УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»

_____ Н. В. Иванникова

"10" апреля 2018 г.

Датчики давления XMLR

производства завода HUBA CONTROL AG, Швейцария

МП 202-011-2018

Настоящая методика распространяется на датчики давления XMLR, изготавливаемые по технической документации завода HUBA CONTROL AG, Швейцария.

Датчики давления XMLR (далее - датчики) предназначены для непрерывных измерений и преобразования избыточного давления жидких, газообразных сред в унифицированный аналоговый выходной сигнал и/или сигнал управления.

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

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 преобразователя – 5.3.

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
1	*2*
Манометр цифровой МТ-210	Пределы измерений в диапазоне значений вакуумметрического давления от 0 до 80 кПа с погрешностью ±(0,2 % ИВ + 0,1 % ВПИ), в диапазоне значений избыточного давления от 0 до 3000 кПа с погрешностью ±(0,01 % ИВ + 0,005 % ВПИ)
Калибратор давления CPG1500	Пределы измерений избыточного давления от 0 до 100 МПа. Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, % диапазона измерений (ДИ): ±0,05; ±0,1; ±0,15
Калибраторы давления CPG8000, CPG2500	Пределы измерений избыточного давления от -0,0025…0 до -0,1…10 МПа. Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, % ДИ ±0,01; ±0,015; ±0,025
Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-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 3458A	Пределы измерений напряжения от 0 до 10 В, пределы измерений постоянного тока от 0 до 100 мА. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности: $\pm(5\cdot10^{-6}$ИВ + $0{,}05\cdot10^{-6}$ВПИ) в диапазоне от 0 до 10 В $\pm(25\cdot10^{-6}$ИВ + $4\cdot10^{-6}$ВПИ) в диапазоне от 0 до 100 мА
Магазин сопротивлений M602A	± (0,05 % ИВ + 15 мОм) от 0,1 до 199,999 Ом ± 0,02 % ИВ от 200,000 Ом до 2,00000 МОм ± 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.

3 Требования безопасности

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 +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. Отклонение напряжения питания от номинального значения не более ±1 %, если иное не указано в технической документации на преобразователь;

– 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;

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

4.2 Перед проведением поверки датчиков 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. 4.3 систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонов и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

4.3 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 ± 2,5 % от ВПИ, и позволяющее зафиксировать изменение давления на величину 0,5 % от заданного значения давления. Далее в системе создают давление, установившееся значение которого соответствует ВПИ, 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 в течение последующих 2 мин. При необходимости время выдержки под давлением может быть увеличено.

При поверке 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 в системе, обусловленное изменением температуры окружающего воздуха и рабочей среды.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре датчика устанавливают:

– соответствие его внешнего вида технической документации и отсутствие видимых дефектов;

– наличие клеммных колодок и (или) разъемов для внешних соединений, устройства для регулировки «нуля», клемм контроля выходного сигнала и др.;

– наличие дополнительных выходных устройств – цифровых индикаторов и (или) других устройств предусмотренных технической документацией на датчик;

– наличие на корпусе датчика таблички с маркировкой, соответствующей паспорту или документу, его заменяющему;

– наличие РЭ датчика, паспорта или документа, его заменяющего.

5.2 Опробование

5.2.1 При опробовании проверяют герметичность и работоспособность датчика, функционирование устройства корректора «нуля».

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 дополнительных выходных устройствах преобразователя.

5.2.3 Функционирование корректора «нуля» проверяют, задавая одно (любое) значение измеряемой величины в пределах, оговоренных руководством по эксплуатации. Корректором «нуля» проверяют наличие изменения выходного сигнала на всех выходных устройствах. Затем сбрасывают измеряемую величину и при атмосферном давлении на входе в датчик корректором «нуля» вновь устанавливают выходной сигнал (показания индикатора) в соответствии с исходными значениями.

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

Методика проверки герметичности датчика (п. 4.3) имеет следующие особенности:

- изменение давления определяют по изменению выходного сигнала, включенного в систему;

- в случае обнаружения не герметичности системы с установленным поверяемым датчиком следует раздельно проверить герметичность системы и датчика.

5.3 Определение основной погрешности

5.3.1 Основную 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) и (или) цифрового сигнала.

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 входного давления.

Примечания:

1. При определении основной погрешности датчика значения выходного параметра могут считываться с цифрового индикатора (ЖКИ) с разрядностью не менее 4.

2. При поверке датчиков с цифровым выходным сигналом необходимо рассчитывать основную погрешность ЦПВУ (цифровое показывающее выходное устройство).

Как правило, ЦПВУ поверяются одновременно с поверкой аналоговых устройств датчиков. При отдельной поверке ЦПВУ, должны быть выполнены все позиции данной методики, предшествующие определению основной погрешности.

Основная погрешность ЦПВУ, γ_{∂}, у которых предел допускаемой основной абсолютной погрешности не превышает на данном пределе измерений и в данных единицах измерений 20 % от значения единицы младшего разряда ЦПВУ, определяется следующим образом:

- для каждой поверяемой точки диапазона на входе ИПД по эталонному прибору

устанавливают измеряемый параметр, равный номинальному $P_н$;

- считывают с ЦПВУ показания поверяемого прибора $P_д$;
- рассчитывают основную погрешность в % по формуле:

$$\gamma_д = \frac{P_д - P_н}{P_{max}} \cdot 100\,\%, \qquad (1)$$

где $P_{мах}$ - нормирующее значение (зависит, от вида измеряемого давления)

Вариация таких ЦПВУ определяется в % по формуле:

$$\gamma_г = \frac{P_{п.х.} - P_{о.х.}}{P_{max}} \cdot 100\,,\% \qquad (2)$$

Основная погрешность ЦПВУ, у которых предел основной допускаемой абсолютной погрешности - 20% < $\gamma_д$ < 100% значения единицы младшего разряда ЦПВУ, определяется следующим образом:

- для каждой поверяемой точки диапазона на ЦПВУ устанавливают значение измеряемого параметра равное номинальному, $P_н$;
- в момент установления единицы младшего разряда номинального значения давления на ЦПВУ датчика, по эталонному прибору давления, соединенного со входом датчика, определяют действительное значение давления, $P_д$;
- по формуле (1) рассчитывают значение основной погрешности; Вариация может быть рассчитана по формуле (2);

Оформление результатов поверки проводится в соответствии с разделом 6.

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

5.3.2 Устанавливают следующие критерии достоверности поверки:

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

$(\delta м)_{ва}$ – 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≥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;

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

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

Значения $\gamma_к$ и $\alpha_р$ 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
$\gamma_к$	0,94	0,93	0,91	0,82	0,70
$P_{вам}$	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05
$(\delta м)_{ва}$	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 $\gamma_к$ рассчитывать по формуле 20 из МИ 188-86 ($\gamma_к = (\delta_м)_{ва} - \alpha_р$). При этом, для проверки условия $P_{вам} \le 0,20$, проверяют выполнения условия $\gamma_к \le 1 - 0,28 \cdot \alpha_р$.

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

$$\left(\frac{\Delta_P}{P_m} + \frac{\Delta_i}{I_m - I_o}\right) \cdot 100 \le \alpha_p \cdot \gamma, \qquad (3)$$

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 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 5.3 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 мВ или В

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta u}{U_m - U_0} + \frac{\Delta_R}{R_{ЭТ}}\right) \cdot 100 \le \alpha_р \cdot \gamma \qquad (4)$$

где Δ_p, P_m – то же, что в формуле (3);

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

Δ_R – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного сопротивления, Ом;

$R_{эт}$ – 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 датчиков с выходным цифровым сигналом

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m}\right)\cdot 100 \le \alpha_p \cdot \gamma, \tag{5}$$

5.3.6. Расчётные значения выходного сигнала поверяемого датчика для заданного номинального значения входной измеряемой величины определяют по формулам (3 – 8).

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

$$I_p = I_o + \frac{I_m - I_o}{P_m - P_n}\left(P - P_n\right), \tag{6}$$

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

P – номинальное значение входной измеряемой величины; для датчиков давления-разрежения значение Р в области разрежения подставляется в формулу (6) со знаком минус;

P_n – нижний предел измерений датчика.

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

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

$$U_p = R_{эт} \cdot I_p, \tag{7}$$

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

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

3) Для преобразователей с выходным информационным сигналом в цифровом формате:

- с линейно возрастающей функцией преобразования

$$N_p = N_o + \frac{N_m - N_o}{P_m - P_n}\left(P - P_n\right) \tag{8}$$

где N_p – расчетное значение выходного сигнала в цифровом формате;

N_m, N_o – соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного информационного сигнала преобразователь в цифровом формате.

5.3.8 Основную 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 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 периодической поверке основную погрешность определяют в два цикла: до корректировки диапазона изменения выходного сигнала и после корректировки диапазона. Второй цикл допускается не проводить, если основная погрешность $\gamma_д \le \gamma_к \cdot \gamma$.

5.4.9 Основную погрешность $\gamma_д$ в % нормирующего значения (5.3.5) вычисляют по приведённым ниже формулам:

- При поверке датчиков по способу 1 (5.4.1):

$$\gamma_д = \frac{I - I_p}{I_m - I_o}\cdot 100, \tag{9}$$

$$\gamma_д = \frac{U - U_p}{U_m - U_o}\cdot 100, \tag{10}$$

$$\gamma_\partial = \frac{N - N_p}{N_m - N_o} \cdot 100, \qquad (11)$$

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 преобразователя в цифровом формате, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины.

– При поверке преобразователей по способу 2 (5.3.1):

$$\gamma_\partial = \frac{P - P_{ном}}{P_m} \cdot 100, \qquad (12)$$

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 – верхний предел измерений, кПа, МПа.

5.5 Результаты поверки преобразователей.

Результаты поверки считают положительными, если основная погрешность γ_∂ не более значения пределов допускаемой основной приведенной погрешности, указанной в паспорте на датчик.

5.6 Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности γ_∂ контролировать ее соответствие предельно допускаемым значениям.

6 Оформление результатов поверки

6.1 Положительные результаты первичной поверки оформляют записью в паспорте, удостоверенной подписью поверителя и нанесением знака поверки или выдают свидетельство о поверке в установленной форме в соответствии с приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении свидетельства о поверке».

6.2 Положительные результаты периодической поверки оформляют выдачей свидетельства 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 Е.А. Ненашева

Ведущий инженер отдела 202 Е.Н. Коптева