



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 $\pm 20$ Па
Вакуумметр АРГ-М-NW16AL	Пределы измерений давления 0,1 - $1 \times 10^3$ 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  $\gamma_k$  и  $\alpha_p$  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

$\alpha_p$	0,2	0,25	0,33	0,4	0,5
$\gamma_k$	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:  $\Delta_p$  - предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего давление, кПа, МПа;

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

$\Delta_i$  - 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.

$\gamma$  - предел допускаемой основной погрешности поверяемого датчика, %

$\gamma_p$  – предельная допускаемая основная погрешность эталонного СИ задающего давление на данном пределе измерения, %

$\gamma_i$  – 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:  $\Delta_u$  — предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного СИ, контролирующего выходной сигнал датчика по падению напряжения на эталонном сопротивлении, мВ или В;

$\Delta_R$  — 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:

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

$\gamma_U$  — предельная допускаемая погрешность эталонного СИ, контролирующего выходной сигнал датчика постоянного напряжения, %

$\gamma_R$  — 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  $\Delta_a$  — 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  $\gamma$  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  $\gamma_d$  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  $\gamma_{\Gamma}$  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  $\gamma_{\Gamma}$  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  $\gamma_{\Gamma}$  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  $\gamma_r$  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  $\gamma_r$  превышает предел ее допускаемого значения.

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

**5.5.5** Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности  $\gamma_d$  и вариации  $\gamma_r$  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.

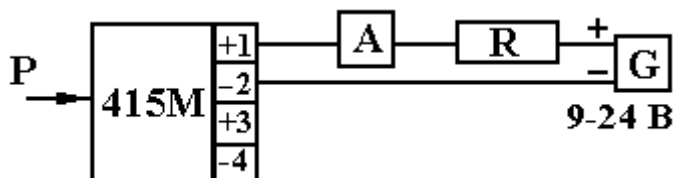
Исполнители: О.В.Шатуновский и А.И.Гончаров.

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);

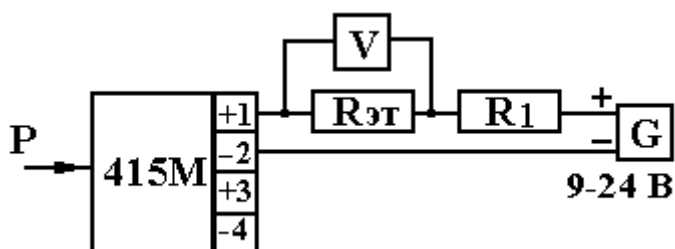
**415M** - поверяемый датчик;

**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;

**R<sub>1</sub>** - 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<sub>эт</sub>** – 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.

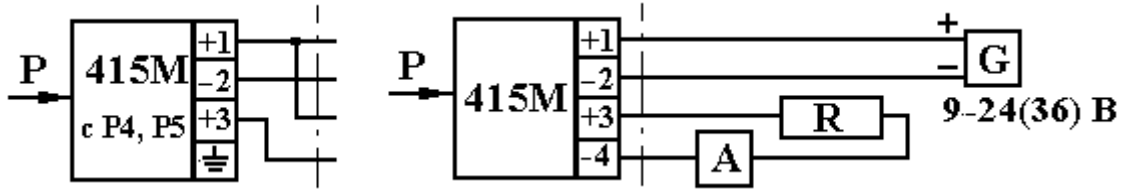


Схема 4 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 0-5 мА при измерении выходного сигнала по падению напряжения на эталонном сопротивлении.

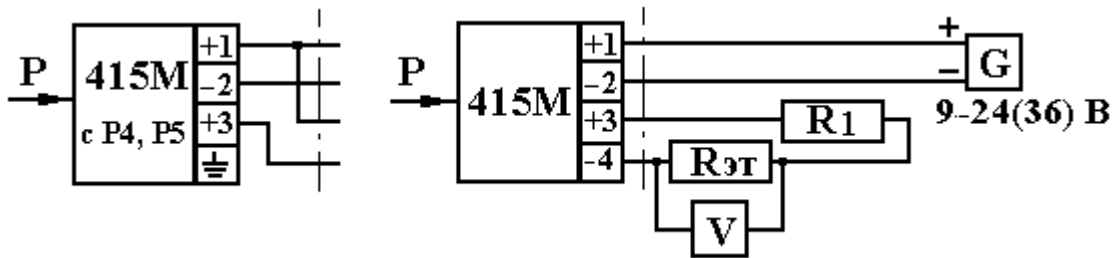


Схема 5 - включение датчика с аналоговым выходным сигналом напряжения постоянного тока при измерении выходного сигнала непосредственно вольтметром.

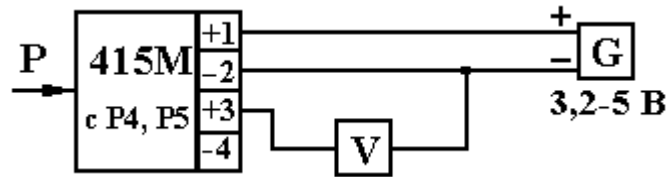


Схема 6 - включение датчика с цифровым выходным сигналом на базе интерфейса RS485 при считывании информации по цифровому каналу с помощью преобразователя RS232/RS485 для связи с персональным компьютером.



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

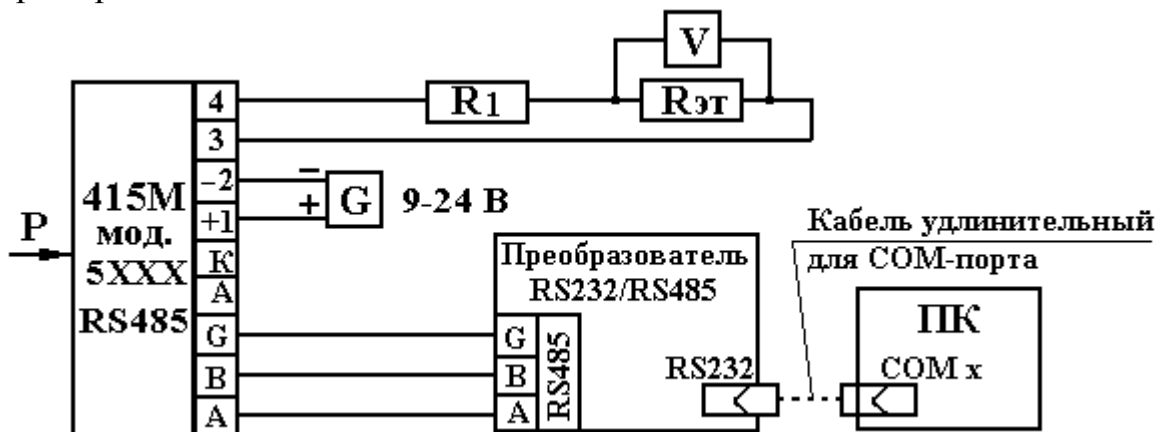
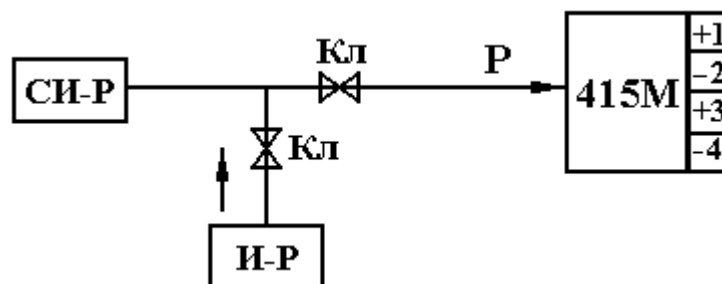


Схема 8 - подключение к поверяемому датчику эталонных СИ давления или разрежения.



Д415 - поверяемый датчик;

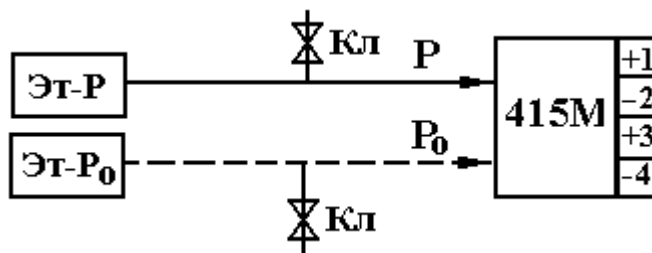
СИ-Р - эталонное СИ для измерения давления или разрежения, например, указанное в таблице 1;

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-Р<sub>0</sub>** - эталонный задатчик опорного давления **P<sub>0</sub>** или блок опорного давления основного задатчика **Эт-Р**;