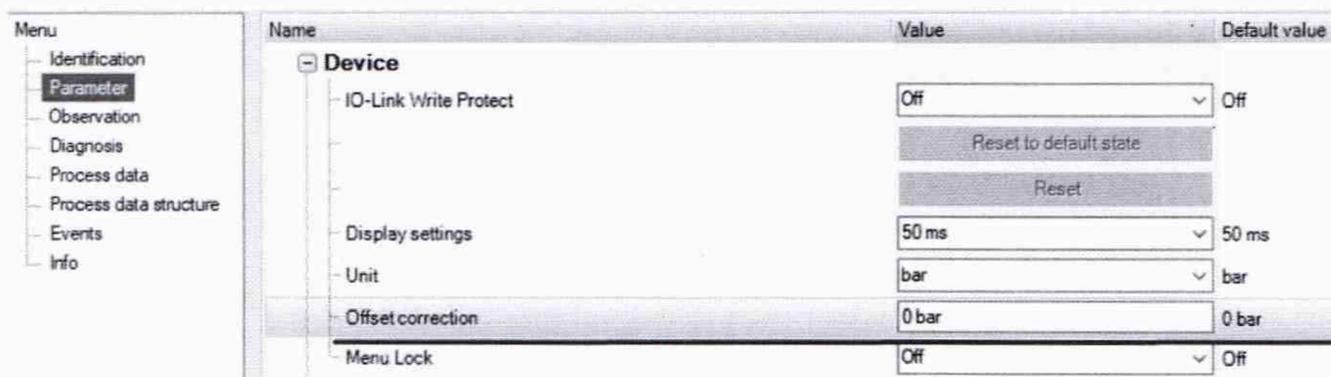


Рисунок 1 – Корректировка нулевого значения.

После ввода новых значений нужно нажать на кнопку:



5.2.4 Проверку герметичности датчика рекомендуется совмещать с операцией определения его основной погрешности.

Методика проверки герметичности датчика аналогична методике проверки герметичности системы (4.2.1 – 4.2.4), но имеет следующие особенности:

- изменение давления (разрежения) определяют по изменению выходного сигнала и по изменению показаний дисплея поверяемого датчика, включенного в систему (4.2.2);
- в случае обнаружения негерметичности системы с установленным поверяемым преобразователем следует отдельно проверить герметичность системы и датчика.

5.2.5 Датчики считаются прошедшими поверку с положительным результатом, если удовлетворяет требованиям пп. 5.2.2 – 5.2.4. Если данное требование не выполняется, то датчик считается непригодным к применению, к эксплуатации не допускается, выписывается извещение о непригодности, дальнейшие пункты методики не выполняются.

5.3 Проверка идентификационных данных программного обеспечения датчиков давления серий PS, PS+ и PC

5.3.1 В качестве идентификатора программного обеспечения (далее – ПО) датчиков давления серий PS, PS+ и PC принимается идентификационный номер версии ПО.

Методика проверки идентификационного номера ПО датчика заключается в установлении номера версии ПО при помощи IO-Link - модема, подключенного к датчику и к персональному компьютеру. Номер версии указывается в паспорте и/или на этикетке датчика.

Доступ к изменению идентификационного номера невозможен. Метрологически значимая часть ПО и заводские параметры защищены и не доступны для изменения.

После подключения датчика к ПК по протоколу IO-Link, нажать на кнопку «Read from device» (выделена красным цветом на Рисунке 2). После этого номер версии ПО подключенного датчика появится на экране в соответствующем поле.

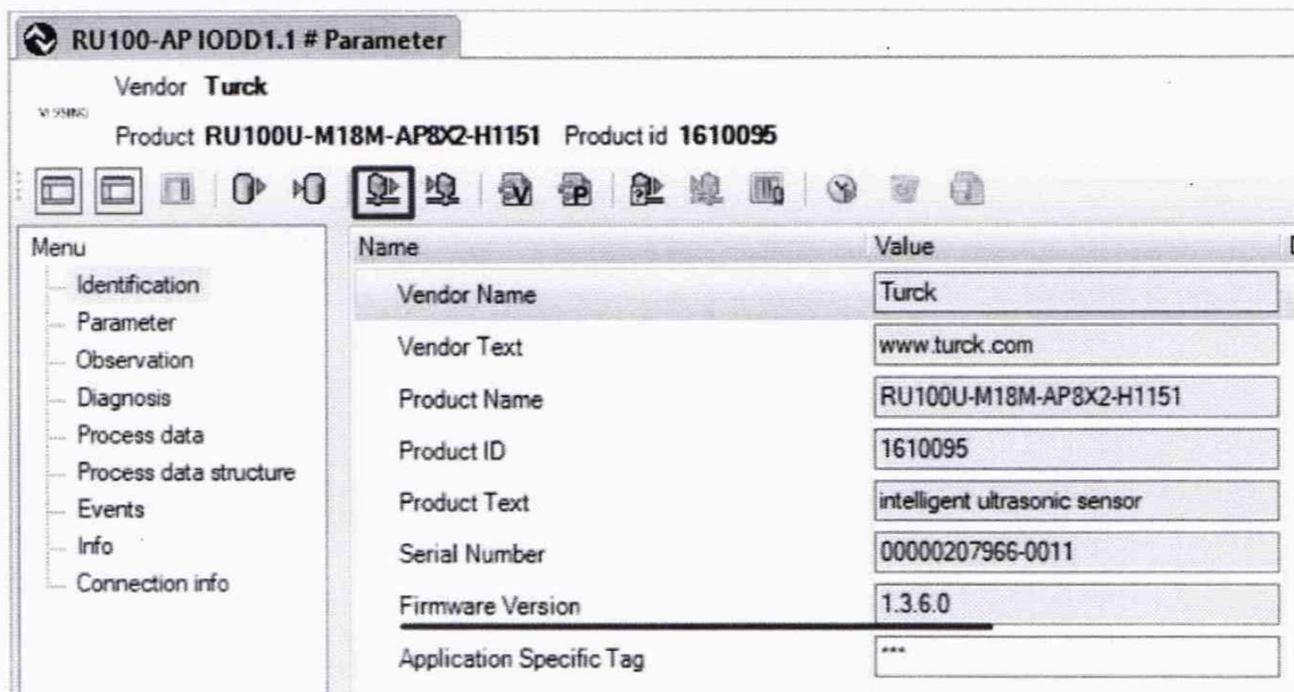


Рисунок 2 – Отображение ПО.

5.3.2 Датчики считаются прошедшими поверку с положительным результатом, если номер версии ПО, установленный в результате проверки, не ниже указанного в описании типа средства измерений. Если данное требование не выполняется, то датчик считается непригодным к применению, к эксплуатации не допускается, выписывается извещение о непригодности, дальнейшие пункты методики не выполняются.

5.4 Определение основной приведенной (от диапазона измерений) погрешности

5.4.1 Основную приведенную (от диапазона измерений) погрешность датчика определяют по одному из способов:

1) По эталону на входе датчика устанавливают номинальные значения входной измеряемой величины (например, давления), а по другому эталону измеряют соответствующие

значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения). При поверке датчика по его цифровому сигналу к выходу подключают приемное устройство, поддерживающее соответствующий цифровой коммуникационный протокол для считывания информации при установленных номинальных значениях входной измеряемой величины.

2) В обоснованных случаях по эталону устанавливают номинальные значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения) или устанавливают номинальные значения цифрового сигнала датчика, а по другому эталону измеряют соответствующие значения входной величины (например, давления).

Эталон входной величины (давления) включают в схему поверки в соответствии с их руководством по эксплуатации.

Примечания:

1. Поверка датчиков с несколькими выходными сигналами, соответствующими одной и той же входной измеряемой величине, производится по одному из этих сигналов (одному из аналоговых или цифровому по протоколу IO-Link), если иное не предусмотрено технической документацией на поверяемый датчик. Выбор выходного сигнала допускается проводить по запросу заявителя, на основании его письменного заявления.

2. При поверке датчиков с IO-Link-сигналом к выходу подключают портативный O-Link-коммуникатор или IO-Link-мастер с программным обеспечением для связи с персональным компьютером и считывания информации с цифрового выхода датчика.

3. По заявлению заказчика датчик может поверяться на рабочем (настроенном) диапазоне.

4. В случае перенастройки датчика на другой диапазон измерений, пределы допускаемой основной приведенной погрешности нормируются от максимального диапазона измерений датчика.

5.4.2 Устанавливают следующие критерии достоверности поверки:

$P_{\text{вам}}$ – наибольшая вероятность, при которой любой дефектный экземпляр датчика может быть ошибочно признан годным;

$(\delta m)_{\text{ва}}$ – отношение возможного наибольшего модуля основной погрешности экземпляра датчика, который может быть ошибочно признан годным, к пределу допускаемой основной погрешности.

5.4.3. Устанавливают следующие параметры поверки:

m – число поверяемых точек в диапазоне измерений, $m \geq 5$; в обоснованных случаях и при отсутствии эталонов с необходимой дискретностью воспроизведения измеряемой величины, допускается уменьшать число поверяемых точек до 4 или 3;

n – число наблюдений при экспериментальном определении значений погрешности в каждой из поверяемых точек при изменениях входной измеряемой величины от меньших значений к большим (прямой ход) и от больших значений к меньшим (обратный ход), $n = 1$. В обоснованных случаях и в соответствии с технической документацией на датчик допускается увеличивать число наблюдений в поверяемых точках до 3 или 5, принимая при этом среднеарифметическое значение результатов наблюдений за достоверное значение в данной точке;

γ_k – абсолютное значение отношения контрольного допуска к пределу допускаемой основной погрешности;

α_p – отношение предела допускаемой погрешности эталонов, применяемых при поверке, к пределу допускаемой основной погрешности поверяемого датчика.

Значения γ_k и α_p выбирают по таблице 2 (5.4.5) в соответствии с принятыми критериями достоверности поверки.

5.4.4 Выбор эталонов для определения основной погрешности поверяемых датчиков осуществляют, исходя из технических возможностей и технико-экономических предпосылок с учетом критериев достоверности поверки (п.5.4.3) и в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Параметры и критерии достоверности поверки

α_p	0,2	0,25	0,33	0,4	0,5
γ_k	0,94	0,93	0,91	0,82	0,70
$P_{\text{вам}}$	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05
$(\delta_M)_{\text{ва}}$	1,14	1,18	1,24	1,22	1,20

Примечание – Таблица составлена в соответствии с критериями достоверности поверки согласно МИ 187-86 «ГСИ. Критерии достоверности и параметры методик поверки» и МИ 188-86 «ГСИ. Установление значений параметров методик поверки».

Вместо использования значений таблицы, допускается γ_k рассчитывать по формуле 20 из МИ 188-86 ($\gamma_k = (\delta_M)_{\text{ва}} - \alpha_p$). При этом, для проверки условия $P_{\text{вам}} \leq 0,20$, проверяют выполнения условия $\gamma_k \leq 1 - 0,28 \cdot \alpha_p$.

5.4.5. При выборе эталонов для определения погрешности поверяемого датчика (в каждой поверяемой точке) соблюдают следующие условия:

1) При поверке датчиков с выходным аналоговым сигналом постоянного тока, значения которого контролируют непосредственно в мА

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_i}{I_m - I_o} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \quad (1)$$

где Δ_p – предел допускаемой абсолютной погрешности эталона, контролирующего входную величину (давление), МПа, кПа и др.;

P_m – верхний предел измерений (или диапазон измерений) поверяемого датчика, кПа, МПа;

Δ_i – предел допускаемой абсолютной погрешности эталона, контролирующего электрический выходной сигнал датчика, мА;

I_o, I_m – соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала датчика, мА;

α_p – то же, что в 5.4.3;

γ – предел допускаемой основной приведённой погрешности поверяемого датчика, % диапазона измерений.

Основная погрешность датчика, выраженная в процентах от диапазона измерений, численно равна основной погрешности, выраженной в процентах от диапазона изменения выходного сигнала датчика с линейной функцией преобразования измеряемой величины.

Для датчиков с выходным аналоговым сигналом постоянного напряжения U расчетные значения выходного сигнала определяют по формулам, структура которых идентична структурам формул для датчиков с выходным аналоговым сигналом постоянного тока I раздела 5.4 с заменой обозначений постоянного тока на соответствующие обозначения постоянного напряжения U_p, U_o, U_m .

2) При поверке датчиков с выходным аналоговым сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении в мВ или В

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_u}{U_m - U_o} + \frac{\Delta_R}{R_{\text{эт}}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (2)$$

где Δ_p, P_m – то же, что в формуле (1);

Δ_u – предел допускаемой абсолютной погрешности эталона, контролирующего выходной сигнал датчика по падению напряжения на эталонном сопротивлении, мВ или В;

Δ_R – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного сопротивления, Ом;

$R_{\text{эт}}$ – значение эталонного сопротивления, Ом;

U_m, U_o – соответственно верхнее и нижнее предельные значения напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении, определяемые по следующим формулам:

$$U_m = I_m \cdot R_{ЭТ} \quad \text{и} \quad U_o = I_o \cdot R_{ЭТ}$$

3) При поверке датчика с выходным цифровым сигналом

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m - P_o} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \quad (3)$$

где все обозначения те же, что и в формулах (1) и (2).

5.4.6. Расчетные значения выходного сигнала поверяемого преобразователя в миллиамперах (I_p) для заданного номинального значения поверяемого параметра (P) в килопаскалях или мегапаскалях для преобразователей определяют по формулам:

$$I_p = \frac{P}{P_m} \cdot (I_m - I_o) + I_o \quad (4)$$

здесь:

I_p - расчетные значения выходного параметра (эл. тока), мА;

P - выбранное номинальное значение входного параметра (давления), МПа, кПа и др.;

P_m - верхний предел измерений, МПа, кПа и др.;

I_m и I_o - соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного сигнала, мА;

Расчетные значения выходного сигнала U_p , выраженные в единицах напряжения постоянного тока, определяют по формуле:

$$U_p = I_p \cdot R_{ЭТ}, \text{ мВ} \quad (5)$$

где U_p - расчётное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, мВ;

I_p - расчётное значение выходного сигнала постоянного тока (мА),

$R_{ЭТ}$ - значение эталонного сопротивления, Ом.

4) Для датчиков с выходным информационным сигналом в цифровом формате:

Расчетные значения выходного сигнала преобразователя с для преобразователей с выходным сигналом в цифровом формате определяют по формуле:

$$P_p = P_o + (P_m - P_o) \frac{P}{P_m} \quad (6)$$

где P_p - расчетное значение выходного сигнала в цифровом формате;

P_m , P_o - соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного информационного сигнала преобразователь в цифровом формате;

P - то же, что и в формуле (4).

5.4.7. Перед определением основной погрешности соблюдают требования п. 4.2.

5.4.8 Основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины (5.4.4.), достаточно равномерно распределенных в диапазоне измерений, в том числе при значениях измеряемой величины, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям выходного сигнала.

Интервал между значениями измеряемой величины не должен превышать: 30 % диапазона измерений при $m = 5$ (основной вариант поверки); 40 % диапазона измерений при $m = 4$ и 60 % диапазона измерений при $m = 3$.

Основную погрешность определяют при значении измеряемой величины, полученном при приближении к нему как со стороны меньших значений (при прямом ходе), так и со стороны больших значений (при обратном ходе).

При поверке датчиков с верхним пределом измерений в области разрежения, равном 100 кПа допускается устанавливать максимальное значение разрежения в пределах (0,90...0,95) % от

атмосферного давления P_6 , если $P_6 \leq 100$ кПа. Расчетное значение выходного сигнала при установленном значении разрежения определяют по формуле (4) или (7).

При поверке датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа и выше основную погрешность определяют по методике, изложенной в 5.4.9 с соблюдением условий, изложенных в 5.4.8, 5.4.9. По методике 5.4.9 допускается определять основную погрешность датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений от 0,04 до 0,25 МПа.

5.4.9. Определение основной погрешности датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа (допускается 0,04 МПа) и выше проводят с использованием эталонов разрежения и избыточного давления (например, МП -60, МП-600, МП-2500 и др.).

В этом случае датчик поверяют на точках: при разрежении в пределах 0,90 - 0,95Р - при значениях избыточного давления $P_{изб. max}$, определяемом по формуле (7), и при трех промежуточных значениях давления

$$P_{изб. max} = P_{абс. max} - A, \quad (7)$$

где: $P_{абс. max}$ - верхний предел измерений абсолютного давления, равный P_m , МПа, кПа и др.;
 $A = 0,1$ МПа.

5.4.10 Основную погрешность γ_δ в % от диапазона измерений вычисляют по приведённым ниже формулам:

- При поверке датчиков по способу 1 (5.4.1):

$$\gamma_\delta = \frac{I - I_p}{I_m - I_o} \cdot 100, \quad (8)$$

$$\gamma_\delta = \frac{U - U_p}{U_m - U_o} \cdot 100, \quad (9)$$

$$\gamma_\delta = \frac{P - P_p}{P_m - P_o} \cdot 100, \quad (10)$$

где:

I - экспериментально полученное значение выходного сигнала на выходе преобразователя при измерении тока, мА;

U - экспериментально полученное значение выходного сигнала на выходе преобразователя при измерении напряжения, мВ; В;

P - экспериментально полученное значение выходного давления на внешних показывающих устройствах;

I_p , U_p - соответственно, расчетные значения тока (мА) и напряжения (В);

I_m и I_o - соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного сигнала, мА;

U_m , U_o - соответственно верхнее и нижнее предельные значения напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении

P_m - настроенный диапазон измерений, МПа, кПа и др.

P_p - расчетное давление показывающего устройства преобразователя, численно равное номинальному значению входного давления, МПа, кПа и др.

- При поверке датчиков по способу 2 (5.4.1):

$$\gamma_\delta = \frac{P - P_{ном}}{P_m} \cdot 100, \quad (11)$$

где P - значение входной измеряемой величины (давления), полученное экспериментально при номинальном значении выходного сигнала, МПа, кПа и др.

$P_{ном}$ - номинальное значение измеряемой величины при номинальном значении выходного сигнала, кПа, МПа;

P_m - верхний предел измерений, МПа, кПа и др.

5.5. Определение вариации выходного сигнала.

5.5.1 Вариацию выходного сигнала определяют при каждом проверяемом значении измеряемого параметра, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений, по показаниям, полученным при определении основной погрешности (п.5.4.1).

5.5.2 Вариацию выходного сигнала в % нормирующего значения вычисляют по формулам:

- для способа 1 (п.5.4.1)

$$\gamma_I = \left| \frac{I' - I_p}{I_m - I_o} \right| \cdot 100 \% \quad (12)$$

$$\gamma_U = \left| \frac{U' - U_p}{U_m - U_o} \right| \cdot 100 \% \quad (13)$$

$$\gamma_P = \left| \frac{P' - P_p}{P_m - P_o} \right| \cdot 100 \% \quad (14)$$

где:

I_p, U_p, P_p - соответственно, расчетные значения тока (мА), напряжения (В) и давления (МПа, кПа и др.);

I' и I - экспериментально полученные значения выходного сигнала в одной и той же точке при измерении на выходе тока соответственно при прямом и обратном ходе, мА;

U' и U - экспериментально полученные значения выходного сигнала в одной и той же точке при измерении на выходе падения напряжения на образцовом сопротивлении соответственно при прямом и обратном ходе, мВ; В;

P' и P - экспериментально полученное значение выходного давления в одной и той же точке на внешних показывающих устройствах соответственно при прямом и обратном ходе.

I_m - верхнее предельное значение выходного сигнала, мА;

U_m , - верхнее и нижнее предельное значение напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении

P_m - диапазон измерений поверяемого датчика, МПа, кПа и др.

- для способа 2 (п.5.4.1)

$$\gamma_P = \frac{P' - P}{P_m} \cdot 100 \quad (15)$$

где: P' и P - значения входного давления, полученные экспериментально при прямом и обратном ходе и при одном и том же значении выходного сигнала, МПа, кПа и др.

Значения γ_I не должны превышать предела ее допускаемого значения.

5.5.3. Допускается вместо определения действительного значения вариации осуществлять контроль соответствия ее предельно допускаемым значениям.

5.6 Результаты поверки датчиков.

5.6.1 Датчик признают годным при первичной поверке, если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности $|\gamma_\partial| \leq \gamma_k \cdot |\gamma|$.

5.6.2 Датчик признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_\partial| > \gamma_k \cdot |\gamma|$.

5.6.3 Датчик признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках выполняется условие, изложенное в п.5.6.1.

5.6.4 Датчик признают негодным при периодической поверке:

- если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_\partial| > (\delta_m)_{\text{ва max}} \cdot |\gamma|$;

Обозначения: $(\delta_m)_{\text{ва max}}$ - по п.5.4.2; γ_k - по п.5.4.3; γ - по п.5.4.5.

5.6.5 Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности γ_0 контролировать ее соответствие предельно допускаемым значениям.

6 Оформление результатов поверки

6.1 При положительных результатах первичной поверки выдают свидетельство о поверке по установленной форме в соответствии с приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

6.2 При положительных результатах периодической поверки выдают свидетельство о поверке по установленной форме в соответствии с приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

6.3 При отрицательных результатах поверки средство измерений к дальнейшему применению не допускают, свидетельство о поверке аннулируют и выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Начальник отдела 202 ФГУП «ВНИИМС»


Е. А. Ненашева

Инженер 1 категории отдела 202 ФГУП «ВНИИМС»


Е. В. Табаченкова