

**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ЭЛЕКТРОННЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ»
(ЗАО «ЭМИС»)**

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор



2024 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ
ИНСТРУКЦИЯ**

**Датчики давления ЭМИС-БАР
Методика поверки
с Изменением №2
ЭБ 100.000.00 МП**

г. Челябинск
2024

1 Общие положения

Настоящая инструкция распространяется на датчики давления ЭМИС-БАР, серийно выпускаемые по технической документации ЗАО «ЭМИС», г. Челябинск. Датчики давления ЭМИС-БАР (далее – датчики, преобразователи) предназначены для непрерывного измерения давления (избыточного, разрежение-избыточного, абсолютного и дифференциального (разности давлений) и преобразования измеренного давления в унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА с наложенным на него цифровым сигналом в стандарте HART или цифровой (Profibus PA; FOUNDATION Fieldbus; 232/485 RTU/Modbus; WirelessHART), а также отображения измеренного значения на дисплее.

Проверка датчиков проводится методом непосредственного сличения с рабочим эталоном давления.

Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость датчиков к Государственным первичным эталонам

- ГЭТ 23-2010 и ГЭТ 43-2022 в соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС) для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденной Приказом Росстандарта № 2653 от 20 октября 2022 г.;

- ГЭТ 101-2011 в соответствии с ГПС для средств измерений абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1}$ - $1 \cdot 10^7$ Па, утвержденной Приказом Росстандарта № 2900 от 06 декабря 2022 г.;

- ГЭТ 95-2020 в соответствии с ГПС для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па, утвержденной Приказом Росстандарта № 1904 от 31 августа 2021 г.

Инструкция устанавливает методику первичной (до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта) и периодической (в процессе эксплуатации по истечению интервала между проверками) проверок датчиков давления ЭМИС-БАР.

Первичную и периодическую проверку проводят органы Государственной метрологической службы или юридические лица, аккредитованные на право проверки в соответствии с действующим законодательством.

Первичную и периодическую проверку должен проходить каждый экземпляр датчиков. Периодической проверке могут не подвергаться датчики, находящиеся на длительном хранении.

Внеочередной проверке в объеме периодической подвергают датчики в случае утраты документов, подтверждающих прохождение проверки, вводе в эксплуатацию после длительного хранения (более одного интервала между проверками) или неудовлетворительной работе.

Проверка проводится в полном диапазоне измерений (при коэффициенте перенастройки $\gamma=1$). При перенастройке диапазонов измерений, в пределах, установленных в эксплуатационной документации, внеочередная проверка датчиков не проводится.

Периодическую проверку датчиков, используемых для измерений на меньшем числе диапазонов измерений (коэффициентов перенастройки), допускается на основании решения главного метролога или руководителя юридического лица производить только для применяемых диапазонов измерений.

2 Перечень операций поверки

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер пункта	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
1 Внешний осмотр средства измерений	6	Да	Да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	Да	Да
3 Проверка программного обеспечения	8	Да	Да
4 Определение погрешности	9.1	Да	Да
5 Определение вариации выходного сигнала	9.2	Да	Да
6 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да
7 Оформление результатов поверки	11	Да	Да

2.2 При получении отрицательного результата в процессе выполнения любой из операций поверки датчик бракуют и его поверку прекращают.

2.3 После устранения недостатков, вызвавших отрицательный результат, датчик вновь предоставляют на поверку.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C от плюс 5 до плюс 30;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 20 до 85;
- давление в помещении, где проводят поверку, кПа от 84 до 106,7;
(далее атмосферное давление)
- напряжение питания (постоянного тока), В:
 - выходной сигнал от 4 до 20 мА/HART (WirelessHART) от 10,5 до 45;
 - выходной сигнал Profibus PA и FOUNDATION Fieldbus от 9 до 32;
 - выходной сигнал 232/485 RTU/Modbus от 12 до 36;
 - для искробезопасного исполнения от 12 до 28.

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 (кроме земного) и другие воздействия, влияющие на работу и метрологические характеристики датчика, должны отсутствовать;

– импульсную линию, через которую подают измеряемое давление, допускается соединять с дополнительными сосудами, емкость каждого из которых не более 50 литров.

3.2 При поверке датчиков разности давления с приемными камерами для подвода большего давления («плюсовая» камера) и меньшего давления («минусовая» камера) значение измеряемой величины (разности давлений) устанавливают, подавая соответствующее значение избыточного давления в «плюсовую» камеру датчика, при этом «минусовая» камера сообщается с атмосферой.

При поверке датчиков разности давлений с малыми пределами измерений для уменьшения влияния на результаты поверки не устраненных колебаний давления окружающего воздуха «минусовая» камера датчика может соединяться с камерой эталонного СИ, сообщающейся с атмосферой, если это предусмотрено в конструкции СИ. При поверке датчиков разности давлений в «минусовой» камере может поддерживаться постоянное опорное давление, создаваемое другим эталонным датчиком или основным датчиком измеряемой величины с дополнительным блоком опорного давления.

При поверке датчиков разрежения и датчиков давления-разрежения значение измеряемой величины допускается устанавливать, подавая с противоположной стороны чувствительного элемента датчика соответствующее значение избыточного давления, если это предусмотрено конструкцией датчика.

При поверке датчиков избыточного давления допускается принимать нижний предел измерения равный атмосферному давлению.

3.3 Перед проведением поверки датчиков выполняют следующие подготовительные работы:

- выдерживают датчик не менее 1 ч при температуре, указанной в п. 3.1, если иное не указано в технической документации на датчик, также убеждаются, что рабочие условия применяемых средств поверки соответствуют условиям поверки;

- устанавливают датчик в рабочее положение с соблюдением указаний технической документации.

3.4 Допускается не проводить определение погрешности датчиков по цифровому выходу (индикатору), если была определена погрешность датчиков по аналоговому выходу и наоборот.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки рекомендуется применять следующие средства поверки (эталоны единиц величин, средства измерений и вспомогательное оборудование), указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
Все (Контроль условий поверки)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 5 до плюс 30 °С с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 95 % с погрешностью не более ± 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106,7 кПа, с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ кПа.	Прибор комбинированный Testo 608-N1 (Рег. № 53505-13), диапазон измерений температуры от 0 до +50 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °С, диапазон измерений относительной влажности от 15 до 85 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 3 % Барометр-анероид метеорологический БАММ-1 (Рег. № 5738-76), диапазон измерений давления от 80 до 106 кПа, пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,2$ кПа.

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Раздел 7; Раздел 9	Эталоны единицы избыточного давления, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 2653 от 20.10.2022 г., в диапазоне значений избыточного давления от минус 100 кПа до 70 МПа; Эталоны единицы абсолютного давления, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 2900 от 06 декабря 2022 г., в диапазоне значений абсолютного давления от 0,1 Па до 10 МПа; Эталоны единицы разности давлений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 1904 от 31 августа 2021 г., в диапазоне значений разности давлений до 100 кПа; Эталоны единицы электрического сопротивления, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 3456 от 30.12.2019 г., с номинальным значением сопротивления 50 Ом; Средства измерений постоянного электрического напряжения, в соответствии с приказом Росстандарта № 3457 от 30.12.2019, с диапазоном измерений постоянного напряжения от 0,2 до 1 В; Средства измерений силы постоянного электрического тока, в соответствии с приказом Росстандарта № 2091 от 01.10.2018, с диапазоном измерений силы постоянного тока от 4 до 20 мА; Средства измерений интервалов времени, в диапазоне от 0 до 3 минут, пределы абсолютной погрешности ± 1 с; Источник питания постоянного тока, выходное напряжение от 0 до 45 В	Калибратор давления СРG2500 (Рег. № 54615-13) в составе: - преобразователь давления (диапазон измерений избыточного давления от 0 до 70 МПа, с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,01$ %); - преобразователь давления (диапазон измерений избыточного давления от 0 до 40 МПа, с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,01$ %); - преобразователь давления (диапазон измерений барометрического давления от 55,2 до 117,2 кПа, с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,01$ %); Калибратор давления СРC6050 (Рег. № 70999-18), в составе: - преобразователь давления (диапазон измерений абсолютного давления от 0 до 10,1 МПа, с пределами допускаемой основной погрешности: $\pm 0,01$ % от ДИ); - преобразователь давления (диапазон измерений абсолютного давления от 0 до 3,1 МПа, с пределами допускаемой основной погрешности: $\pm 0,01$ % от ДИ); - преобразователь давления (диапазон измерений абсолютного давления от 0 до 1,7 МПа, с пределами допускаемой основной погрешности: $\pm 0,01$ % от ДИ); - преобразователь давления (диапазон измерений абсолютного давления от 0 до 600 кПа, с пределами допускаемой основной погрешности: $\pm 0,01$ % от 0,5 ДИ в диапазоне измерений от 0 до 300 кПа; $\pm 0,01$ % от ИВ в диапазоне измерений св 300 до 600 кПа); - преобразователь давления (диапазон измерений барометрического давления от 55,2 до 117,2 кПа, с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,01$ %)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Раздел 7; Раздел 9		Калибратор давления СРС6050 (Рег. № 70999-18), в составе: - преобразователь давления (диапазон измерений абсолютного давления от 0 до 260 кПа, с пределами допускаемой основной погрешности: $\pm 0,01$ % от 0,5 ДИ в диапазоне измерений от 0 до 130 кПа; $\pm 0,01$ % от ИВ в диапазоне измерений св 130 до 260 кПа); - преобразователь давления (диапазон измерений абсолютного давления от 0 до 100 кПа, с пределами допускаемой основной погрешности: $\pm 0,01$ % от 0,5 ДИ в диапазоне измерений от 0 до 50 кПа; $\pm 0,01$ % от ИВ в диапазоне измерений св 50 до 100 кПа); - преобразователь давления (диапазон измерений избыточного давления от -25 до 60 кПа, с пределами допускаемой основной погрешности: $\pm 0,01$ % от 0,5 ДИ в диапазоне измерений от -25 до 17,5 кПа; $\pm 0,01$ % от ИВ в диапазоне измерений св 17,5 до 60 кПа); - преобразователь давления (диапазон измерений избыточного давления от -1 до 10 кПа, с пределами допускаемой основной погрешности: $\pm 0,01$ % от 0,5 ДИ в диапазоне измерений от -1 до 4,5 кПа; $\pm 0,01$ % от ИВ в диапазоне измерений св 4,5 до 10 кПа); - преобразователь давления (диапазон измерений барометрического давления от 55,2 до 117,2 кПа, с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,01$ %);

Продолжение таблицы 2

1	2	3
		Манометры цифровые Crystal (рег. № 43880-10); Калибраторы давления Crystal (модели M1, WT, XP2i, XP2i-DP, 31, 33, nVision, HPC41, HPC41-BARO, HPC42, HPC42-BARO) с внешними модулями давления АРМ (рег. № 64480-16); Калибраторы давления портативные Метран-517 (рег. № 39151-12); Мера электрического сопротивления однозначная МС-3050М (Рег. № 46843-11), номинальное значение сопротивления 50 Ом, класс точности 0,001; Мультиметр цифровой Fluke 8846А (Рег. №57943-14), используемый диапазон измерений электрического напряжения постоянного тока от 0,2 до 1 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm(0,0025 \% \text{ от измеряемого значения } (U_{изм}) + 0,0007 \% \text{ от верхнего предела измерений в поддиапазоне измерений (ВПИ))}$, ВПИ=1 В; используемый диапазон измерений силы постоянного тока от 4 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm(0,05 \% \text{ от измеряемого значения } (I_{изм}) + 0,02 \% \text{ от верхнего предела измерений в поддиапазоне измерений (ВПИ))}$, для ВПИ=10 мА; $\pm(0,05 \% \text{ от } I_{изм} + 0,005 \% \text{ от ВПИ})$, для ВПИ=100 мА; Секундомер электронный Интеграл С-01 (Рег. № 44154-16) диапазон измеряемых интервалов времени от 0 до 9 ч 59 мин 59 с, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений интервалов времени $\pm(9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_{изм} + 0,01) \text{ с}$, где $T_{изм}$ — измеренное значение интервала времени, с;

Продолжение таблицы 2

1	2	3
		Источник питания постоянного тока Б5-5010М, заводской № 501160, выходное напряжение от 0 до 30 В, выходной ток от 0 до 10 А (выходное напряжение от 30 до 50 В, выходной ток от 0 до 6 А)
* Применяемые средства поверки выбираются в зависимости от метрологических и технических характеристик (вид давления, диапазон измерений, пределов приведенной к диапазону измерений погрешности, выходному сигналу и параметров питания) поверяемого датчика с учетом требований ГПС и настоящего документа, а также условий поверки. ** При проведении поверки допускается применять другие средства поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования и процедуры обеспечения безопасности:

- проведение технических и организационных мероприятий по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0;
- подготовка к работе средств поверки в соответствии с технической документации на эти средства;

Общие требования безопасности при проведении поверки – согласно ГОСТ 12.3.019.

6 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра проверяется:

- соответствие его внешнего вида технической документации и отсутствие видимых дефектов;
- наличие на корпусе датчика таблички с серийным номером, соответствующим паспорту или документу, его заменяющего.

Результатом внешнего осмотра считают положительным, если серийный номер, маркировка и надписи на корпусе соответствуют эксплуатационной документации, отсутствуют механические повреждения, способные повлиять на работоспособность датчика. При невыполнении этих требований поверка прекращается и датчик бракуется.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 При опробовании проверяют герметичность и работоспособность датчика.

7.2 Проверяют на герметичность систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонных СИ, датчика давления и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

7.3 Проводят проверку герметичности системы вместе с подключенным датчиком. Для

проверки герметичности создают в системе давление, равное верхнему пределу измерений датчика и выдерживают в течение трех минут. При необходимости отключают устройство, создающее давление. Далее измеряют изменение давления за две минуты.

Систему считают герметичной, если после трехминутной выдержки под давлением, равным или близким верхнему пределу измерений датчика, в течение последующих двух минут изменение давления не превысило $\pm 0,5\%$ от диапазона измерений.

7.4 При опробовании проверяют работоспособность датчика, изменяя заданное давление от нижнего до верхнего предельных значений. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала или показаний индикатора (при наличии).

Результат опробования считают положительным, если при повышении/понижении давления, показания датчика увеличиваются (уменьшаются).

8 Проверка программного обеспечения

8.1 В качестве идентификации программного обеспечения (далее ПО) принимается версия (идентификационный номер) ПО, информация о которой считывается по цифровому выходу датчика.

8.2 Датчики считаются прошедшими поверку с положительным результатом, если версия ПО соответствует значению, указанному в паспорте или в описании типа на датчик.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение погрешности

9.1.1 Погрешность датчика определяют по одному из способов:

1) По эталону на входе датчика устанавливают номинальные значения входного параметра (давления), а по другому эталону измеряют соответствующее значение выходного параметра (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 параметра (тока или напряжения), а по другому эталону измеряют соответствующие значения входного параметра (давления).

Примечания:

1. При поверке датчиков с HART-сигналом к выходу подключают портативный HART-коммуникатор, или HART-модем с программным обеспечением для связи с персональным компьютером и считывания информации с цифрового выхода датчика. Могут использоваться другие устройства для считывания информации и управления датчиками по другим коммуникационным протоколам, предусмотренным технической документацией на датчики.

9.1.2 Схемы включения датчиков для измерения выходного сигнала при проведении поверки приведены в технической документации на датчик.

Эталон включают в схему поверки в соответствии с их руководством по эксплуатации.

9.1.3 Устанавливают следующие критерии достоверности поверки:

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

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

Допускаемые значения критериев достоверности поверки: $R_{ввм} \leq 0,20$ и $(\delta_m)_{ва \max} \leq 1,25$.

9.1.4 Устанавливают следующие параметры поверки:

m – число поверяемых точек в диапазоне измерений, $m \geq 5$; в основных случаях и при отсутствии эталона 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 погрешности;

α_p – отношение предела допускаемой погрешности эталонных СИ, применяемых при поверке, к пределу допускаемой погрешности поверяемого датчика, с учетом требований ГПС.

Значения γ_k и α_p выбирают по таблице 2 (п.9.1.5) в соответствии с принятыми критериями достоверности поверки.

9.1.5 Выбор эталонов для определения погрешности поверяемых датчиков осуществляют, исходя из технических возможностей, условий поверки и технико-экономических предпосылок с учетом критериев достоверности поверки (п.9.1.3) и в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 - 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
$R_{ввм}$	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05
$(\delta_m)_{ва}$	1,14	1,18	1,24	1,22	1,20

Примечание – Таблица составлена в соответствии с п.5.3.3 критериями достоверности поверки, согласно МИ 1997-89 «ГСИ. Преобразователи давления измерительные. Методика поверки»

9.1.6 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

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_i}{I_m - I_0} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \quad (1)$$

где Δ_p – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего входную величину (давление), кПа, МПа;

P_m – диапазон измерений поверяемого датчика, МПа;

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

I_0, I_m – соответственно нижнее и верхнее предельное значение выходного сигнала датчика, мА;

α_p – то же, что в 9.1.4;

γ – предел допускаемой приведенной погрешности поверяемого датчика, % диапазона измерений, в случае проведения поверки при температуре окружающей среды отличной от нормальных условий (от плюс 5 до плюс 15 °С и свыше плюс 25 до плюс 30 °С) значение γ равно сумме пределов допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности измерений и допускаемой дополнительной приведенной к диапазону измерений погрешности измерений от воздействия изменений температуры окружающей среды рассчитанное для условий поверки.

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

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

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_u}{U_m - U_0} + \frac{\Delta_R}{R_{\text{ЭТ}}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \quad (2)$$

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

Δ_u – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, 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_0 – соответственно верхнее и нижнее предельные значения напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении, определяемые по формулам:

$$U_m = I_m \cdot R_{\text{ЭТ}} \text{ и } U_0 = I_0 \cdot R_{\text{ЭТ}}$$

3) При поверке датчика с выходным цифровым сигналом

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

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

9.1.7 Расчетные значения выходного сигнала поверяемого датчика для заданного номинального значения входной измеряемой величины определяют по формулам (4-12):

1) Для датчиков с линейной возрастающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока (I) от входной измеряемой величины (P)

$$I_p = I_0 + \frac{I_m - I_0}{P_m - P_n} (P - P_n), \quad (4)$$

где I_p – расчетное значение выходного сигнала постоянного тока (мА);

P – номинальное значение входной измеряемой величины; для датчиков давления-разряжения значение P в области разрежения подставляется в формулу (4) со знаком минус;

P_n – нижний предел измерений для всех датчиков, кроме датчиков давления-разрежения, для которых значение P_n численно равно верхнему пределу измерений в области разрежения P_m (–) и в формулу (4) подставляется со знаком минус;

I_0, I_m, P_m – то же, что и в формуле (1).

Для стандартных условий нижний предел измерений всех поверяемых датчиков равен нулю.

2) Для датчиков с линейно убывающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока от входной измеряемой величины

$$I_p = I_m - \frac{I_m - I_0}{P_m - P_n} (P - P_n), \quad (5)$$

3) Для датчиков с выходным сигналом постоянного тока и функцией преобразования входной измеряемой величины по закону квадратного корня

$$I_p = I_0 + (I_m - I_0) \sqrt{\frac{P}{P_m}}, \quad (6)$$

где P – входная измеряемая величина – разность давлений (перепад давления) для датчиков разности давлений, предназначенных для измерения расхода рабочей среды;

P_m – диапазон измерений поверяемого датчика разности давлений. Остальные обозначения те же, что и в формуле (1).

4) Для датчиков с выходным сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении $R_{эт}$

$$U_p = R_{эт} \cdot I_p, \quad (7)$$

где U_p – расчетное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, В;

I_p – расчетное значение выходного сигнала постоянного тока (А), определяемое по формулам (4 – 6).

5) Для датчиков с выходным информационным сигналом в цифровом формате:
– с линейно возрастающей функцией датчика

$$N_p = N_0 + \frac{N_m - N_0}{P_m - P_n} (P - P_n), \quad (8)$$

где N_p – расчетное значение выходного сигнала в цифровом формате;

N_m, N_0 – соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного информационного сигнала датчик в цифровом формате;

P, P_m, P_n – то же, что и формуле (4);

– с линейно убывающей функцией преобразования

$$N_p = N_0 - \frac{N_m - N_0}{P_m - P_n} (P - P_n), \quad (9)$$

– с функцией преобразования по закону квадратного корня

$$N_p = N_0 + (N_m - N_0) \sqrt{\frac{P}{P_m}}, \quad (10)$$

где P , P_m – то же, что в формуле (6); остальные обозначения те же, что в формулах (8,9).

9.1.8 Поверку датчиков с программным обеспечением выбора функции преобразования входной измеряемой величины в соответствии с одним из видов (4 - 6, 8 - 10) производят при программной установке линейно возрастающей зависимости выходного сигнала (4) или (8), если иное не предусмотрено технической документацией на датчик.

После выполнения поверки датчик может быть перепрограммирован в соответствии с требуемой функцией преобразования входной измеряемой величины.

Перед определением погрешности соблюдают требования п. 3.3 и, при необходимости, корректируют значения выходного сигнала, соответствующие нижнему и верхнему предельным значениям измеряемой величины. Эту корректировку выполняют после подачи и сброса измеряемой величины, значения которой устанавливают:

- для датчиков абсолютного давления с верхним пределом измерений до 0,25 МПа включительно – в пределах от атмосферного давления до 80-100% верхнего предела измерений;

- для остальных датчиков – в пределах 80-100 % верхнего предела измерений;

- для датчиков давления-разряжения – в пределах 50-100 % от верхнего предела измерений в области избыточного давления.

При периодической поверке и в случае ее совмещения с операцией поверки герметичности датчика корректировку значений выходного сигнала выполняют после выдержки датчика при давлении (разряжении) в соответствии с условиями п. 3.3.

Установку выходного сигнала выполняют с максимальной точностью, обеспечиваемой устройством коррекции датчика и разрешающей способностью эталонов.

Погрешность установки (без учета погрешности эталонов) не должна превышать 0,2-0,3 предела допускаемой погрешности поверяемого датчика.

9.1.9 Проверку погрешности датчиков давления производят в пяти точках, достаточно равномерно распределенных в диапазоне измерений, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям выходной величины с допуском в пределах 15 % этих значений. Интервал между значениями измеряемой величины не должен превышать 30 % диапазона измерений.

Погрешность определяют при значении измеряемой величины, полученной при приближении к нему как от меньших значений (при прямом ходе), так и от больших значений (при обратном ходе).

Перед поверкой при обратном ходе датчик выдерживают в течение 1 минуты под воздействием верхнего предельного значения измеряемого параметра, соответствующего предельному значению выходного сигнала.

Допускается выдержку датчиков давления-разряжения производить только на верхнем пределе измерений избыточного давления.

При периодической поверке погрешность определяют в два цикла: до корректировки диапазона изменения выходного сигнала и после корректировки диапазона. Второй цикл допускается не проводить, если погрешность $\gamma_d \leq \gamma_k \cdot \gamma$.

При поверке датчиков с верхним пределом измерений разрежения 0,1 МПа, если атмосферное давление $P_6 \leq 0,1$ МПа, допускается устанавливать максимальное значение разрежения в пределах 0,90-0,95 P_6 , где P_6 – атмосферное давление. Расчетное значение выходного сигнала при установленном значении разрежения определяют по формуле (4) и (8).

При поверке датчиков абсолютного давления с верхним пределами измерений 0,25 МПа и выше погрешность определяют по методике, изложенной в п.9.1.10 с

соблюдением условий, изложенных в п.9.1.8, п.9.1.9. По методике п. 9.1.10 допускается определять погрешность датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений от 0,1 до 0,25 МПа.

9.1.10 Определение погрешности датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа (допускается 0,1 МПа) и выше проводят с использованием эталонов разрежения и избыточного давления (например, МВП-2,5, Воздух-1, МП-6, МП-60 и др.).

В этом случае поверку датчика выполняют при подаче избыточного давления и разрежения, расчетные значения которых определяют с учетом действительного значения атмосферного давления в помещении, где проводят поверку.

Расчетные значения выходного сигнала датчика с линейно возрастающей функцией преобразования определяют по формуле:

— для датчиков с токовым выходным сигналом

$$I_p = I_0 + (I_m - I_0) \frac{P_6 - P_{\pm}}{P_{m(a)}}, \quad (11)$$

— для датчиков с выходным сигналом в цифровом формате

$$N_p = N_0 + (N_m - N_0) \frac{P_6 - P_{\pm}}{P_{m(a)}}, \quad (12)$$

где I_p , I_0 , I_m , N_p , N_0 , N_m — то же что в формулах (4) и (8);

P_6 — атмосферное давление в помещении, где проводят поверку, МПа;

$P_{m(a)}$ — верхний предел измерений датчика абсолютного давления, МПа;

$P_{(+)}$ — избыточное давление, подаваемое в датчик, МПа;

$P_{(-)}$ — разрежение, создаваемое в датчике; значение разрежения в МПа подставляют в формулы (11) и (12) со знаком минус.

Расчетные значения избыточного давления и разрежения вычисляют по формулам

$$P_{(+)} = P_a - P_6, \quad (13)$$

$$P_{(-)} = P_6 - P_a, \quad (14)$$

где P_a — номинальное значение абсолютного давления, МПа.

Вблизи нуля абсолютного давления датчик поверяют, создавая на его входе разрежение

$$P_{m(-)} = (0,90 \dots 0,95) \cdot P_6, \quad (15)$$

при котором расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле

$$I_p = I_0 + (I_m - I_0) \frac{P_6 - P_{m(-)}}{P_{m(a)}}, \quad (16)$$

Значение выходного сигнала в цифровом формате (N) определяют по формуле такой же структуры, заменяя обозначение I на обозначение N .

Расчетные значения выходного сигнала при атмосферном давлении на входе датчика определяют по формуле

$$I_p = I_0 + (I_m - I_0) \frac{P_6}{P_{m(a)}}, \quad (17)$$

Максимальное значение избыточного давления $P_{m(+)}$, при котором расчетное значение выходного сигнала $I_p = I_m$, определяют по формуле

$$P_{m(+)} = P_{m(a)} - P_6, \quad (18)$$

При поверке датчика с верхними пределами измерений $P_{m(a)} \leq 2,5$ МПа, значение атмосферного давления P_6 определяют с погрешностью не более, чем

$$\Delta_6 \leq \alpha_p \cdot \gamma \frac{P_{m(a)}}{100}, \quad (19)$$

где Δ_6 – абсолютная погрешность, МПа;

α_p, γ – то же, что в п. 9.1.4, п.9.1.6;

$P_{m(a)}$ – верхний предел измерений поверяемого датчика.

При поверке датчиков с верхними пределами измерений $P_{m(a)} > 2,5$ МПа в формулах (11 – 18) допускается подставлять значение $P_6 = 0,1$ МПа, если атмосферное давление находится в пределах от 0,093 до 0,102 МПа.

В зависимости от верхних пределов измерений поверяемых датчиков их погрешность определяют при m значениях измеряемой величины в соответствии с таблицей 4 и с учетом требований п.9.1.9.

Таблица 4

Верхние пределы измерений, МПа	Число поверяемых точек, m	
	В области $P_a \leq P_6$	В области $P_a \geq P_6$
0,1	3	–
0,16	2	2
0,25	1	3
От 0,4 до 2,5	1	4
Свыше 2,5	–	5

9.1.11 Погрешность γ_∂ в % нормирующего значения (п.9.1.6) вычисляют по приведенным ниже формулам.

При поверке датчиков по способу 1 (5.4.1):

$$\gamma_\partial = \frac{I - I_p}{I_m - I_0} \cdot 100, \quad (20)$$

$$\gamma_\partial = \frac{U - U_p}{U_m - U_0} \cdot 100, \quad (21)$$

$$\gamma_\partial = \frac{N - N_p}{N_m - N_0} \cdot 100, \quad (22)$$

где I – значение выходного сигнала постоянного тока, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины, мА;

U – значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, полученное экспериментально при измерении выходного сигнала и номинальном значении входной измеряемой величины (давления), мВ или В;

N – значение выходного сигнала датчика в цифровом формате, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины;
остальные обозначения те же, что в формулах (1, 2, 8).

При поверке датчиков по способу 2 (п. 9.1.1):

$$\gamma_{\partial} = \frac{P - P_{ном}}{P_m} \cdot 100, \quad (23)$$

где P – значение входной измеряемой величины (давления), полученное экспериментально при номинальном значении выходного сигнала, кПа, МПа;

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

P_m – диапазон измерений поверяемого датчика, кПа, МПа.

Вычисление γ_{∂} выполняют с точностью до третьего знака после запятой.

9.2 Определение вариации выходного сигнала

9.2.1 Вариацию выходного сигнала определяют при каждом поверяемом значении измеряемой величины, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений, по данным, полученным экспериментально при определении погрешности (п.9.1).

9.2.2 Вариацию выходного сигнала γ_z в % нормирующего значения (п.9.1.6) вычисляют по приведенной ниже формуле.

$$\gamma_z = |\gamma_{пр} - \gamma_{обр}| \quad (24)$$

где $\gamma_{пр}$ – предел допускаемой приведенной погрешности поверяемого датчика при прямом ходе, %;

$\gamma_{обр}$ – предел допускаемой приведенной погрешности поверяемого датчика при обратном ходе, %.

9.2.3 Вариацию выходного сигнала датчиков не определяют, если предел ее допускаемого значения не превышает 0,5 предела допускаемой основной погрешности.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Датчик признают годным при первичной поверке, если на всех поверяемых точках модуль погрешности $|\gamma_{\partial}| \leq \gamma_K \cdot |\gamma|$.

10.2 Датчик признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль погрешности $|\gamma_{\partial}| > \gamma_K \cdot |\gamma|$.

10.3 Датчик признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках при первом или втором цикле поверки выполняют условие, изложенное в п.9.2.1.

10.4 Датчик признают негодным при периодической поверке:

– если при первом цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль погрешности $|\gamma_{\partial}| > (\delta_M)_{ва max} \cdot |\gamma|$;

– если при втором цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль погрешности $|\gamma_{\partial}| > \gamma_K \cdot |\gamma|$.

Обозначения: $(\delta_M)_{ва max}$ – по п.9.1.3; γ_K – по п.9.1.4; γ – по п.9.1.6.

10.5 Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений погрешности γ_{∂} контролировать ее соответствие предельно допускаемым значениям.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 20.11.2020 № 2510 передают в федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 По требованию заказчика в соответствии с Приказом Минпромторга России от 20.11.2020 № 2510 оформляется свидетельство о поверке и (или) в паспорт на датчик ставится знак поверки (при положительных результатах поверки), либо оформляется извещение о непригодности (при отрицательных результатах поверки).

Информационные данные

1 Настоящая рекомендация разработана отделом разработки датчиков давления и метрологического оборудования ЗАО «ЭМИС»