

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



Н. В. Иванникова

" 25 " декабря 2019 г.

Датчики давления ADZ-SML

производства «ADZ NAGANO GmbH», Германия

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 202-016-2019

Настоящая методика распространяется на датчики давления ADZ-SML, изготавливаемые фирмой «ADZ NAGANO GmbH», Германия.

Датчики давления ADZ-SML (далее – датчики) предназначены для непрерывных измерений и преобразований абсолютного, избыточного давления (в том числе давления-разрежения, разрежения) газообразных или жидких сред в унифицированный электрический выходной сигнал.

Рекомендация устанавливает методику первичной (до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта) и периодической (в процессе эксплуатации) проверок датчиков давления.

Рекомендованный интервал между поверками 3 года.

1 Операции поверки

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр – 5.1;
- опробование – 5.2;
- определение основной погрешности датчика и вариации – 5.3;
- определение вариации показаний датчика – 5.4.

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 абсолютного давления МПАК-15	Диапазон измерений от 0,133 до 400 кПа. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности: ±6,65 Па в диапазоне от 0,133 до 13,3 кПа; ±13,3 Па в диапазоне от 13,3 до 133 кПа; ±0,01 % от действительного значения измеряемого давления в диапазоне от 133 до 400 кПа
Калибратор давления СРГ1500	Пределы измерений избыточного давления от 0 до 100 МПа. Пределы измерений абсолютного давления от 0 до 4 МПа. Пределы измерений отрицательного и положительного избыточного давления от -0,1 до 4 МПа Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, % диапазона измерений (ДИ): ±0,05; ±0,1; ±0,15
Калибраторы давления СРН6000, СРН6400	Пределы измерений избыточного давления от 0 до 100 МПа. Пределы измерений абсолютного давления от 0 до 2,5 МПа. Класс точности при измерении избыточного, вакуумметрического давления и давления-разрежения: 0,025; 0,1. Пределы допускаемой основной погрешности при измерении абсолютного давления, % диапазона измерений: ±0,025
Манометр грузопоршневой МП-2,5	Диапазон измерений от 0 до 0,25 МПа. Пределы допускаемой основной погрешности, %: ±0,02 %, ±0,05 % от измеряемого давления (при давлениях от 10 до 100 % от верхнего предела измерений); ±0,02 %, ±0,05 % от 0,1 верхнего предела измерений (при давлениях ниже 10 % от верхнего предела измерений)
Манометр грузопоршневой МП-6	Диапазон измерений от 0,04 до 0,6 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности: ±0,02 %, ±0,05 % от измеряемого давления
Манометр грузопоршневой МП-60	Диапазон измерений от 0,1 до 6 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности: ±0,02 %, ±0,05 % от измеряемого давления
Манометр грузопоршневой МП-600	Диапазон измерений от 1,25 до 60 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности:

Наименование средства поверки	Основные метрологические и технические характеристики средств поверки
	$\pm 0,02 \%$, $\pm 0,05 \%$ от измеряемого давления
Манометр цифровой МТ-210	Пределы измерений в диапазоне значений вакуумметрического давления от 0 до 80 кПа с погрешностью $\pm(0,2 \%$ ИВ + $0,1 \%$ ВПИ), в диапазоне значений избыточного давления от 0 до 3000 кПа с погрешностью $\pm(0,01 \%$ ИВ + $0,005 \%$ ВПИ)
Барометр рабочий сетевой БРС-1М	Диапазон измерений от 0,5 до 110 кПа. Пределы допускаемой погрешности абсолютной: ± 20 Па, ± 33 Па
Мановакуумметр грузопоршневой МВП-2,5	Диапазон измерений от 0 до 0,25 МПа избыточного давления. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности: ± 5 Па, ± 2 Па Диапазон измерений от 0 до 95 кПа вакуумметрического давления. Пределы допускаемой основной относительной погрешности: $\pm 0,05 \%$ от измеряемого давления $\pm 0,02 \%$ от измеряемого давления
Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R)	Пределы измерений напряжения от -1 до 60 В, пределы измерений постоянного тока от -100 до 100 мА. Пределы допускаемой основной погрешности: 3 разряд в диапазоне от -1 до 60 В; 2 разряд в диапазоне от -100 до 100 мА.
Источник питания постоянного тока Б5-47	Выходное напряжение до 40 В
Мультиметр 3458А	Пределы измерений напряжения от 0 до 10 В, пределы измерений постоянного тока от 0 до 100 мА. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности: $\pm(5 \cdot 10^{-6}$ ИВ + $0,05 \cdot 10^{-6}$ ВПИ) в диапазоне от 0 до 10 В $\pm(25 \cdot 10^{-6}$ ИВ + $4 \cdot 10^{-6}$ ВПИ) в диапазоне от 0 до 100 мА
Магазин сопротивлений М602А	$\pm (0,05 \%$ ИВ + 15 МОм) от 0,1 до 199,999 Ом $\pm 0,02 \%$ ИВ от 200,000 Ом до 2,00000 МОм $\pm 0,05 \%$ ИВ от 2,0001 до 10,0000 МОм

2.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 1339 "Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа".

3 Требования безопасности и квалификации поверителей

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.

3.2 Поверку СИ осуществляют аккредитованные на проведение поверки СИ в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации юридические лица и индивидуальные предприниматели.

4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +21 до +25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- давление в помещении, где проводят поверку (далее – атмосферное давление), в пределах от 84 до 106,7 кПа;

- 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. Пульсация напряжения не должна превышать $\pm 0,5$ % значения напряжения питания;
- сопротивление нагрузки при поверке – в соответствии с технической документацией на датчик;
- 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;
- линию, через которую подают измеряемое давление, допускается соединять с дополнительными сосудами, емкость каждого из которых не более 50 л.

Примечание. Допускается проведение поверки в условиях, реально существующих в помещении и отличающихся от нормальных, если они не выходят за пределы рабочих условий на датчик и средства поверки, за исключением температуры окружающей среды. При этом следует учитывать дополнительную погрешность средств поверки.

4.2 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- выдерживают датчик не менее 3 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. 4.2.2 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, 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.

4.2.2 При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков, на место поверяемого датчика устанавливают заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений с погрешностью измерений не более $\pm 2,5$ % ВПИ, 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 датчика, 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.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре датчиков устанавливают:

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

5.2 Опробование

При опробовании проверяют работоспособность и герметичность датчика.

5.2.1 Работоспособность датчиков проверяют, изменяя измеряемую величину от нижнего до верхнего предельных значений. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала.

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

Методика проверки герметичности датчика (п. 4.2.1, 4.2.2) имеет следующие особенности:

- изменение давления (разрежения) определяют по изменению выходного сигнала датчика, включенного в систему;
- в случае обнаружения негерметичности системы с установленным поверяемым датчиком следует раздельно проверить герметичность системы и датчика.

5.3 Определение допускаемой основной приведенной погрешности (от диапазона измерений)

5.3.1 Основную приведенную погрешность датчика определяют по одному из способов:

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

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

5.3.2 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.

5.3.3. 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 (5.3.4) в соответствии с принятыми критериями достоверности поверки.

5.3.4 Выбор эталонов для определения основной погрешности поверяемых датчиков осуществляют, исходя из технических возможностей и технико-экономических предпосылок с учетом критериев достоверности поверки 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 $\gamma_k \leq 1 - 0,28 \cdot \alpha_p$.

5.3.5. 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), кПа, МПа;

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;

γ – предел допускаемой основной приведенной 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 преобразователей с выходным аналоговым сигналом постоянного тока I раздела 5.3 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 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, 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 (В) на эталонном сопротивлении, определяемые по следующим формулам:

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

5.3.6. Расчётные значения выходного сигнала поверяемого датчика для заданного номинального значения входной измеряемой величины определяют по формулам (3, 4).

1) Для датчиков с выходным сигналом постоянного тока
- с линейно возрастающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока (I) от входной измеряемой величины (P)

$$I_p = I_o + \frac{I_m - I_o}{P_m - P_n} (P - P_n), \quad (3)$$

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

P – номинальное значение входной измеряемой величины; для датчиков давления-разрежения значение P в области разрежения подставляется в формулу (3) 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 (3) подставляется со знаком минус.

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

- с линейно убывающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока от входной измеряемой величины

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

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

$$U_p = R_{эм} \cdot I_p, \quad (5)$$

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

I_p – расчётное значение выходного сигнала постоянного тока (мА), определяемое по формуле (3,4).

5.3.7 Основную приведенную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины (5.3.3.), 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 приведенную 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).

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

– При поверке датчиков по способу 1 (5.3.1):

$$\gamma_\delta = \frac{I - I_p}{I_m - I_o} \cdot 100 \quad (6)$$

$$\gamma_\delta = \frac{U - U_p}{U_m - U_o} \cdot 100 \quad (7)$$

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), В.

- При поверке датчиков по способу 2 (5.3.1):

$$\gamma_{\partial} = \frac{P - P_{ном}}{P_m - P_n} \cdot 100 \quad (8)$$

где $P_{ном}$ – номинальное значение измеряемой величины при номинальном значении выходного сигнала, Па.

5.4 Определение вариации показаний датчика.

Вариацию выходного сигнала в % нормирующего значения вычисляют по формулам:

- Для способа 1 (5.3.1):

$$\gamma_{\partial} = \frac{I' - I}{I_m - I_0} \cdot 100, \quad (9)$$

$$\gamma_{\partial} = \frac{U' - U}{U_m - U_0} \cdot 100 \quad (10)$$

где I' и I – экспериментально полученные значения выходного сигнала на 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 на одной и той же точке при измерении на выходе падения напряжения эталонного сопротивления соответственно при прямом и обратном ходе, В.

- Для способа 2 (5.3.1):

$$\gamma_{\partial} = \frac{P_{np} - P_{обр}}{P_m - P_n} \cdot 100 \quad (11)$$

где P_{np} , $P_{обр}$ – экспериментально полученные значения падения входной измеряемой величины (давления) при прямом и обратном ходах соответственно и при одном и том же номинальном значении выходного сигнала, Па.

5.5 Результаты поверки датчиков.

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

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

5.5.3 Датчик признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках выполняется условие, изложенное в п.5.5.1.

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

6 Оформление результатов поверки

6.1 Положительные результаты первичной и периодической поверки удостоверяются знаком поверки и (или) свидетельством о поверке, и (или) записью в паспорте (формуляре) СИ, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки 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 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

Ведущий инженер отдела 202

Е.А. Ненашева

Е.Н. Коптева