

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора  
по производственной метрологии  
ФГУП «ВНИИМС»



И. В. Иванникова

"02" 03 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 <sup>2</sup> ): ±5 Па (± 0,00005 кгс/см <sup>2</sup> ); ±2 Па (± 0,00002 кгс/см <sup>2</sup> ) при давлениях (избыточном или отрицательном избыточном (вакуумметрическом) свыше 0,01 МПа (0,1 кгс/см <sup>2</sup> ): ±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 <sub>вх</sub> <10 МОм.

коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R)	<p><math>\pm(0,01 \text{ \% показания} + 1 \text{ мкА})</math> в диапазоне от 0 до 25 мА, <math>R_{нагр} \leq 1140 \text{ Ом}</math> (20 мА), 450 Ом (50 мА).</p> <p><math>\pm(0,006 \text{ \% показания} + 0,25 \text{ мВ})</math> в диапазоне от 1 до 60 В при <math>R_{вх} &gt; 2 \text{ МОм}</math>.</p> <p><math>\pm(0,007 \text{ \% показания} + 0,1 \text{ мВ})</math> в диапазоне от -3 до 10/24 В при <math>I_{макс} = 5 \text{ мА}</math>.</p>
Калибраторы-контроллеры давления РРС	<p>Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений и генерации давления, %:</p> <p><math>\pm 0,008\%</math>; <math>\pm 0,01\%</math> (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><math>\pm 0,013\%</math>; <math>\pm 0,018\%</math> (измерения) для ВПИ: от 20 до 200 МПа (изб., абс.)</p> <p><math>\pm 0,008\%</math>; <math>\pm 0,018\%</math> (измерения) для ВПИ: от 10 кПа до 280 МПа (изб.); от 110 кПа до 280 МПа (абс.)</p> <p><math>\pm 0,009\%</math>; <math>\pm 0,011\%</math> (генерация) для диапазонов от -98,5 кПа до 10 МПа (изб); 1,5 кПа до 10 МПа (изб., абс.)</p> <p><math>\pm 0,013\%</math>; <math>\pm 0,014\%</math>; <math>\pm 0,016\%</math> (генерация) для ВПИ от 7 до 100 МПа (изб., абс.)</p> <p><math>\pm 0,016\%</math>; <math>\pm 0,020\%</math> (генерация) для ВПИ от 20 до 200 МПа (изб., абс.)</p>
Калибраторы давления СРС3000, СРС6000, СРС8000, СРС8000-Н	<p><math>\pm 0,025\%</math> 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><math>\pm 0,0125\%</math> от диапазона измерений; <math>\pm 0,025\%</math> от измеренного значения в диапазонах измерений от 0 до 0,01 МПа; от 0 до 10 МПа.</p> <p><math>\pm 0,01\%</math>; 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><math>\pm 0,03\%</math>; 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><math>\pm 0,005\%</math> от диапазона измерений; <math>\pm 0,01\%</math> от измеренного значения в диапазонах от 0...0,1 до 0...10 МПа; от -0,1...1 до -0,1...10 МПа</p> <p><math>\pm 0,0026\%</math> от диапазона измерений; <math>\pm 0,008\%</math> от измеренного значения в диапазонах от 0...0,1 до 0...6,9 МПа (абс.)</p> <p><math>\pm 0,004\%</math> от диапазона измерений в диапазонах от 0...6,9 до 0...40,1 МПа (абс.)</p> <p><math>\pm 0,01\%</math>; 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><math>\pm 0,03\%</math>; 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><math>\pm 0,01\%</math> от диапазона измерений в диапазонах от 0...40 до 0...103 МПа</p> <p><math>\pm 0,014 \text{ \%}</math> от диапазона измерений в диапазонах от 0...103 до 0...160 МПа.</p>
Калибраторы давления СРГ8000, СРГ2500	<p><math>\pm 0,01\%</math>; <math>\pm 0,015\%</math>; <math>\pm 0,025\%</math> 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"> <li>- в диапазоне измерений 100 мА: <math>\pm(25 \times 10^{-6}D + 4 \times 10^{-6}E)</math></li> <li>- в диапазоне измерений напряжения постоянного тока 10 В: <math>\pm(0,5 \times 10^{-6}D + 0,5 \times 10^{-6}E)</math>. Где: D - показание прибора, E - верхнее граничное значение диапазона измерения</li> </ul>
Вольтметр универсальный цифровой GDM-78261	<p>Предел измерений 10,0000 В. Пределы допускаемой основной погрешности, <math>\pm(\text{\% от измеренного значения} + \text{\% от диапазона})</math>: <math>\pm(0,0040 + 0,0007)</math></p> <p>Предел измерений 100,0000 мА. Пределы допускаемой основной погрешности, <math>\pm(\text{\% от измеренного значения} + \text{\% от диапазона})</math>: <math>\pm(0,05 + 0,005)</math></p>
Мера электрического сопротивления	<p>Класс точности <math>0,002/1,5 \cdot 10^{-6}</math>.</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:

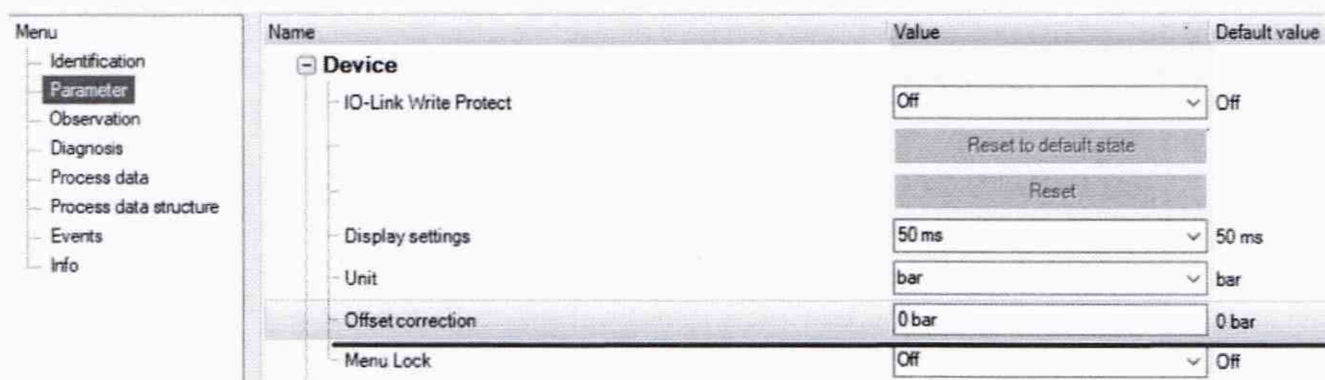


Рисунок 1 – Корректировка нулевого значения.

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.

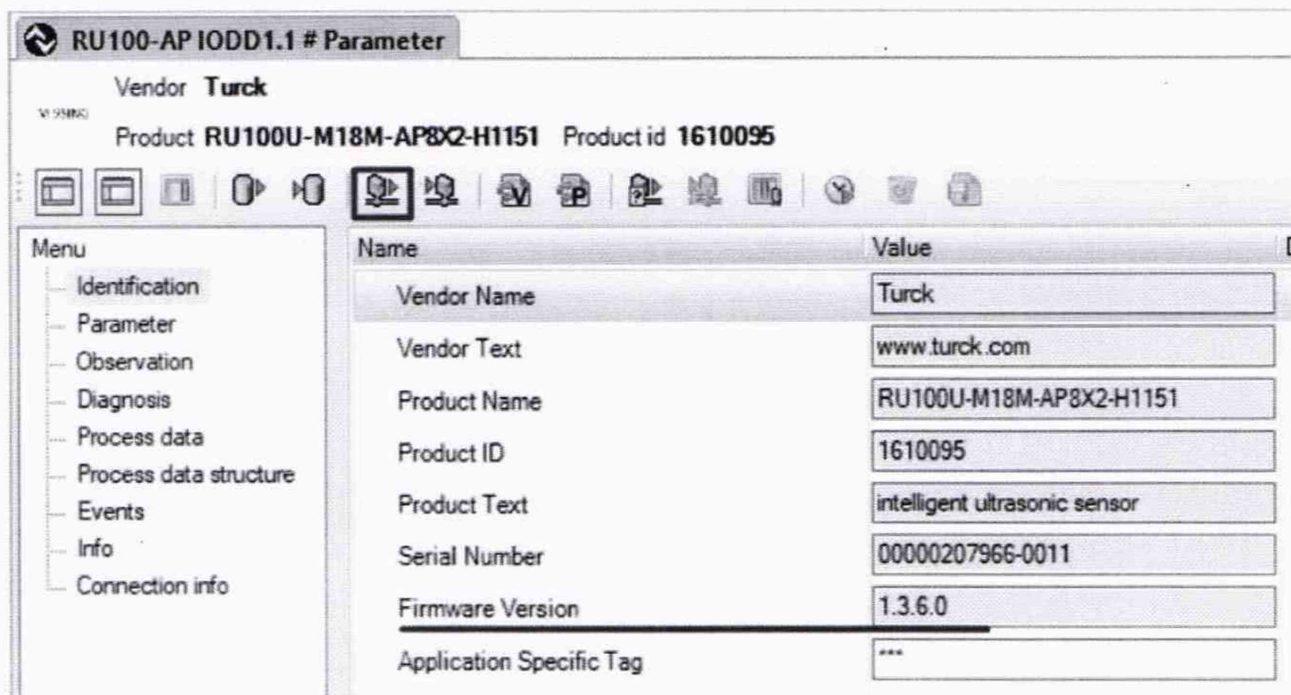


Рисунок 2 – Отображение ПО.

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;

$\gamma_k$  – абсолютное значение отношения контрольного допуска к пределу допускаемой основной погрешности;

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

Значения  $\gamma_k$  и  $\alpha_p$  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

$\alpha_p$	0,2	0,25	0,33	0,4	0,5
$\gamma_k$	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  $\gamma_k$  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  $\Delta_p$  – 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;

$\Delta_i$  – 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;

$\alpha_p$  – то же, что в 5.4.3;

$\gamma$  – 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  $\Delta_p, P_m$  – то же, что в формуле (1);

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

$\Delta_R$  – 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  $\gamma_\delta$  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  $\gamma_I$  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;  $\gamma_k$  - по п.5.4.3;  $\gamma$  - по п.5.4.5.

5.6.5 Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности  $\gamma_0$  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