



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по научной работе
ФГУП «ВНИИМС»


В. Н. Яншин

 14.08.2015 г.

МП 62291-15

Датчики давления емкостные APZ, ALZ, AMZ, ASZ

Методика поверки

Настоящая рекомендация распространяется на датчики давления емкостные APZ, ALZ, AMZ, ASZ, производства ООО «Пьезус», г. Москва.

Датчики давления емкостные APZ, ALZ, AMZ, ASZ (далее – датчики) предназначены для непрерывного преобразования значения измеряемого параметра – избыточного, абсолютного давления, разности давлений нейтральных и агрессивных газообразных и жидких сред в унифицированный аналоговый выходной сигнал постоянного тока, напряжения и/или в цифровой HART, Modbus RTU.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены следующие операции:

Внешний осмотр - п. 5.1.

Опробование - п. 5.2.

Определение основной погрешности датчика давления - п. 5.4.

Определение вариации выходной величины датчика давления - п.5.5.

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки применяют средства, указанные в табл.2.

Таблица 2

Наименование средства поверки и обозначения НТД	Основные метрологические и технические характеристики средства поверки
Манометр абсолютного давления МПА-15	Пределы абсолютной допускаемой основной погрешности: ±6,65 Па в диапазоне от 0 до 20 кПа; ±3,3 Па в диапазоне от 20 до 133 кПа; Пределы относительной допускаемой основной погрешности: ± 0,01% от действительного значения измеряемого давления в диапазоне от 133 до 400 кПа;
Манометр грузопоршневой МП-2,5 I и II-го разрядов по ГОСТ 8291-83	Пределы относительной допускаемой основной погрешности: ± 0,02%; ± 0,05% в диапазоне измерений от 25 кПа до 0,25 МПа;
Мановакуумметр грузопоршневой МВП-2,5 по ГОСТ 8291-83	Пределы измерений избыточного давления от 0 до 0,25 МПа; вакуумметрического давления от 0 до 0,1 МПа; предел допускаемой основной погрешности: ± 5 Па при избыточном или отрицательном избыточном давлении от 0 до 0,001 МПа; ± 0,05% при давлении свыше 0,01 МПа.
Манометр грузопоршневой МП-6 I и II-го разрядов по ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: (± 0,02; ± 0,05) % в диапазоне измерений от 0,06 до 0,6 МПа;
Манометр грузопоршневой МП-60 I и II-го разрядов по ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: (±0,02; ±0,05)% в диапазоне измерений от 0,6 до 6 МПа;
Манометр грузопоршневой МП-600 I и II-го разрядов по ГОСТ 8291-83	Пределы допускаемой основной погрешности: (±0,02; ±0,05)% в диапазоне измерений от 6 до 60 МПа;
Манометр грузопоршневой дифференциального давления МПД-100 I и II разрядов	Пределы допускаемой основной погрешности: (±0,02; ±0,05)% в диапазоне измерений от 1 до 100 кПа;

Манометр грузопоршневой МП-2500 I и II разрядов	Пределы допускаемой основной погрешности: ($\pm 0,02$; $\pm 0,05$)% в диапазоне измерений от 25 до 250 МПа;
Комплекс для измерения давления цифровой ИПДЦ	Предел допускаемой основной погрешности ($\pm 0,05$; $\pm 0,06$)% в диапазоне измерений от 1 кПа до 16 МПа;
Автоматизированный датчик избыточного давления «Воздух-1600»	Верхние пределы измерений от 0,02 до 16 кПа; Предел допускаемой основной погрешности: ($\pm 0,02$; $\pm 0,05$)% от действительного значения задаваемого давления
Автоматизированный датчик избыточного давления «Воздух-1,6»	Верхние пределы измерений от 1 до 160 кПа пределы допускаемой основной относительной погрешности: ($\pm 0,02$; $\pm 0,05$)% от действительного значения задаваемого давления;
Автоматизированный датчик избыточного давления «Воздух-2,5»	Верхние пределы измерений от 25 до 250 кПа, пределы допускаемой основной относительной погрешности ($\pm 0,02$; $\pm 0,05$)% от действительного значения задаваемого давления;
Автоматизированный датчик избыточного давления «Воздух-6,3»	Верхние пределы измерений от 63 до 630 кПа, пределы допускаемой основной относительной погрешности: ($\pm 0,02$; $\pm 0,05$)% от действительного значения задаваемого давления;
Барометр М 67	Пределы измерений: от 610 до 900 мм.рт.ст. Погрешность измерений $\pm 0,8$ мм.рт.ст.
Вакуумметр теплоэлектрический ВТБ-1	Пределы измерений: от 0,002 до 750 мм.рт.ст;
Образцовая катушка сопротивления Р 331	Класс точности 0,01. Сопротивление 100 Ом;
Магазин сопротивлений Р 33, ГОСТ 23737-79	Класс точности 0,2. Сопротивление до 99 999,9 Ом;
Магазин сопротивлений Р 4831	Класс точности $0,02/2 \cdot 10^{-6}$ Сопротивление до 111 111,1 Ом;
Цифровой вольтметр Щ 1516	Класс точности 0,015. Верхний предел измерений 5 В;
Потенциометр постоянного тока Р 363-1	Класс точности 0,001. Верхний предел измерений 2,121111 В;
Вольтметр универсальный Щ31	Пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,01$ % при измерении тока от 0 до 10 мА;
Вольтметр универсальный В7-78	Класс точности 0,01. Верхний предел измерений 10 В;
Миллиамперметр постоянного тока по ГОСТ 8711-78. Блок питания 22БП-36	Классы точности 0,1 и 0,2. Верхний предел измерений 30 мА. Напряжение постоянного тока ($36 \pm 0,72$)В;
Источник постоянного тока Б5-8	Наибольшее значение напряжения 50В. Допускаемые отклонения: $\pm 0,5$ % от установленного значения;
Термометр ртутный стеклянный лабораторный по ГОСТ 215-73	Предел измерений от 0 до 55 °С. Цена деления шкалы: 0,1 °С. Предел допускаемой погрешности $\pm 0,2$ °С;
Манометр МТИ и вакуумметр ВТИ для точных измерений	Классы точности 0,6 и 1. Пределы измерений от (от 0 до 0,1) до (от 0 до 160) МПа;

Разделительный сосуд: стальной баллон малой и средней ёмкости по ГОСТ 949-73 с газообразным техническим азотом по ГОСТ 9293-74	
Газовый баллонный редуктор по ГОСТ 6268-78	
Запорные игольчатые вентили по ГОСТ 23230-78	
Фланец: присоединительные размеры по ГОСТ 12815-80	

2.2. Эталоны, применяемые при поверке (далее – эталонные СИ), должны быть поверены или аттестованы и иметь действующие свидетельства о поверке или аттестации. Вспомогательные средства измерений должны иметь действующее свидетельство о поверке или клеймо, удостоверяющее её проведение.

2.3. Допускается применять средства поверки, не предусмотренные перечнем, приведенным в табл.1, при условии обеспечения ими условий и проведения поверки в соответствии с разделами 4 и 5.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены общие требования безопасности по работе с датчиками давления (см. например ГОСТ 22520-85), а также требования по безопасности, изложенные в эксплуатационных документах поверяемого и эталонных СИ.

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

1. Температура окружающего воздуха, °С: 23±2.
2. Относительная влажность окружающего воздуха, от 30 до 80
3. Давление в помещении, где проводят поверку,

(далее - атмосферное давление), кПа: от 84 до 106,7

Рабочая среда для датчиков давления с верхними пределами до 2,5 МПа включительно - воздух или нейтральный газ, более 2,5 МПа - жидкость; допускается использовать жидкость при поверке датчиков давления с верхними пределами измерений от 0,4 до 2,5 МПа при условии обеспечения тщательного заполнения системы жидкостью.

Допускается использовать воздух или нейтральный газ при поверке датчиков давления с верхними пределами измерений более 0,25 МПа при условии обеспечения соответствующих правил безопасности.

4.2. Колебания давления окружающего воздуха, влияющие на работу датчика давления и соединённого с ним эталонного СИ, должны отсутствовать. Импульсную линию, через которую подают измеряемое давление, допускается соединять с дополнительными емкостями, вместимость каждой из которых должна находиться в пределах от 1 до 50 литров. Влияние колебаний давления окружающего воздуха может быть так же снижено при использовании образцовых задатчиков с опорным давлением.

При поверке датчиков разности давлений значение измеряемого параметра устанавливают при сообщении минусовой камеры с атмосферой и подают соответствующее избыточное давление в плюсовую камеру датчика разности давлений. При поверке датчиков давления этих видов на малые пределы измерений в случаях, когда это позволяют конструкции поверяемого датчика давления и эталона, влияние изменений давления окружающего воздуха может быть существенно уменьшено, если камеры поверяемого датчика давления и эталона, соединяющиеся с атмосферой, соединить между собой. При использовании в качестве эталонов задатчиков с опорным давлением следует подавать в минусовую камеру опорное давление.

4.3 Вибрация, тряска, удары, наклоны и магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу датчика давления, должны отсутствовать.

4.4. Напряжение питания постоянного тока должно соответствовать НТД на поверяемые датчики. Рекомендуется выбирать среднее значение допускаемого диапазона напряжения питания, соответствующее сопротивлению нагрузки по п.7. Пульсация напряжения не должна превышать $\pm 0,5\%$ значения напряжения питания.

4.5. Сопротивление нагрузки (500 ± 50) Ом;

4.6. Рабочая среда для датчиков давления с верхними пределами до 2,5 МПа включительно – воздух или нейтральный газ, более 2,5 МПа – жидкость; допускается использовать жидкость при поверке датчиков с верхними пределами измерений от 0,4 до 2,5 МПа при условии обеспечения тщательного заполнения системы жидкостью.

4.7. Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- датчики давления и эталонные приборы включаются в соответствии с соответствующей технической документацией.

- датчики давления должны быть выдержаны при температуре, указанной в п. 4.1, не менее 3 часов, если время выдержки не указано в техническом описании и инструкции по эксплуатации;

- выдержка датчика давления перед началом испытаний после включения питания должна быть не менее 0,5 часа;

- датчики давления должны быть установлены в рабочее положение с соблюдением указаний технической документации (с применением специальных переходных устройств);

- система, состоящая из соединительных линий, эталонных СИ и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемого параметра должна быть проверена на герметичность в соответствии с пп. 4.8.1 - 4.8.4.

4.8. Проверка герметичности

4.8.1. Проверка герметичности системы для поверки датчиков давления, разрежения с верхними пределами измерений менее 100 кПа, абсолютного давления с верхними пределами измерения более 0,25 МПа проводится при значениях давления или разрежения, равных верхнему пределу измерений поверяемого датчика давления-разрежения проводят при давлении, равном верхнему пределу измерений избыточного давления.

Примечание. Проверку герметичности системы для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений менее 0,25 МПа проводят по методике и при давлении, по п. 4.8.3.

4.8.2. При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков, указанных в п. 4.8.1, на место поверяемого датчика давления устанавливают датчик, герметичность которого проверена, или любое другое средство измерений, имеющее погрешность (приведенную к значениям давления, указанным в п. 4.8.1) не более 2,5% и позволяющее заметить изменение давления 0,5% заданного значения давления.

Создают давление, указанное в п. 4.8.1, и отключают источник давления. Если в качестве образцового СИ применяют грузопоршневой манометр, его колонку и пресс также отключают.

Систему считают герметичной, если после трехминутной выдержки под давлением, равным верхнему пределу измерений, в течение последующих 2 мин. в ней не наблюдают падение давления (разрежения).

Допускается изменение давления (разрежения), обусловленное изменением температуры окружающего воздуха и изменением температуры измеряемой среды.

4.8.3. Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа и менее, осуществляют следующим образом.

В системе с вакууметром для измерений малых абсолютных давлений создают давление не более 0,07 кПа. Предварительно на место подключаемого датчика давления устанавливают средство измерений, отвечающее тем же требованиям, что и при поверке по п. 4.8.2.

Поддерживают указанное давление в течение 2-3 мин. Отключают устройство, создающее абсолютное давление, и, при необходимости, образцовое СИ (колонки грузопоршневого манометра). После выдержки системы в течение 3 мин. Изменение давления не должно превышать 0,5% верхнего предела измерений поверяемого датчика давления.

4.8.4. Если система предназначена для поверки датчиков с разными значениями верхних пределов измерений, проверку герметичности рекомендуют проводить при давлении (разрежении), соответствующем наибольшему из этих значений.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.

5.1. Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие датчиков давления следующим требованиям:

- датчик должен иметь паспорт или документ, его заменяющий; при периодической поверке допускается вместо паспорта представлять документ с указанием предела измерений, предельных значений выходного сигнала, требуемого предела допускаемой основной погрешности и номера, присвоенного предприятием-изготовителем. Справка должна быть подписана метрологической службой предприятия, эксплуатирующего датчик давления;

- на датчике давления должна быть табличка с маркировкой, соответствующей паспорту или документу, его заменяющему;

- должна быть обеспечена возможность снятия крышки, закрывающей клеммы контроля и колодку внешних соединений;

- должна быть обеспечена возможность регулировки нуля (по всем цифровым выходным устройствам);

- резьбы на присоединительных элементах (переходных устройствах) не должны иметь сорванных ниток.

5.2. Опробование.

5.2.1. При опробовании проверяют работоспособность датчика давления, функционирование корректора нуля (по всем выходным устройствам), герметичность датчика давления.

5.2.2. Работоспособность датчика давления проверяют, изменяя измеряемое давление от нижнего предельного значения до верхнего. При этом должно наблюдаться изменение выходной величины на всех выходных устройствах.

Для датчиков давления-разрежения работоспособность проверяют только при избыточном давлении, для датчиков разрежения с верхним пределом измерений 100 кПа - при изменении разрежения до значения, равного не менее чем 0,9 атмосферного давления.

5.2.3. Функционирование корректора нуля проверяют, задав одно (любое) значение измеряемого давления. Воздействуя на корректор нуля, проверяют наличие изменения выходной величины на всех выходных устройствах. Возвращая корректор нуля в прежнее положение (если это допускает конструкция датчика) проверяют наличие изменения выходного сигнала в противоположную сторону на всех выходных устройствах.

ПРИМЕЧАНИЕ: Некоторые приборы, имеющие коммуникации типа HART, не допускают механического воздействия на корректор нуля. Проверка корректора нуля для таких приборов осуществляется с ручного пульта управления или с компьютера.

5.2.4. Проверку герметичности датчика давления рекомендуется совмещать с операцией определения основной погрешности (п.5.3.8).

Методика проверки герметичности датчика давления аналогична методике проверки герметичности системы (пп. 4.2.1-4.2.4) со следующими особенностями:

1. Изменение давления или разрежения определяют по изменению выходного сигнала или показаний поверяемого датчика давления, включенного в систему (п.4.2.2).

2. В случае обнаружения негерметичности системы с поверяемым датчиком давления следует проверить отдельно систему и датчик;

5.3. Проверка идентификационных данных ПО

5.3.1. В качестве идентификатора ПО принимается версия (идентификационный номер) программного обеспечения. Методика заключается в проверке номера ПО датчика по HART-протоколу.

5.3.2. Датчики считаются прошедшими поверку с положительным результатом, если идентификатор ПО соответствует значению, указанному выше.

5.3.3. Если данные требования не выполняются, то датчик считается непригодным к применению, к эксплуатации не допускается, выписывается свидетельство о непригодности, дальнейшие пункты методики не выполняются.

5.4. Определение основной погрешности.

5.4.1. Основную погрешность определяют, устанавливая по эталонному прибору на входе датчика давления измеряемое давление, равное номинальному. По эталонному милламперметру (или вольтметру) измеряют значения соответствующего выходного сигнала: тока от 4 до 20 мА (или напряжения для всех моделей с выходным сигналом в виде напряжения);

5.4.2. Схема включения датчиков для измерения выходного сигнала при проведении поверки приведена в приложении 2.

Подключение эталонов осуществляют в соответствии с эксплуатационной документацией на эти приборы.

5.4.3. Перед определением основной погрешности должны быть соблюдены требования п.4. и, в случае необходимости, откорректировано значение выходного сигнала, соответствующее нижнему предельному значению измеряемого параметра.

5.4.4. Основную погрешность определяют при пяти значениях измеряемой величины, достаточно равномерно распределённых 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.

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

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

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

При периодической поверке основную погрешность определяют в два цикла: до корректировки диапазона изменения выходного сигнала (калибровки) и после корректировки диапазона. Допускается второй цикл не проводить, если экспериментально определённая в первом цикле основная погрешность не превышает допустимого предела.

При поверке датчиков разности давлений камера низкого давления соединяется с атмосферой, а эталонное давление подаётся в камеру высокого давления.

При поверке датчиков давления с верхним пределом измерений разрежения 0,1 МПа, в случае, если атмосферное давление равно или мене 0,1 МПа, максимальное разрежение допускается устанавливать равным 0,90-0,95 P_6 , где P_6 – атмосферное давление.

5.4.5. Допускается определение основной погрешности датчиков абсолютного давления с верхними пределами измерений от 0,25 до 2,5 МПа с использованием эталонных СИ разрежения и давления (например, МВП -2,5; МП-6 и МП-60).

В этом случае датчик поверяют на точка: при разрежении в пределах 0,90-0,95 P_6 при значениях избыточного давления $P_{изб. max}$, определяемом по формуле (1), и при трёх промежуточных значениях давления.

$$P_{изб. max} = P_{абс. max} - A, \quad (1)$$

где $P_{изб. max}$ – верхний предел измерений абсолютного давления, МПа;
 $A = 0,1$ МПа.

Перед поверкой корректором нуля устанавливают выходной сигнал на расчётное значение, соответствующее разрежению в пределах 0,90-0,95 P_6 . Расчётное значение выходного сигнала при этом пропорционально изменяется.

5.4.6. Определение основной погрешности датчика абсолютного давления с верхними пределами измерений свыше 2,5 МПа следует проводить с использованием образцовых СИ избыточного давления и барометра.

5.4.7. Основную погрешность γ_d в % нормирующего значения вычисляют по формулам:

$$\gamma_d = \frac{I - I_p}{I_{max} - I_0} \cdot 100; \quad (2)$$

$$\gamma_d = \frac{U - U_p}{U_{max} - U_0} \cdot 100; \quad (3)$$

$$\gamma_d = \frac{P - P_p}{P_{max} - P_0} \cdot 100, \quad (4)$$

где:

I – экспериментально полученное значение выходного сигнала на выходе датчика при измерении тока, мА.

U – экспериментально полученное значение выходного сигнала на выходе датчика при измерении напряжения, мВ; В.

P – экспериментально полученное значение выходного сигнала на показывающих устройствах датчика;

I_p, U_p – соответственно, расчётные значения тока (мА) и напряжения (В);

P_p – расчётное давление показывающего устройства датчика давления, численно равное номинальному значению входного давления, кПа; МПа;

Датчик давления признают годным, если во всех проверяемых точках модуль основной погрешности не превышает максимально допустимого значения основной погрешности для конкретной модели датчика.

$$|\gamma_d| \leq |\gamma_{ocн}| \quad (5)$$

Датчик давления признают негодным, если хотя бы в одной точке модуль основной погрешности превышает допустимое значение.

$$|\gamma_d| > |\gamma_{ocн}| \quad (6)$$

5.5. Определение вариации.

5.5.1. Вариацию выходного сигнала определяют при каждом проверяемом значении измеряемого параметра, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений, по показаниям, полученным при определении основной погрешности.

5.5.2. Вариацию выходного сигнала γ_r в % нормирующего значения вычисляют по формулам:

$$\gamma_z = \left| \frac{I^* - I}{I_{\max} - I_0} \right| \cdot 100; \quad (7)$$

$$\gamma_z = \left| \frac{U^* - U}{U_{\max} - U_0} \right| \cdot 100; \quad (8)$$

$$\gamma_z = \left| \frac{P^* - P_d}{P_{\max} - P_0} \right| \cdot 100, \quad (9)$$

где I и I^* - действительные значения выходного сигнала на одной и той же точке при измерении на выходе тока, соответственно, при прямом и обратном ходе, мА;

U и U^* - действительные значения выходного сигнала на одной и той же точке при измерении на выходе напряжения, соответственно при прямом и обратном ходе, мВ, В;

P и P^*_d - действительные значения измеряемого параметра на одной и той же точке соответственно при прямом и обратном ходе, кПа, МПа.

Значения γ_r , полученные по вышеприведённым формулам, не должны превышать предела её допускаемого значения.

5.5.3. Вариацию выходного сигнала датчика давления не определяют, если предел её допускаемого значения менее 0,5 предела допускаемой основной погрешности.

5.5.4. Допускается вместо определения действительного значения вариации осуществлять контроль соответствия её предельно допускаемым значениям.

6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1. Положительные результаты первичной поверки датчиков давления оформляются записью в паспорте (раздел «Свидетельство о приёмке»), заверенной поверителем и удостоверенной оттиском клейма.

6.2. Положительные результаты периодической поверки датчиков давления оформляют выдачей свидетельства о поверке.

6.3. Положительные результаты периодической ведомственной поверки оформляют в порядке, установленном ведомственной метрологической службой.

6.4. При отрицательных результатах поверки датчики давления бракуют. При периодической государственной поверке выдают извещение о непригодности.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. Разработана ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ФГУП «ВНИИМС»).

Исполнитель: А.И.Гончаров, нач. отдела 202.