



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ФГУП «ВНИИМС»

В.Н.Яншин

«5» 09 2014 г.

ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ 415М

Методика поверки

МИ 4212-415М-2014

Настоящая рекомендация распространяется на датчики (измерительные преобразователи) давления типа 415М, выпускаемые в соответствии с ГОСТ 22520-85 и по технической документации ООО «Пьезоэлектрик» и ООО «Датчики и системы»

Датчики предназначены для непрерывного преобразования значений, измеряемых величин давления абсолютного, давления избыточного, разрежения, давления-разрежения, разности давлений и других физических величин, определяемых по давлению или по разности давлений (например, уровень и плотность жидкости, расход жидкости, газа или пара), в выходной электрический сигнал:

- аналоговый сигнал: постоянного тока, мА 4-20 или 0-5, напряжения, В 0,4-2; 0-5 или 0-10,
- цифровой сигнал на базе интерфейса: RS485; USART; HART; USB

Рекомендация устанавливает методику первичной и периодической поверок датчиков (измерительных преобразователей) давления типа 415М с пределами допускаемой основной погрешности от $\pm 0,05$ до $\pm 1\%$.

Интервал между поверками для датчиков с пределами допускаемых основных погрешностей: $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 1,0$ - 5 лет при ежегодной корректировке нуля. Для остальных датчиков – 3 года.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр - п. 5.1;
- опробование - п. 5.2;
- определение основной погрешности датчика - п. 5.3;
- определение вариации выходного сигнала датчика - п. 5.4.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применяют средства, указанные в таблице 1

Таблица 1

Наименование средства поверки	Основные метрологические и технические характеристики средств поверки
Манометр абсолютного давления МПА-15	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности: 6,65 Па в диапазоне 0.. 20 кПа; $\pm 13,3$ Па в диапазоне 20...133 кПа; пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,01\%$ от действительного значения измеряемого давления в диапазоне 133.. 400 кПа.
Микроманометр МКВ-250	Пределы измерений 0...2,5 кПа; класс точности 0,01 и 0,02.

Калибратор-контроллер давления ЭЛМЕТРО-Паскаль	Верхние пределы измерений (ВПИ), МПа: - избыточного давления от $6,3 \cdot 10^{-3}$ до 3,5 - давления разрежения от $6,3 \cdot 10^{-3}$ до 0,1 Пределы допускаемой основной погрешности (в зависимости от исполнения модуля давления), %: от $\pm 0,025$ до $\pm 0,06$
Задатчик давления Воздух 2,5	Пределы воспроизведения избыточного давления от 2,5 до 250 кПа. Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02$ %, от задаваемого давления.
Манометр грузопоршневой МП-60 I или II разряда; ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$ или $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 0,6 до 6 МПа.
Манометр грузопоршневой МП-600 I или II разряда; ГОСТ 829 1-83	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm 0,02\%$ или $\pm 0,05\%$, от измеряемого давления в диапазоне измерений от 6,0 до 60 МПа
Манометр грузопоршневой МП – 2500 I или II разряда; ГОСТ 829 1-83	Пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,02\%$ или $\pm 0,05\%$ от измеряемого давления в диапазоне измерений от 25 до 250 МПа.
Барометр БРС-1М-3	Пределы измерений 0,5-110кПа; пределы допускаемой основной погрешности ± 20 Па
Вакуумметр АРГ-М-NW16AL	Пределы измерений давления 0,1 - 1×10^3 Па Пределы допускаемой относительной погрешности измерений давления $\pm 20\%$.
Термометр ртутный стеклянный лабораторный	Пределы измерений 0...55°C. Цена деления шкалы 0,1°C. Пределы допускаемой погрешности $\pm 0,2$ °C.
Образцовая катушка сопротивления Р331	Класс точности 0,01. Сопротивление 100 Ом
Магазин сопротивлений Р33, ГОСТ 23737-79	Класс точности 0,2. Сопротивление до 99999,9 Ом.
Магазин сопротивлений Р4831.	Класс точности 0,02 / $2 \cdot 10^{-6}$. Сопротивление до 111111,1 Ом
Вольтметр универсальный В7-73/1 ГОСТ Р 51350-99	Верхний предел измерений напряжения постоянного тока 200 В. Предел допускаемой основной погрешности измерения напряжения постоянного тока $\pm 0,015\%$ от $U+2$ единицы младшего разряда, где U - значение измеряемого напряжения. Цена единицы младшего разряда 100 мкВ при измерении напряжения постоянного тока в пределах 2 В.

Источник постоянного тока Б5-8 или Б5-45	Наибольшее значение напряжения на выходе 50 В. Допускаемое отклонение $\pm 0,5\%$ от установленного значения напряжения.
--	--

2.2 Допускается применять другие средства поверки, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 1.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 При проведении поверки следует соблюдать 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:

- 1) Температура окружающего воздуха $23 \pm 2^\circ\text{C}$.
- 2) Относительная влажность окружающего воздуха 30-80%.
- 3) Давление в помещении, где проводят поверку (далее — атмосферное давление), в пределах 84-106,7 кПа или 630-800 мм рт. ст.
- 4) Напряжение питания постоянного тока в пределах 9-36 или 3,6-5 В. Номинальное значение напряжения питания и требования к источнику питания — в соответствии с технической документацией на датчик. Отклонение напряжения питания от номинального значения не более $\pm 1\%$, если иное не указано в технической документации на датчик.

5) Сопротивление нагрузки, R_n кОм, при поверке датчиков:

- с аналоговым выходным сигналом 4-20мА - по формуле (1), не более:

$$R_n = \frac{U - U_{\min}}{I_{\max}} + 0,05 \quad (1)$$

где $U_{\min} = 12$ В; U – напряжение питания, В; $I_{\max} = 20$ мА.

- с аналоговым выходным сигналом 0-5мА, не более, - 1
- с аналоговым выходным сигналом 0,4 – 2В, не менее, – 20
- с цифровым выходным сигналом - в соответствии с технической спецификацией на соответствующий интерфейс.

6) Рабочая среда — воздух или нейтральный газ при поверке датчиков с верхними пределами измерений, не превышающими 250 кПа, и жидкость при поверке датчиков с верхними пределами измерений более 250 кПа. При поверке датчиков с верхними пределами измерений от 0,4 до 2,5 МПа тщательно заполнять жидкостью всю систему поверки. Допускается использовать воздух или нейтральный газ при поверке датчиков с верхними пределами измерений более 250 кПа при условии соблюдения соответствующих правил безопасности.

7) Колебания давления окружающего воздуха, вибрация, тряска, удары, наклоны, магнитные поля (кроме земного) и другие воздействия, влияющие на работу и метрологические характеристики датчика, должны отсутствовать.

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

4.2 При поверке датчиков разности давлений 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, сообщаемой с атмосферой, если это предусмотрено в конструкции СИ. При поверке датчиков разности давлений в «минусовой» камере может поддерживаться постоянное опорное давление, создаваемое другим эталонным задатчиком или основным задатчиком 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.

4.3 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 0,2 ч при включенном питании;
- устанавливают датчик в рабочее положение с соблюдением указаний технической документации;
- проверяют на герметичность в соответствии с п.п. 4.3.1- 4.3.4 систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонных СИ и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

4.3.1 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков давления, разности давлений, 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. 4.3.3.

4.3.2 При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков, указанных в п. 4.3.1, устанавливают заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений с погрешностью измерений не более $\pm 2,5\%$ от значений давления, соответствующих требованиям п. 4.3.1, и позволяющее зафиксировать 0,5% изменение давления от заданного значения.

Создают в системе давление, установившееся значение которого соответствует требованиям п. 4.3.1, после чего отключают источник давления. Если в качестве эталонного СИ применяют грузопоршневой манометр, то его колонку и пресс также отключают.

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

Допускается изменение давления (разрежения) в системе, обусловленное изменением температуры окружающего воздуха и рабочей среды в пределах $\pm 0,5 \dots 1^\circ\text{C}$.

4.3.3 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 250 кПа и менее, проводят нижеследующим образом.

Устанавливают в системе заведомо герметичный датчик или любое другое средство измерений абсолютного давления, отвечающее требованиям к СИ в соответствии с п. 4.3.2. Создают в системе абсолютное давление не более 0,07 кПа и поддерживают его в течение 2-3 минут, после чего отключают устройство, создающее абсолютное давление, и эталонное СИ при необходимости (например, отключают колонки грузопоршневого манометра).

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

Допускается поправка при изменении температуры окружающего воздуха и рабочей среды.

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

- наличие и состояние 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, ИН, если это предусмотрено при поверке 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 давление, от нижнего до верхнего предельных значений. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала и индикации на дополнительных выходных устройствах 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 не менее 0,9 атмосферного давления .

5.2.3 Проверку функционирования устройства корректора «нуля» выполняют следующим образом. Задав любое значение измеряемой величины в пределах, оговоренных руководством по эксплуатации, корректором «нуля» возвращают выходной сигнал (показания индикатора) к первоначальному значению. Затем сбрасывают измеряемую величину и при атмосферном давлении на входе в датчик корректором «нуля» вновь устанавливают выходной сигнал (показания индикатора) в соответствие с исходными значениями.

5.2.4 Проверку герметичности датчика рекомендуется совмещать с операцией определения его основной погрешности. Методика проверки герметичности датчика аналогична методике проверки герметичности системы (п.п. 4.3.1-4.3.4), но имеет следующие особенности:

- изменение давления (разрежения) определяют по изменению выходного сигнала или по изменению показаний цифрового индикатора поверяемого датчика, включенного в систему (п. 4.3.2);
- в случае обнаружения негерметичности системы с установленным поверяемым датчиком следует отдельно проверить герметичность системы и датчика.

5.3 Определение основной погрешности

5.3.1 Основную погрешность датчика определяют по одному из способов:

1 - По эталонному СИ на входе датчика устанавливают номинальные значения входного давления, а по другому эталонному СИ измеряют соответствующие значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения). При поверке датчика с цифровым сигналом, к его выходу подключают приемное устройство, поддерживающее соответствующий цифровой коммуникационный протокол для считывания информации.

2 - В обоснованных случаях по эталонному СИ устанавливают номинальные значения выходного сигнала датчика, а по другому эталонному СИ измеряют соответствующие значение входного давления.

Примечания:

1 При поверке датчиков с цифровым сигналом по интерфейсу RS485 к выходу датчика подключают преобразователь RS232/RS485 (например портативный «Адаптер 31811») для подключения к компьютеру.

При поверке датчиков с цифровым сигналом по другим интерфейсам, предусмотренным технической документацией на датчики, могут использоваться другие устройства для считывания информации и управления датчиками.

2 При определении основной погрешности датчика показания его цифрового индикатора не учитываются.

3 Поверка датчиков с несколькими выходными сигналами, соответствующими одной и той же входной измеряемой величине, производится по одному из этих сигналов (аналоговому или цифровому), если иное не предусмотрено технической документацией на поверяемый датчик.

5.3.2 Схемы включения датчиков для измерения выходного сигнала при проведении поверки (п. 5.3.1, способы 1 и 2) приведены в приложении. Эталонные СИ входной давления включают в схему поверки в соответствии с их руководством по эксплуатации.

5.3.3 Устанавливают следующие критерии достоверности поверки:

$Y_{\text{вaм}}$ - наибольшая вероятность, при которой любой дефектный экземпляр датчика может быть ошибочно признан годным;

$(\delta_{\text{м}})_{\text{вa}}$ — отношение возможного наибольшего модуля основной погрешности экземпляра датчика, который может быть ошибочно признан годным, к пределу допускаемой основной погрешности.

Допускаемые значения критериев достоверности поверки: $Y_{\text{вaм}}=0,20$ и $(\delta_{\text{м}})_{\text{вa max}}=1,25$.

5.3.4 Устанавливают следующие параметры поверки:

m — число поверяемых точек в диапазоне измерений, $m \geq 5$; в обоснованных случаях и при отсутствии эталонных СИ 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;

$\gamma_{\text{к}}$ - абсолютное значение отношения контрольного допуска к пределу допускаемой основной погрешности;

$\alpha_{\text{р}}$ - отношение предела допускаемой погрешности эталонных СИ, применяемых при поверке, к пределу допускаемой основной погрешности поверяемого датчика.

Значения γ_k и α_p выбирают по таблице 2 (п. 5.3.5) в соответствии с принятыми критериями достоверности поверки.

5.3.5 Выбор эталонных СИ для определения основной погрешности поверяемых датчиков осуществляют, исходя из технических возможностей и технико-экономических предпосылок с учетом критериев достоверности поверки (п. 5.3.3) и в соответствии с таблицей 2.

Примечание - Таблица 2 составлена в соответствии с критериями достоверности поверки по п. 5.3.3 и согласно МИ 187-86 «ГСИ. Критерии достоверности и параметры методик поверки» и МИ 188-86 «ГСП. Установление значений параметров методик поверки».

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
$\gamma_{\text{в.ам}}$	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05
$(\delta_m)_{\text{ва}}$	1,14	1,18	1,24	1,22	1,20

5.3.6 При выборе эталонных СИ для определения погрешности поверяемого датчика (в каждой поверяемой точке) соблюдают следующие условия:

а) - При поверке датчика с выходным аналоговым сигналом постоянного тока, значения которого контролируют непосредственно в мА:

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_i}{I_m - I_0} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (2)$$

или в %:

$$\gamma_p + \gamma_i \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (3)$$

где: Δ_p - предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего давление, кПа, МПа;

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

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

I_0, I_m - соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала датчика; для датчиков с выходным сигналом 4-20 мА: $I_0=4$ мА, $I_m=20$ мА; для датчиков с выходным сигналом 0-5 мА: $I_0=0$, $I_m=5$ мА.

γ - предел допускаемой основной погрешности поверяемого датчика, %

γ_p – предельная допускаемая основная погрешность эталонного СИ задающего давление на данном пределе измерения, %

γ_i – предельная допускаемая погрешность эталонного СИ контролирующего выходной сигнал датчика, %.

За нормирующее значение принимают: для датчиков давления-разрежения - сумму абсолютных значений верхних пределов измерений в области избыточного давления и в области разрежения; для остальных датчиков — верхний предел

измерений входной измеряемой величины, если иное не предусмотрено технической документацией на датчики.

Для датчиков с нижним предельным значением измеряемой величины, численно равным нулю, диапазон измерения численно равен верхнему пределу измерений. В этом случае основная погрешность датчика, выраженная в процентах от нормирующего значения, численно равна основной погрешности, выраженной в процентах от диапазона изменения выходного сигнала датчика с линейной функцией преобразования измеряемой величины.

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

$$\left(\frac{\Delta_P}{P_m} + \frac{\Delta_u}{U_m - U_0} + \frac{\Delta_R}{R_{эт}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_P \cdot \gamma \quad (4)$$

или в %:

$$\gamma_P + \gamma_U + \gamma_R \leq \alpha_P \cdot \gamma \quad (5)$$

где: 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;

$R_{эт}$ — значение эталонного сопротивления, Ом;

U_m, U_0 — соответственно верхнее и нижнее предельные значения напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении, определяемые по формулам:

$$U_m = I_m \cdot R_{эт} \quad \text{и} \quad U_0 = I_0 \cdot R_{эт} \quad (6)$$

γ_U — предельная допускаемая погрешность эталонного СИ, контролирующего выходной сигнал датчика постоянного напряжения, %

γ_R — предельная допускаемая погрешность эталонного сопротивления, %.

в) При поверке датчиков с выходным сигналом постоянного напряжения в мВ или В:

$$\left(\frac{\Delta_P}{P_m} + \frac{\Delta_u}{U_m - U_0} \right) \cdot 100 \leq \alpha_P \cdot \gamma \quad (7)$$

или в %:

$$\gamma_P + \gamma_U \leq \alpha_P \cdot \gamma \quad (8)$$

г) При поверке датчика с выходным цифровым сигналом:

$$\frac{\Delta_P}{P_m} \cdot 100 \leq \alpha_P \cdot \gamma \quad (9)$$

или

$$\gamma_P \leq \alpha_P \cdot \gamma \quad (10)$$

5.3.7 Расчетные значения выходного сигнала поверяемого датчика для заданного номинального значения входного давления определяют по следующим формулам:

а) - Для датчиков с линейно возрастающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока:

$$I_p = I_0 + \frac{I_m - I_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (11)$$

выходного сигнала постоянного напряжения:

$$U_p = U_0 + \frac{U_m - U_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (12)$$

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

P - номинальное значение входного давления; для датчиков давления-разрежения значение P в области разрежения подставляется в формулу 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 и в формулу подставляется со знаком минус;

U_p – расчетное значение выходного сигнала постоянного напряжения [мВ; В].

Для стандартных условий нижний предел измерений всех поверяемых датчиков избыточного давления, абсолютного давления, разрежения, разности давлений и датчиков давления-разрежения равен нулю.

б) - Для датчиков с линейно убывающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока:

$$I_p = I_m - \frac{I_m - I_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (13)$$

выходного сигнала постоянного напряжения:

$$U_p = U_0 - \frac{U_m - U_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (14)$$

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

$$I_p = I_0 + (I_m - I_0) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \quad (15)$$

Выходным сигналом постоянного напряжения:

$$U_p = U_0 + (U_m - U_0) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \quad (16)$$

где P — разность давлений (перепад давления) для датчиков разности давлений, предназначенных для измерения расхода рабочей среды;

P_m — верхний предел измерений или диапазон измерений поверяемого датчика разности давлений.

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

$$U_p = R_{эт} \cdot I_p \quad (18)$$

где U_p — расчетное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении;

д) - Для датчиков с выходным информационным сигналом в цифровом формате, не приведенным к единицам измеряемого давления:

- с линейно возрастающей функцией преобразования:

$$N_p = N_0 + \frac{N_m - N_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (19)$$

где N_p — расчетное значение выходного сигнала в цифровом формате;

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

- с линейно убывающей функцией преобразования:

$$N_p = N_m - \frac{N_m - N_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (20)$$

- с функцией преобразования по закону квадратного корня:

$$N_p = N_0 + (N_m - N_0) \sqrt{\frac{P - P_n}{P_m - P_n}} \quad (21)$$

5.3.8 Поверку датчиков с программным обеспечением выбора функции преобразования входного давления допускается проводить при программной установке линейно возрастающей зависимости выходного сигнала. После выполнения поверки датчик может быть перепрограммирован в соответствии с требуемой функцией преобразования входного давления.

Перед определением основной погрешности соблюдают требования п. 4.3 и, при необходимости, корректируют значения выходного сигнала, соответствующие нижнему и верхнему предельным значениям измеряемого давления. Эту корректировку выполняют после подачи и сброса давления, значения которого устанавливают:

- для датчиков давления-разрежения — в пределах 50-100% от верхнего предела измерений в области избыточного давления;

- для датчиков абсолютного давления с верхним пределом измерений до 2,5 МПа включительно — в пределах от атмосферного давления до 80- 100% верхнего предела измерений;

- для остальных датчиков — в пределах 80-100% верхнего предела измерений.

При периодической поверке и в случае ее совмещения с операцией проверки герметичности датчика корректировку значений выходного сигнала выполняют после выдержки датчика при давлении (разрежении) в соответствии с условиями п. 4.3.1, п. 4.3.2.

Установку выходного сигнала выполняют с максимальной точностью, обеспечиваемой устройством корректора датчика и разрешающей способностью эталонных СИ. Погрешность установки «нуля» (без учета погрешности эталонных

СИ) не должна превышать 0,2-0,3 предела допускаемой основной погрешности поверяемого датчика.

Значение выходного сигнала, соответствующее нижнему предельному значению измеряемого давления, рассчитывают полагая $P=P_n$ для датчиков давления-разрежения, для остальных датчиков полагая $P=0$.

5.3.9 Основную погрешность определяют при m значениях измеряемого давления (п. 5.3.4), равномерно распределенных в диапазоне измерений, в том числе при значениях измеряемого давления, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям.

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 как при подаче (увеличении) давления (прямой ход), так и при сбросе (уменьшении) давления (обратный ход).

Перед определением погрешности при обратном ходе датчик выдерживают в течение 1 минуты при верхнем предельном значении измеряемого давления. Датчики давления-разрежения допускается выдерживать только при верхнем пределе измерений в области избыточного давления.

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 $\gamma_d \leq \gamma_k \cdot \gamma$.

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_a , если $P_a \leq 100$ кПа.

При поверке датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа и выше основную погрешность определяют по методике, изложенной в п. 5.3.10 с соблюдением условий, изложенных в п.п. 5.3.8, 5.3.9. По методике п. 5.3.10 допускается определять основную погрешность датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений ниже 0,25 МПа, но не менее 0,1 МПа.

5.3.10 Определение основной погрешности датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа (допускается 0,1 МПа) и выше проводят с использованием эталонных СИ разрежения и избыточного давления (например «Воздух-0,4В»; «Воздух-2,5»; МП—60).

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 формулам:

- для датчиков с токовым выходным сигналом:

$$I_p = I_0 + (I_m - I_0) \frac{P_a + P_{(\pm)}}{P_{m(a)}} \quad (22)$$

- для датчиков с выходным сигналом постоянного напряжения:

$$U_p = U_0 + (U_m - U_0) \frac{P_a + P_{(\pm)}}{P_{m(a)}} \quad (23)$$

- для датчиков с выходным сигналом в цифровом формате, не приведенном к единицам измеряемого давления:

$$N_p = N_0 + (N_m - N_0) \frac{P_a + P_{(\pm)}}{P_{m(a)}} \quad (24)$$

где: P_a - атмосферное давление в помещении, где проводят поверку, кПа; МПа;

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

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

$P_{(-)}$ - разрежение, создаваемое в датчике, кПа; МПа, подставляют в формулы со знаком минус.

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

$$P_{(-)} = (0,90 \dots 0,95) \cdot P_a \quad (25)$$

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

- для датчиков с выходным сигналом постоянного тока:

$$I_p = I_0 + (I_m - I_0) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \quad (26)$$

- для датчиков с выходным сигналом постоянного напряжения:

$$U_p = U_0 + (U_m - U_0) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \quad (27)$$

- для датчиков с выходным сигналом в цифровом формате, не приведенном к единицам измеряемого давления:

$$N_p = N_0 + (N_m - N_0) \frac{P_a}{P_{m(a)}} \quad (28)$$

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

$$P_{m(+)} = P_{m(a)} - P_a \quad (29)$$

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

$$\Delta_a \leq \alpha_p \cdot \gamma \frac{P_{m(a)}}{100} \quad (30)$$

где Δ_a — абсолютная погрешность, кПа; МПа;

В зависимости от верхних пределов измерений поверяемых датчиков их основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины в соответствии с таблицей 3 и с учетом требований п. 5.3.9.

Перед поверкой корректором «нуля» датчика устанавливают выходной сигнал на расчетное значение, соответствующее разрежению $P_{(-)}$ указанному в пределах (25) или выставляют начальный выходной сигнал, подавая на вход датчика вакуум не более 20Па. Расчетное значение выходного сигнала определяют по формулам (22-24). Допускается устанавливать выходной сигнал на расчетное значение, определяемое по формулам (26-28) при атмосферном давлении.

Таблица 3

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

5.3.11 Основную погрешность γ в % нормирующего значения (п. 5.3.6) вычисляют по приведенным ниже формулам

При поверке датчиков по способу 1 (п. 5.3.1):

$$\gamma_d = \frac{I - I_p}{I_m - I_0} \cdot 100 \quad (31)$$

$$\gamma_d = \frac{U - U_p}{U_m - U_0} \cdot 100 \quad (32)$$

$$\gamma_d = \frac{N - N_p}{N_m - N_0} \cdot 100 \quad (33)$$

где I , мА - значение выходного сигнала постоянного тока, полученное экспериментально;

U , мВ или В - значение падения напряжения на эталонном сопротивлении или значение выходного сигнала датчика, полученное экспериментально;

N - значение выходного сигнала датчика в цифровом формате, полученное экспериментально.

При поверке датчиков по способу 2 (п. 5.3.1):

$$\gamma_d = \frac{P - P_{ном}}{P_m} \cdot 100 \quad (34)$$

где P - значение входного давления, полученное экспериментально, кПа, МПа;

$P_{ном}$ - номинальное значение измеряемого давления, кПа, МПа;

P_m - сумма абсолютных значений верхних пределов измерений датчиков давления-разрежения ($P_m = P_{m(+)} + P_{m(-)}$), для остальных датчиков - верхний предел измерений, кПа, МПа.

Вычисления γ_d выполняют с точностью до второго знака после запятой.

5.4 Определение вариации.

5.4.1 Вариацию выходного сигнала определяют как разность между значениями выходного сигнала датчика, соответствующему одному и тому же значению

измеряемого давления, полученными при измерениях на прямом и обратном ходе, при определении основной погрешности. (п. 5.3).

5.4.2 Вариацию выходного сигнала γ_{Γ} в % нормирующего значения (п. 5.3.6) вычисляют по приведенным ниже формулам.

При поверке датчиков по способу 1 (п. 5.3.1):

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{|I_{\text{пр}} - I_{\text{обр}}|}{I_{\text{м}} - I_0} \cdot 100 \quad (35)$$

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{|U_{\text{пр}} - U_{\text{обр}}|}{U_{\text{м}} - U_0} \cdot 100 \quad (36)$$

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{|N_{\text{пр}} - N_{\text{обр}}|}{N_{\text{м}} - N_0} \cdot 100 \quad (37)$$

где $I_{\text{пр}}$, $I_{\text{обр}}$ - значения выходного сигнала постоянного тока, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении давления при прямом и обратном ходе соответственно, мА;

$U_{\text{пр}}$, $U_{\text{обр}}$ - значения падения напряжения на эталонном сопротивлении или значение выходного сигнала датчика, полученные экспериментально при измерениях выходного сигнала и при одном и том же номинальном значении давления при прямом и обратном ходе соответственно, мВ, В;

$N_{\text{пр}}$, $N_{\text{обр}}$ - значения выходного сигнала датчика в цифровом формате, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении давления при прямом и обратном ходе соответственно.

При поверке датчиков по способу 2 (п. 5.3.1):

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{|P_{\text{пр}} - P_{\text{обр}}|}{P_{\text{м}}} \cdot 100 \quad (38)$$

где: $P_{\text{пр}}$, $P_{\text{обр}}$ - значения входного давления, полученные экспериментально при прямом и обратном ходе и при одном и том же значении выходного сигнала, кПа, МПа;

5.5 Результаты поверки датчиков.

5.5.1 Датчик признают годным при первичной поверке, если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности $|\gamma_{\text{д}}| \leq \gamma_{\text{к}} \cdot |\gamma|$, а значение вариации γ_{Γ} в каждой точке измерений не превышает предела ее допускаемого значения.

5.5.2 Датчик признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_{\text{д}}| > \gamma_{\text{к}} \cdot |\gamma|$, или значение вариации γ_{Γ} превышает предел ее допускаемого значения.

5.5.3 Датчик признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках при первом или втором цикле поверки выполняются условия, изложенные в п. 5.5.1.

5.5.4 Датчик признают негодным при периодической поверке:

- если при первом цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_d| > (\delta_m)_{\text{ва max}} \cdot |\gamma|$ или значение вариации γ_r превышает предел ее допускаемого значения;

- если при втором цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_d| > \gamma_k \cdot |\gamma|$, или значение вариации γ_r превышает предел ее допускаемого значения.

Обозначения: $(\delta_m)_{\text{ва max}}$ – по п. 5.3.2; γ_k – по п. 5.3.4; γ – по п. 5.3.6.

5.5.5 Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности γ_d и вариации γ_r контролировать их соответствие предельно допускаемым значениям.

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

6 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 Положительные результаты поверки оформляют записью в паспорте датчика и удостоверяют подписью поверителя и оттиском поверительного клейма.

6.2 На датчики, не удовлетворяющие требованиям настоящей рекомендации, выдают извещение о непригодности с указанием причин. Поверительное клеймо гасят. Датчики к дальнейшей эксплуатации не допускают.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Схемы включения датчиков при поверке.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. Настоящая рекомендация разработана ООО «Пьезоэлектрик» и Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологической службы (ВНИИМС) Госстандарта России.

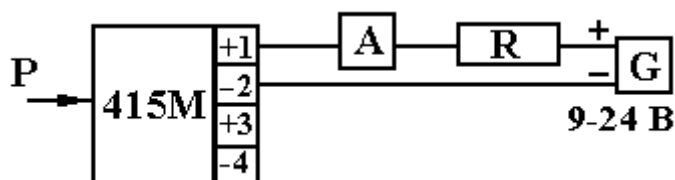
Исполнители: О.В.Шатуновский и А.И.Гончаров.

2. Утверждена ВНИИМС 15.09 2014.

Приложение к МИ 4212-415М-2014
(обязательное)

Схемы включения датчиков при поверке

Схема 1 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 4-20 мА при измерении выходного сигнала непосредственно миллиамперметром.



P - входная измеряемое (примеры подключения к датчику эталонных СИ входного давления и эталонных задатчиков давления приведены на схемах 8 и 9 соответственно);

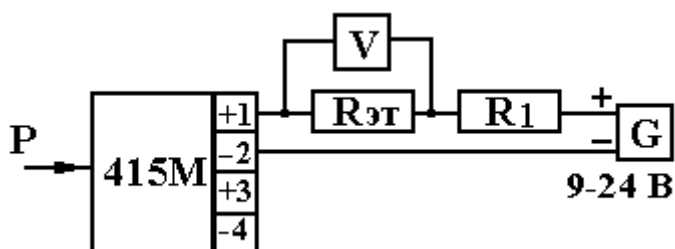
415M - поверяемый датчик;

G - источник питания постоянного тока (например, один из указанных в п. 2.1, таблице 1, если иное не указано в технической документации);

A - цифровой миллиамперметр или универсальный вольтмиллиамперметр;

R - нагрузочное сопротивление, например, резистор МЛТ или магазин сопротивлений, указанный в таблице 1 (п. 2.1); значение сопротивления - в соответствии с условиями поверки (п. 4.1).

Схема 2 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 4-20 мА при измерении выходного сигнала по падению напряжения на эталонном сопротивлении.



V - цифровой вольтметр, указанный в табл. 1;

R₁ - нагрузочное сопротивление — указанный в таблице 1 магазин сопротивлений. При установке значения нагрузочного сопротивления необходимо учитывать эталонное сопротивление т.к. $R_{эт} + R_1 = R$, где значение R сопротивления нагрузки при поверке указано в п. 4.1.

R_{эт} - эталонное сопротивление, например, образцовая катушка сопротивления, указанная в таблице 1.

Схема 3 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 0-5 мА при измерении выходного сигнала непосредственно миллиамперметром.

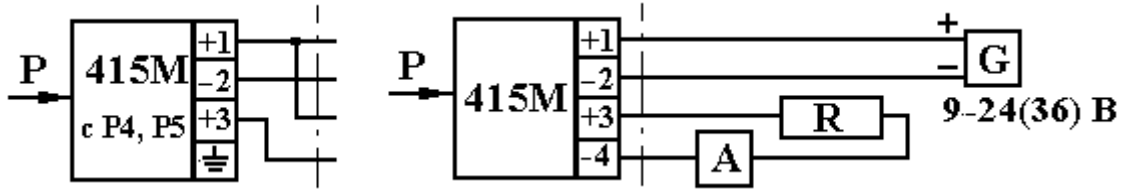


Схема 4 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 0-5 мА при измерении выходного сигнала по падению напряжения на эталонном сопротивлении.

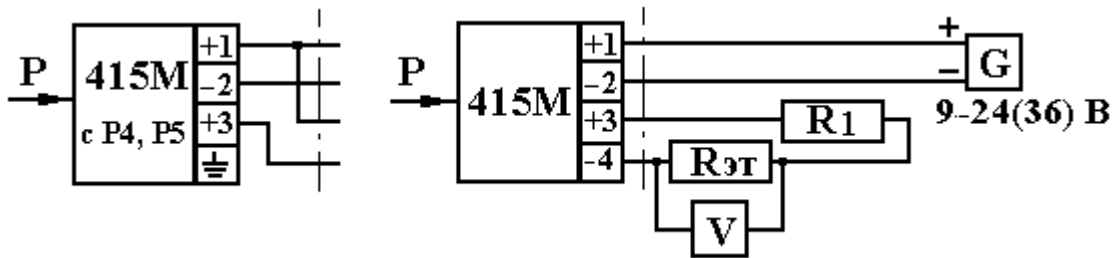


Схема 5 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом напряжения постоянного тока при измерении выходного сигнала непосредственно вольтметром.

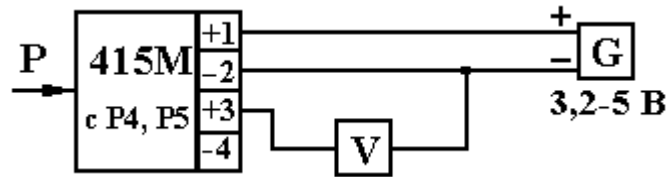


Схема 6 - включение датчика с цифровым выходным сигналом на базе интерфейса RS485 при считывании информации по цифровому каналу с помощью преобразователя RS232/RS485 для связи с персональным компьютером.



ПК - персональный компьютер;

Схема 7 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 0-5 мА и цифровым выходным сигналом на базе интерфейса RS485 при считывании информации по аналоговому выходному сигналу и по цифровому каналу.

Пример 1



Пример 2

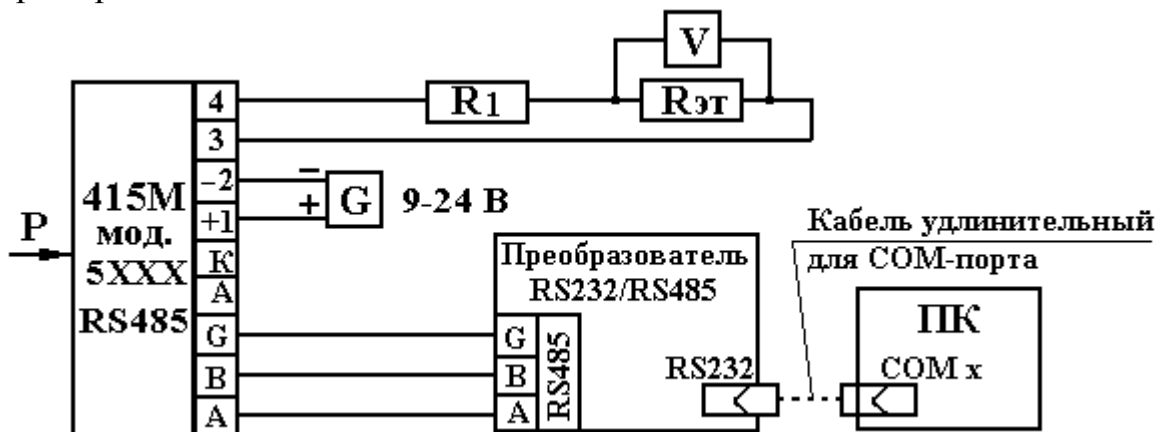
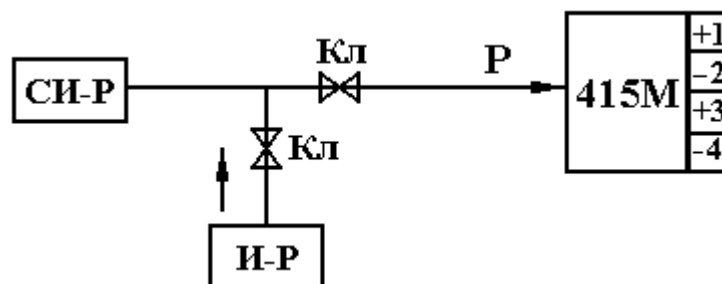


Схема 8 - подключение к поверяемому датчику эталонных СИ давления или разрежения.



Д415 - поверяемый датчик;

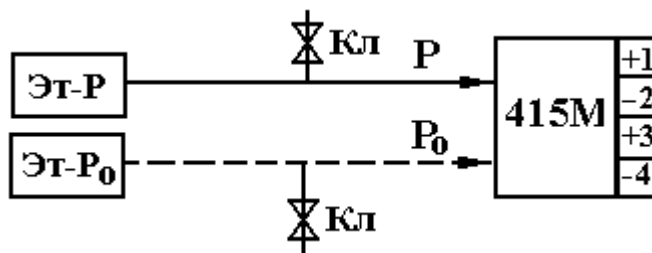
СИ-Р - эталонное СИ для измерения давления или разрежения, например, указанное в таблице 1;

И-Р - источник давления или разрежения;

Кл - клапаны запорные;

Р - давление или разрежение на входе датчика.

Схема 9 - подключение к поверяемому датчику эталонных задатчиков давления, разрежения или разности давлений.



Эт-Р - эталонный задатчик входной величины **P**, например, указанный в таблице 1;

Эт-Р₀ - эталонный задатчик опорного давления **P₀** или блок опорного давления основного задатчика **Эт-Р**;