

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



И. В. Иванникова
"29" 08 2016 г.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ 3051S

Методика поверки

МП 207.2-005-2016

Настоящая методика распространяется на преобразователи давления измерительные 3051S, изготавливаемые по технической документации фирмы «Rosemount Inc.», США или по техническим условиям ТУ 4212-076-51453097-2015 (только АО ПГ "Метран").

Преобразователи давления измерительные 3051S (далее – преобразователи) предназначены для измерения абсолютного давления, избыточного давления, разности давлений, гидростатического давления (уровня) жидкости, газа и пара и обеспечивают непрерывное преобразование измеряемого параметра в аналоговый и (или) цифровой выходные сигналы.

Настоящая методика распространяется, в том числе, и на преобразователи разности давлений, используемые для измерений расхода, уровня и других параметров, функционально связанных с давлением, а также на преобразователи давления 3051S, связанных между собой электрическим кабелем, образуя единую систему ERS, рассчитывающую разность давлений.

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

Интервал между поверками 5 лет.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр – 5.1;
- опробование – 5.2;
- проверка идентификационных данных программного обеспечения – 5.3;
- определение основной погрешности – 5.4.

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование средства поверки	Основные метрологические и технические характеристики средств поверки
1	2
Манометр абсолютного давления МПА-15	Пределы абсолютной допускаемой основной погрешности: ±6,65 Па в диапазоне 0 – 20 кПа; ±13,3 Па в диапазоне 20 – 133 кПа. Предел допускаемой основной относительной погрешности, (%): ±0,01% от действительного значения измеряемого давления в диапазоне: 133 кПа – 400 кПа
Калибратор давления пневматический «Метран-505 Воздух-I»	Диапазон измерения давления с БОД 5 Па – 40 кПа. Предел допускаемой основной погрешности в диапазоне 5 – 400 Па: ±0,10 Па. Предел допускаемой основной погрешности в диапазоне 400 Па – 2 кПа: ±0,025 % от номинального давления. Предел допускаемой основной погрешности в диапазоне измерений 2 – 40 кПа: ±0,015 % от номинального давления
Калибратор давления пневматический «Метран-504 Воздух-II»	Верхние пределы измерений 40 – 1000 кПа, пределы допускаемой основной погрешности ±0,015 % от измеряемого давления
Мановакуумметр грузопоршневой МВП-2,5	Пределы измерения давления избыточного от 0 до 0,25 МПа, отрицательного избыточного (вакуумметрического) от минус 0,095 до 0 МПа. Класс точности 0,02.

Окончание таблицы 1

1	2
Манометр грузопоршневой МП-60М 1 разряда	Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\pm 0,01$ % в диапазоне измерений 0,6 – 6 МПа
Манометр грузопоршневой МП-600 1 разряда	Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\pm 0,01$ % в диапазоне измерений 6 – 60 МПа
Манометр грузопоршневой МП-2500 1 разряда	Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\pm 0,01$ % в диапазоне измерений 25 – 250 МПа
Барометр М67	Пределы измерений (610 – 900) мм рт. ст.; погрешность измерений $\pm 0,8$ мм рт. ст.
Барометр БРС-1М-2	Пределы допускаемой погрешности ± 20 Па, диапазон измерения абсолютного давления (600 – 1100) гПа.
Вакуумметр теплоэлектрический ВТБ-1	Пределы измерений (0,002 - 750) мм рт. ст.
Термометр ртутный стеклянный лабораторный по ГОСТ 215-73	Предел измерений 0 – 55 °С. Цена деления шкалы 0,1 °С. Предел допускаемой погрешности $\pm 0,2$ °С
Мера электрического сопротивления однозначная МС 3050	Класс точности 0,001. Номинальное значение сопротивлений 50 Ом
Мультиметр HP Agilent 3458A	Класс точности 0,001
Блок питания Метран-602 или Метран-604 ТУ 4276-001-2160758-2002	Выходное напряжение 36 В
Источник постоянного тока GPC-3060D	Выходное напряжение до 60 В
HART–USB Модем	Преобразователь интерфейса HART – USB для связи преобразователя с компьютером (для преобразователей с протоколами HART и WirelessHART)
Полевой коммуникатор 475	Устройство для связи с преобразователем по цифровому каналу и для обмена данными по протоколам HART, WirelessHART, Foundation Fieldbus
Источник питания	Выходное напряжение 9–32 В (для преобразователей с протоколом Foundation Fieldbus)
Fieldbus Power Hub	Распределительная коробка для сегмента шины Foundation Fieldbus
Модем USB полевой шины Fieldbus	Преобразователь интерфейса Fieldbus – USB для связи преобразователя с компьютером (например, NI USB-8486)
Беспроводной шлюз Rosemount 1420	Устройство для беспроводной связи с преобразователем по цифровому каналу WirelessHART
Персональный компьютер	Компьютер под управлением Windows с установленным программным комплексом AMS. Наличие USB порта
Коммуникатор Rosemount AMS TREX	Устройство для связи с преобразователем по цифровому каналу и для обмена данными по протоколам HART, WirelessHART, Foundation Fieldbus

2.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик, поверяемых СИ с требуемой точностью, при условии обеспечения ими критериев проведения поверки в соответствии с разделом 5.

3 Требования безопасности

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, указанные в технической документации на преобразователи, а также требования по безопасной эксплуатации применяемых средств поверки, указанные в технической документации на эти средства.

4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- давление в помещении, где проводят поверку (далее – атмосферное давление), в пределах $(84 \dots 106,7)$ кПа или $(630 \dots 800)$ мм рт. ст.;
- напряжение питания постоянного тока в соответствии с технической документацией на преобразователь. Номинальное значение напряжения питания и требования к источнику питания – в соответствии с технической документацией на преобразователь. Отклонение напряжения питания от номинального значения не более ± 1 %, если иное не указано в технической документации на преобразователь;
- сопротивление нагрузки при поверке – в соответствии с технической документацией на преобразователь;
- рабочая среда – воздух или нейтральный газ при поверке преобразователей с верхними пределами измерений, не превышающими 2,5 МПа, и жидкость при поверке преобразователей с верхними пределами измерений более 2,5 МПа. Допускается использовать жидкость при поверке преобразователей с верхними пределами измерений от 0,4 до 2,5 МПа при условии тщательного заполнения жидкостью всей системы поверки. Допускается использовать воздух или нейтральный газ при поверке преобразователей с верхними пределами измерений более 2,5 МПа при условии соблюдения соответствующих правил безопасности;
- колебания давления окружающего воздуха, вибрация, тряска, удары, наклоны, магнитные поля и другие возможные воздействия на датчик при его поверке не должны приводить к выходу за допускаемые значения метрологических характеристик;
- импульсную линию, через которую подают измеряемое давление, допускается соединять с дополнительными сосудами, ёмкость каждого из которых не более 50 л.

4.2 При поверке преобразователей разности давлений с приёмными 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 преобразователя, при этом «минусовая» камера сообщается с атмосферой.

При поверке преобразователей разности давлений с малыми пределами измерений для уменьшения влияния на результаты поверки не устранённых колебаний давления окружающего воздуха «минусовая» камера преобразователя может соединяться с камерой эталона, сообщающейся с атмосферой, если это предусмотрено в конструкции СИ. При поверке преобразователей разности давлений в «минусовой» камере может поддерживаться постоянное опорное давление, создаваемое другим эталонным задатчиком или основным задатчиком измеряемой величины с дополнительным блоком опорного давления.

4.3 Перед проведением поверки преобразователей должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- преобразователь должен быть выдержан не менее 3 ч при температуре, указанной в 4.1, если иное не указано в технической документации на преобразователь;

- выдержка преобразователя перед началом испытаний не менее 1 мин после включения питания, если иное не указано в технической документации;
- преобразователь должен быть установлен в рабочее положение с соблюдением указаний технической документации;
- система, состоящая из соединительных линий для передачи давления, эталонов и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины, должна быть проверена на герметичность в соответствии с 4.3.1 – 4.3.4.

4.3.1 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей с пределами измерений в области избыточного давления и разрежения, проводят при давлении равном верхнему пределу измерений избыточного давления.

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей с пределом измерений разрежения 100 кПа, проводят при разрежении, равном 0,9 – 0,95 значения атмосферного давления.

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений 250 кПа и менее, проводят в соответствии с 4.3.3.

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки остальных преобразователей проводят при значениях давления, равных верхнему пределу измерений поверяемого преобразователя.

4.3.2 При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей, указанных в 4.3.1, на место поверяемого преобразователя устанавливают заведомо герметичный преобразователь или любое другое средство измерений с погрешностью измерений не более 2,5 % от значений давления, соответствующих требованиям 4.3.1, и позволяющее зафиксировать изменение давления на величину 0,5 % от заданного значения давления. Далее в системе создают давление, установившееся значение которого соответствует требованиям 4.3.1, после чего отключают источник давления. Если в качестве эталона применяют грузопоршневой манометр, то его колонку и пресс также отключают.

Систему считают герметичной, если после 3-х мин выдержки под давлением, равным или близким верхнему пределу измерений преобразователей, не наблюдают падения давления в течение последующих 2 мин. При необходимости время выдержки под давлением может быть увеличено.

При поверке основной погрешности датчика систему считают герметичной, если за 30 с спад давления не превышает 0,3 % от верхнего предела измерений поверяемого преобразователя.

Допускается изменение давления 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 преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений 250 кПа и менее, проводят следующим образом, если иное не указано в технической документации.

Устанавливают в системе заведомо герметичный преобразователь 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 мин, после чего отключают устройство, создающее абсолютное давление, и эталон при необходимости (например, отключают колонки грузопоршневого манометра).

После выдержки системы в течение 1 мин изменение давления не должно превышать 0,5 % верхнего предела измерений поверяемого преобразователя.

Допускается поправка при изменении температуры окружающего воздуха и рабочей среды.

4.3.4 Если система предназначена для поверки преобразователей с разными верхними пределами измерений, проверку герметичности рекомендуется проводить при давлении, соответствующего наибольшему из этих значений.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие его внешнего вида технической документации и отсутствие видимых дефектов;
- наличие дополнительных выходных устройств – цифровых индикаторов и (или) других устройств предусмотренных технической документацией;
- наличие на корпусе преобразователя таблички с маркировкой, соответствующей паспорту или документу, его заменяющему;
- наличие паспорта или документа, его заменяющего;
- наличие таблички, определяющей конфигурацию преобразователей (для высокого или низкого давления) для преобразователей, входящих в систему ERS.

5.2 Опробование

5.2.1 При опробовании проверяют герметичность и работоспособность преобразователя.

5.2.2 Работоспособность преобразователя проверяют, изменяя измеряемую величину от нижнего до верхнего предела измерений. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала и индикации на дополнительных выходных устройствах преобразователя.

Для преобразователей с пределами измерений в области избыточного давления и разрежения проверяют только при избыточном давлении, для преобразователей с пределом измерений разрежения 100 кПа работоспособность проверяют при изменении разрежения до значения 0,9 атмосферного давления.

Работоспособность преобразователей, входящих в систему ERS, проверяют поочередно, изменяя измеряемую величину от нижнего до верхнего предела измерений для каждого преобразователя.

Проверку работоспособности допускается совмещать с проверкой основной погрешности.

5.2.3 Проверку герметичности преобразователя рекомендуется совмещать с операцией определения его основной погрешности.

Методика проверки герметичности преобразователя аналогична методике проверки герметичности системы (4.3.1 – 4.3.4), но имеет следующие особенности:

- изменение давления определяют по изменению выходного сигнала или показаний на цифровом индикаторе поверяемого преобразователя, включённого в систему (4.3.2);
- в случае обнаружения негерметичности системы с установленным поверяемым преобразователем следует отдельно проверить герметичность системы и преобразователя.

5.3 Проверка идентификационных данных программного обеспечения

5.3.1 В качестве идентификатора программного обеспечения (далее – ПО) принимается идентификационный номер ПО. Методика проверки идентификационного номера ПО преобразователя заключается в установлении версии ПО прибора, которую можно установить при помощи подключённого к преобразователю коммуникатора Rosemount HC-475, или Rosemount AMS TREX (протоколы HART, WirelessHART, Foundation Fieldbus), или HART-модема (протоколы HART, WirelessHART), или преобразователя интерфейса Fieldbus – USB с программным обеспечением для связи с персональным компьютером и считывания информации с цифрового выхода преобразователя. Могут использоваться другие устройства для считывания информации, предусмотренные технической документацией на преобразователь.

Подробное меню преобразователя с указанием пункта об идентификационном номере ПО представлено в Руководстве по эксплуатации.

Подключение коммуникатора или HART-модема к беспроводному преобразователю на базе протокола WirelessHART производится через com-клеммы преобразователя.

5.3.2 Преобразователи считаются прошедшими поверку с положительным результатом, если идентификатор ПО соответствует значению, указанному в паспорте на преобразователь. Если данные требования не выполняются, то преобразователь 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 преобразователя определяют следующим способом:

По эталону на входе преобразователя устанавливают номинальные значения входной измеряемой величины (давления), а по другому эталону измеряют соответствующие значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения). При поверке преобразователя по его цифровому сигналу к выходу подключают приёмное устройство, поддерживающее соответствующий цифровой коммуникационный протокол для считывания информации при установленных номинальных значениях входной измеряемой величины.

При определении основной погрешности преобразователя, имеющего цифровой индикатор, значения выходного параметра могут считываться с цифрового индикатора.

Поверка преобразователей с несколькими выходными сигналами, соответствующими одной и той же входной измеряемой величине, производится по всем выходным сигналам (аналоговому и цифровому), если иное не предусмотрено технической документацией наверяемый преобразователь.

При поверке преобразователей с цифровыми протоколами HART, WirelessHART, Foundation Fieldbus для считывания информации к выходу преобразователя подключают коммунитор Rosemount HC-475, или Rosemount AMS TREX, или HART-модема (протоколы HART, WirelessHART), или преобразователя интерфейса Fieldbus – USB с программным обеспечением для связи с персональным компьютером. Могут использоваться другие устройства для считывания информации и управления преобразователем, предусмотренные технической документацией на преобразователь.

Подключение коммунитора или HART-модема к беспроводному преобразователю на базе протокола WirelessHART производится через com-клеммы преобразователя.

5.4.2. Схемы включения преобразователей для измерения выходного сигнала при проведении поверки приведены в приложении.

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

5.4.3 Устанавливают следующие критерии достоверности поверки:

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

$(\delta m)_{\text{ва}}$ – отношение возможного наибольшего модуля основной погрешности экземпляра преобразователя, который может быть ошибочно признан годным, к пределу допускаемой основной погрешности.

5.4.4. Устанавливают следующие параметры поверки:

m – число поверяемых точек от нижнего до верхнего предела измерений, $m \geq 5$; в обоснованных случаях и при отсутствии эталонов с необходимой дискретностью воспроизведения измеряемой величины, допускается уменьшать число поверяемых точек до 4 или 3;

n – число наблюдений при экспериментальном определении значений погрешности в каждой из поверяемых точек при изменениях входной измеряемой величины от меньших значений к большим (прямой ход) и от больших значений к меньшим (обратный ход), $n = 1$. Допускается увеличивать число наблюдений в поверяемых точках до 3 или 5, принимая при этом среднеарифметическое значение результатов наблюдений за достоверное значение в данной точке;

γ_k – абсолютное значение отношения контрольного допуска к пределу допускаемой основной погрешности;

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

Значения γ_k и α_p выбирают по таблице 2 (5.4.5) в соответствии с принятыми критериями достоверности поверки.

5.4.5 Выбор эталонов для определения основной погрешности поверяемых преобразователей осуществляют, исходя из технических возможностей и технико-экономических предпосылок с учётом критериев достоверности поверки (5.4.3) и в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Параметры и критерии достоверности поверки

α_p	0,2	0,25	0,33	0,4	0,5
γ_k	0,94	0,93	0,91	0,82	0,70
$P_{\text{вам}}$	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05
$(\delta_m)_{\text{ва}}$	1,14	1,18	1,24	1,22	1,20

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

Вместо использования значений таблицы, допускается γ_k рассчитывать по формуле 20 из МИ 188-86 ($\gamma_k = (\delta_m)_{\text{ва}} - \alpha_p$). При этом, для проверки условия $P_{\text{вам}} \leq 0,20$, проверяют выполнения условия $\gamma_k \leq 1 - 0,28 \cdot \alpha_p$.

5.4.6. При выборе эталонов для определения погрешности поверяемого преобразователя для каждой поверяемой точки должны быть соблюдены следующие условия:

1) При поверке (кроме преобразователей Ultra for Flow) и определении значений выходного сигнала в мА

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m - P_n} + \frac{\Delta_i}{I_m - I_o} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \quad (1)$$

где Δ_p – предел допускаемой абсолютной погрешности эталона, контролирующего входной параметр (давление), кПа, МПа;

P_m – верхний предел измерений поверяемого преобразователя, кПа, МПа;

P_n – нижний предел измерений поверяемого преобразователя, кПа, МПа;

Δ_i – предел допускаемой абсолютной погрешности эталона, контролирующего электрический выходной сигнал преобразователя, мА;

I_o, I_m – соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала преобразователя, мА;

α_p – то же, что в 5.4.4;

γ – предел допускаемой основной приведённой погрешности поверяемого преобразователя, % диапазона измерений.

При поверке преобразователей Ultra for Flow и определении значений выходного сигнала в мА

$$\left(\frac{\Delta_p}{P - P_n} + \frac{\Delta_i}{I - I_o} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \delta, \quad (2)$$

Δ_p, Δ_i – то же, что и в формуле (1),

P – значение измеряемого давления, кПа, МПа;

I – значение выходного сигнала при измеряемом давлении, мА;

δ – предел допускаемой основной относительной погрешности поверяемого преобразователя, % от измеряемого значения давления.

2) При поверке (кроме преобразователей Ultra for Flow) и определении значений выходного сигнала в мВ или В по падению напряжения на эталонном сопротивлении

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m - P_n} + \frac{\Delta_u}{U_m - U_0} + \frac{\Delta_R}{R_{\text{эт}}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (3)$$

где Δ_p, P_m, P_n – то же, что в формуле (1);

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

Δ_R – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного сопротивления, Ом;

$R_{\text{эт}}$ – значение эталонного сопротивления, Ом;

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

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

При поверке преобразователей Ultra for Flow и определении значений выходного сигнала в мВ или В по падению напряжения на эталонном сопротивлении

$$\left(\frac{\Delta_p}{P - P_n} + \frac{\Delta_u}{U - U_0} + \frac{\Delta_R}{R_{\text{эт}}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \delta \quad (4)$$

где $\Delta_p, \Delta_u, \Delta_R, R_{\text{эт}}, U_0$ – то же, что в формуле (3);

δ, P – то же, что в формуле (2);

U – значение напряжения (мВ или В) на эталонном сопротивлении при измеряемом давлении, $U = I \cdot R_{\text{эт}}$

3) При поверке (кроме преобразователей Ultra for Flow) цифрового выходного сигнала

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m - P_n} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \quad (5)$$

где все обозначения те же, что и в формулах (1) и (3).

При поверке преобразователей Ultra for Flow с цифровым выходным сигналом

$$\left(\frac{\Delta_p}{P - P_n} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \delta \quad (6)$$

где все обозначения те же, что и в формулах (2) и (4)

5.4.7. Расчётные значения выходного сигнала постоянного тока поверяемого преобразователя для заданного номинального значения входной измеряемой величины определяют по формуле:

$$I_p = I_0 + \frac{I_m - I_0}{P_m - P_n} (P - P_n), \quad (7)$$

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

P – номинальное значение входной измеряемой величины, кПа, МПа;

I_m, I_0, P_m, P_n – то же, что и в формуле (1)

Расчётные значения выходного сигнала, выраженные в напряжении постоянного тока, определяют по формуле

$$U_p = R_{\text{эт}} \cdot I_p, \quad (8)$$

где U_p – расчётное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, мВ, В;
 I_p – то же, что и формуле (7).

Для преобразователей с выходным информационным сигналом в цифровом формате расчётные значения выходного сигнала (N_p) определяют по формуле:

$$N_p = N_o + \frac{N_m - N_o}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (9)$$

где N_p – расчётное значение выходного сигнала в цифровом формате;
 N_m , N_o – соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного информационного сигнала преобразователь в цифровом формате;
 P , P_m , P_n – то же, что и в формуле (7);

5.4.8 Поверку преобразователей следует проводить при программной установке линейной зависимости выходного сигнала (5.4.7). После выполнения поверки преобразователь может быть перепрограммирован в соответствии с требуемой функцией преобразования входной измеряемой величины.

Перед определением основной погрешности должны быть соблюдены требования 4.3 и, в случае необходимости, откорректировано значение выходного сигнала, соответствующее нижнему предельному значению измеряемого параметра. Эта корректировка проводится после подачи и сброса измеряемого параметра в пределах 80 – 100 % верхнего предела измерений.

При периодической поверке в случае совмещения поверки герметичности с подачей давления перед корректировкой выходного сигнала выдержка проводится при давлении в соответствии с 4.3.1, 4.3.2.

5.4.9 Основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины (5.4.4.), достаточно равномерно распределённых от нижнего до верхнего предела измерений, в том числе при значениях измеряемой величины, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям выходного сигнала.

Интервал между значениями измеряемой величины не должен превышать: 30 % диапазона измерений при $m = 5$ (основной вариант поверки); 40 % диапазона измерений при $m = 4$ и 60 % диапазона измерений при $m = 3$.

Основную погрешность определяют при значении измеряемой величины, полученном при приближении к нему как со стороны меньших значений (при прямом ходе), так и со стороны больших значений (при обратном ходе).

При периодической поверке основную погрешность определяют в два цикла: до корректировки верхнего предельного значения выходного сигнала и после корректировки верхнего предельного значения выходного сигнала. Второй цикл допускается не проводить, если основная погрешность $|\gamma_d| \leq |\gamma_k \cdot \gamma|$, $|\delta_d| \leq |\gamma_k \cdot \delta|$.

При поверке преобразователей с пределом измерений в области разрежения, равном 100 кПа допускается устанавливать максимальное значение разрежения в пределах 0,90 – 0,95 от атмосферного давления P_0 . Расчётное значение выходного сигнала при установленном значении разрежения определяют по формулам (7) и (8).

При поверке преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,1 МПа и выше основную погрешность допускается определять по методике, изложенной в 5.4.10 с соблюдением условий, изложенных в 5.4.8, 5.4.9.

5.4.10. Определение основной погрешности преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,1 МПа и выше проводят с использованием эталонов избыточного давления.

В этом случае поверку преобразователя выполняют при подаче избыточного давления и разрежения, расчётные значения которых определяют с учётом действительного значения атмосферного давления в помещении, где проводят поверку.

Расчётные значения избыточного давления и разрежения вычисляют по формулам

$$P_{(+)} = P_a - P_6, \quad (10)$$

$$P_{(-)} = P_6 - P_a, \quad (11)$$

где P_a – номинальное значение абсолютного давления, МПа;

P_6 – атмосферное давление в помещении, где проводят поверку, МПа;

$P_{(+)}$ – избыточное давление, подаваемое в преобразователь, МПа;

$P_{(-)}$ – разрежение, создаваемое в преобразователе; значение разрежения в МПа

Расчётные значения аналогового выходного сигнала преобразователя при задании разрежения определяют по формуле

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_6 - P_{(-)}}{P_{m(a)}} \quad (12)$$

Расчётные значения аналогового выходного сигнала преобразователя при задании избыточного давления определяют по формуле

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_6 + P_{(+)}}{P_{m(a)}} \quad (13)$$

где I_p, I_o, I_m – то же что в формуле (7);

P_6 – то же что в формуле (10);

$P_{m(a)}$ – верхний предел измерений преобразователя абсолютного давления, МПа;

$P_{(+)}, P_{(-)}$ – то же что в формулах (10) и (11)

Для преобразователей с выходным сигналом в цифровом формате расчётные значения выходного сигнала определяют по формулам

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \frac{P_6 - P_{(-)}}{P_{m(a)}} \quad (14)$$

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \frac{P_6 + P_{(+)}}{P_{m(a)}} \quad (15)$$

где N_p, N_o, N_m – то же что в формуле (9);

Обозначения – см. формулы (12) и (13).

Вблизи нуля абсолютного давления преобразователь поверяют, создавая на его входе разрежение в пределах $(0,90 - 0,95) \cdot P_6$.

Расчётные значения выходного сигнала при атмосферном давлении на входе преобразователя абсолютного давления определяют по формуле

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_6}{P_{m(a)}} \quad (16)$$

Значения выходного сигнала в цифровом формате (N) определяют по формуле такой же структуры, заменяя обозначения тока I на N.

При поверке преобразователей с верхними пределами измерений $P_{m(a)} \leq 2,5$ МПа значение атмосферного давления P_6 определяют с погрешностью не более, чем

$$\Delta_{\sigma} \leq \alpha_p \cdot \gamma \frac{P_{m(a)}}{100}, \quad (17)$$

где Δ_{σ} – абсолютная погрешность, МПа;
 α_p, γ – то же, что в 5.4.4, 5.4.6;
 $P_{m(a)}$ – верхний предел измерений поверяемого преобразователя.

При поверке преобразователей с верхними пределами измерений $P_{m(a)} > 2,5$ МПа в формулы (10 – 16) допускается подставлять значение $P_{\sigma} = 0,1$ МПа.

В зависимости от верхних пределов измерений поверяемых преобразователей их основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины в соответствии с таблицей 3 и с учётом требований 5.4.9.

Таблица 3

Верхние пределы измерений, МПа	Число поверяемых точек, m	
	В области $P_a \leq P_{\sigma}$	В области $P_a \geq P_{\sigma}$
0,1	3	–
0,16	2	2
0,25	1	3
От 0,4 до 2,5	1	4
Свыше 2,5	–	5

5.4.11 Для преобразователей, кроме преобразователей Ultra for Flow, основную погрешность γ_{σ} в % нормирующего значения (5.4.6) вычисляют по приведённым ниже формулам:

$$\gamma_{\sigma} = \frac{I - I_p}{I_m - I_a} \cdot 100, \quad (18)$$

$$\gamma_{\sigma} = \frac{U - U_p}{U_m - U_a} \cdot 100, \quad (19)$$

$$\gamma_{\sigma} = \frac{P - P_p}{P_m - P_n} \cdot 100, \quad (20)$$

где I – значение выходного сигнала постоянного тока, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины, мА;

U – значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, полученное экспериментально при измерении выходного сигнала и номинальном значении входной измеряемой величины (давления), мВ или В;

P – значение выходного сигнала преобразователя в цифровом формате, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины;

Остальные обозначения те же, что в формулах (1, 3, 9).

Вычисления γ_{σ} выполняют с точностью до третьего знака после запятой.

5.4.12 Для преобразователей Ultra for Flow основную относительную погрешность в % от измеряемого значения давлений вычисляют по формулам:

$$\delta_p = \frac{P - P_p}{P - P_n} \times 100, \quad (21)$$

$$\delta_I = \frac{I - I_p}{I - I_0} \times 100, \quad (22)$$

$$\delta_U = \frac{U - U_p}{U - U_0} \times 100, \quad (23)$$

где I, U, P – те же, что в формулах (18, 19, 20).

Остальные обозначения те же, что в формулах (2, 4, 9).

Вычисления δ_e выполняют с точностью до третьего знака после запятой.

5.5 Результаты поверки преобразователей.

5.5.1 Преобразователь признают годным при первичной поверке, если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности $|\gamma_e| \leq \gamma_k \cdot |\gamma|$, $|\delta_e| \leq \gamma_k \cdot |\delta|$.

5.5.2 Преобразователь признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_e| > \gamma_k \cdot |\gamma|$, $|\delta_e| > \gamma_k \cdot |\delta|$.

5.5.3 Преобразователь признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках при первом или втором цикле поверки выполняется условие, изложенное в п.5.5.1.

5.5.4 Преобразователь признают негодным при периодической поверке:

- если при первом цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_e| > (\delta_{м})_{ва\ max} \cdot |\gamma|$, $|\delta_e| > (\delta_{м})_{ва\ max} \cdot |\delta|$;
- если при втором цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_e| > \gamma_k \cdot |\gamma|$, $|\delta_e| > \gamma_k \cdot |\delta|$.

Обозначения: $(\delta_{м})_{ва\ max}$ – по п.5.4.2; γ_k – по п.5.4.4; γ – по п.5.4.6.

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

5.6 Определение основной приведенной погрешности разности давлений системы ERS.

Преобразователи включают по схеме, приведенной в приложении (схема 4, рис.9, 10). Проводят поверку основной погрешности цифрового выходного сигнала в соответствии с 5.4:

- первичного преобразователя,
- вторичного преобразователя.

При этом считают, что основная приведённая погрешность разности давлений системы ERS находится в пределах допускаемых значений, если при поверке основная приведенная погрешность каждого преобразователя соответствует требованиям 5.5.

Примечание – Пределы допускаемой основной приведенной погрешности системы ERS (кроме системы Enhanced ERS) γ_a , выраженные в % от диапазона измерений разности давлений, вычисляются по формуле:

$$\gamma_a = \pm \left[\sqrt{\left(\frac{|\Delta_{\max}^H|}{DP} \right)^2 + \left(\frac{|\Delta_{\max}^L|}{DP} \right)^2} \cdot 100 \right],$$

где $\Delta_{\max}^H$ – максимальный предел допускаемой основной абсолютной погрешности первичного преобразователя, кПа, МПа;

$\Delta_{\max}^L$ – максимальный предел допускаемой основной абсолютной погрешности вторичного преобразователя, кПа, МПа;

DP – диапазон измерений разности давлений, кПа, МПа.

Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, выраженные в процентах от диапазона измерений, численно равны основной приведенной погрешности, выраженной в процентах от диапазона изменения выходного сигнала.

6 Оформление результатов поверки

6.1 Положительные результаты поверки средств измерений удостоверяются знаком поверки и свидетельством о поверке или записью в паспорте средства измерений, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке или в паспорт.

6.2 Результаты измерений заносят в протокол поверки произвольной формы.

6.3 При отрицательных результатах поверки преобразователь к эксплуатации не допускают, оттиски поверительного клейма гасят, свидетельство о поверке аннулируют и, в соответствии с Приказом № 1815 Минпромторга России от 02 июля 2015 г., оформляется извещение о непригодности.

/ Начальник НИО 207

Начальник лаборатории 207.2 ФГУП «ВНИИМС»

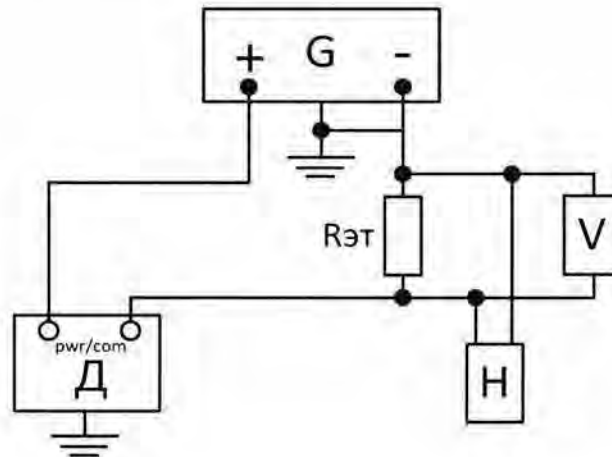
 А. А. Игнатов

А.И. Гончаров

Приложение к МП 207.2-005-2016
(обязательное)

Схемы включения преобразователей при поверке

1) Схемы включения преобразователя с аналоговым выходным сигналом постоянного тока 4-20 мА и с цифровым сигналом на базе HART-протокола.



Д –веряемый преобразователь;

Г – источник питания постоянного тока (например, один из указанных в 2.1, табл.1, если иное не указано в технической документации);

Рэт – эталонное сопротивление, например, мера электрического сопротивления, указанная в табл. 1; значение сопротивления – в соответствии с условиями поверки (4.1);

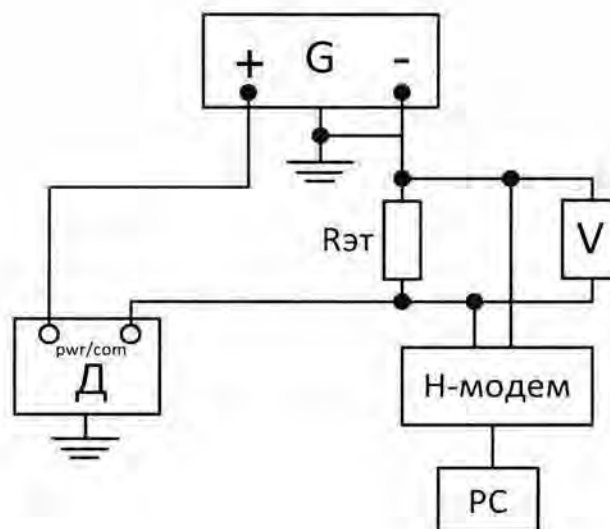
V – цифровой вольтметр, указанный в табл. 1;

Н – полевой коммунитор 475, указанный в табл. 1 или другое цифровое устройство, поддерживающее коммуникационный протокол.

Примечания:

- а) Заземление корпуса преобразователя, клемма «–» и клемма заземления источника питания подключены совместно.
- б) Для считывания цифрового сигнала Рэт должно быть не менее 250 Ом.

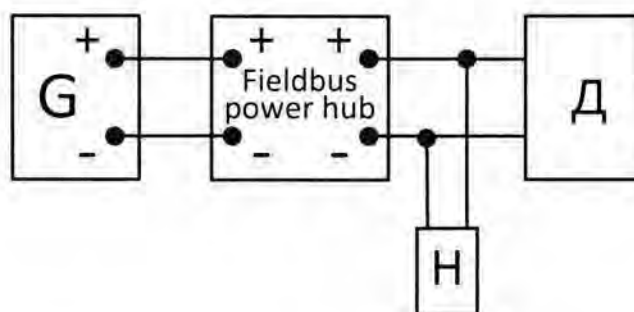
Рис. 1. Схема включения преобразователя с аналоговым выходным сигналом постоянного тока при изменении выходного сигнала по падению напряжения на эталонном сопротивлении и выходного сигнала на базе HART-протокола при считывании информации по цифровому каналу с помощью коммунитора.



Н-модем – HART–USB модем, указанный в табл. 1, для связи преобразователя с компьютером;
 РС – персональный компьютер с установленным программным комплексом AMS;
 Остальные обозначения приведены на рис. 1.

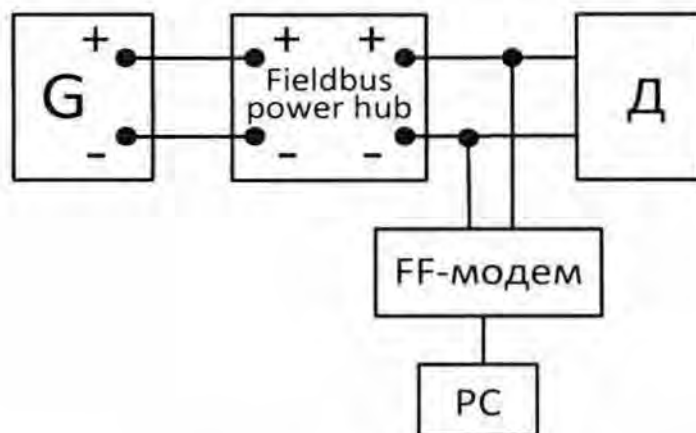
Рис. 2. Схема включения преобразователя с аналоговым выходным сигналом постоянного тока при изменении выходного сигнала по падению напряжения на эталонном сопротивлении и выходного сигнала на базе HART-протокола при считывании информации по цифровому каналу с помощью устройства связи (HART–USB модем) с персональным компьютером.

2) Схемы включения преобразователя с цифровым выходным сигналом на базе протокола Foundation Fieldbus.



Fieldbus power hub – Распределительная коробка для сегмента шины Foundation Fieldbus;
 Остальные обозначения приведены на рис. 1.

Рис. 3 Схема включения преобразователя с цифровым выходным сигналом на базе протокола Foundation Fieldbus и считывании информации по цифровому каналу при помощи коммуникатора.

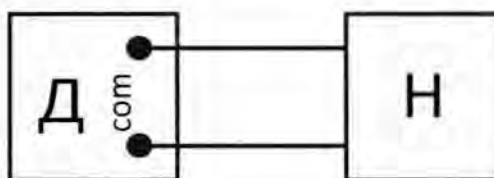


FF-модем – Преобразователь интерфейса Fieldbus – USB для связи преобразователя с компьютером;

Остальные обозначения приведены на рис. 1, 2, 3.

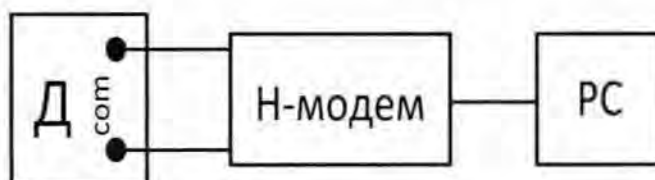
Рис. 4 Схема включения преобразователя с цифровым выходным сигналом на базе протокола Foundation Fieldbus и считывании информации по цифровому каналу при помощи устройства связи (преобразователь интерфейса Fieldbus – USB) с персональным компьютером.

3) Схемы включения беспроводного преобразователя с цифровым выходным сигналом на базе протокола WirelessHART.



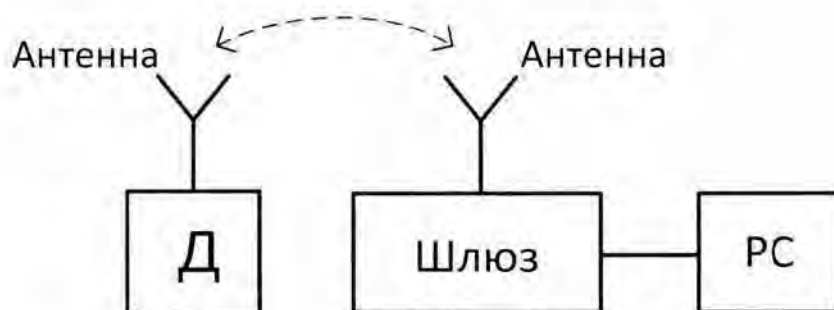
Обозначения приведены на рис. 1.

Рис. 5 Схема включения беспроводного преобразователя с цифровым выходным сигналом на базе протокола WirelessHART и считывании информации по цифровому каналу при помощи коммуникатора (подключение через com-клеммы преобразователя).



Обозначения приведены на рис. 1 и 2.

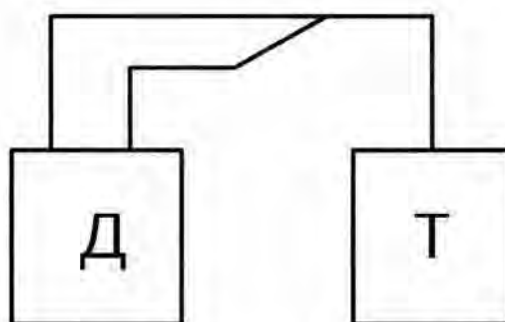
Рис. 6 Схема включения беспроводного преобразователя с цифровым выходным сигналом на базе протокола WirelessHART и считывании информации по цифровому каналу с помощью устройства (USB-HART Модем) связи с персональным компьютером (подключение через com-клеммы преобразователя).



Шлюз – Устройство для беспроводной связи с преобразователем по цифровому каналу WirelessHART;

Остальные обозначения приведены на рис. 1 и 2.

Рис. 7 Схема включения беспроводного преобразователя с цифровым выходным сигналом на базе протокола WirelessHART и считывании информации по цифровому каналу с помощью беспроводного устройства (беспроводной шлюз) связи с персональным компьютером

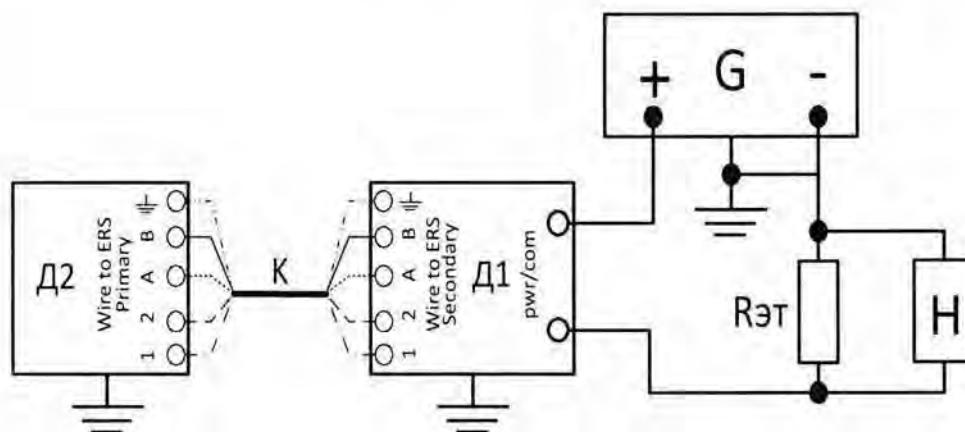


Т – коммунникатор Rosemount AMS TREX для связи с преобразователем по цифровому каналу и для обмена данными по протоколам HART, Foundation Fieldbus, WirelessHART;

Остальные обозначения приведены на рис. 1.

Рис. 8 Схема включения преобразователя с цифровым выходным сигналом на базе протоколов HART, WirelessHART, Foundation Fieldbus и считывании информации по цифровому каналу при помощи коммунникатора Rosemount AMS TREX

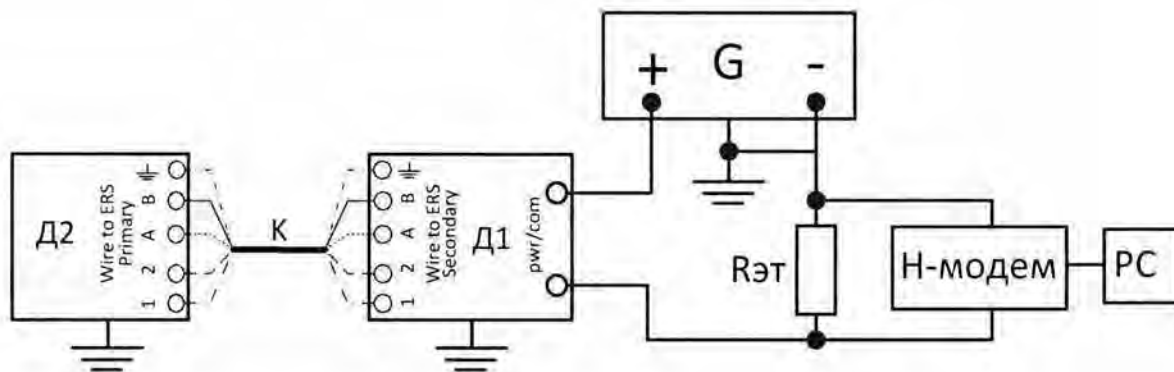
4) Схема включения преобразователей, входящих в систему ERS (базовое исполнение)



Обозначение провода	Цвет	Клемма
— · — · — · — · —	Красный	1
— — — — —	Чёрный	2
— · — · — · — · —	Белый	A
— — — — —	Синий	B
— · — · — · — · —	Экран	⊥

Д1 – первичный преобразователь системы ERS;
Д2 – вторичный преобразователь системы ERS;
К – коммуникационный кабель системы ERS;
Остальные обозначения приведены на рис. 1.

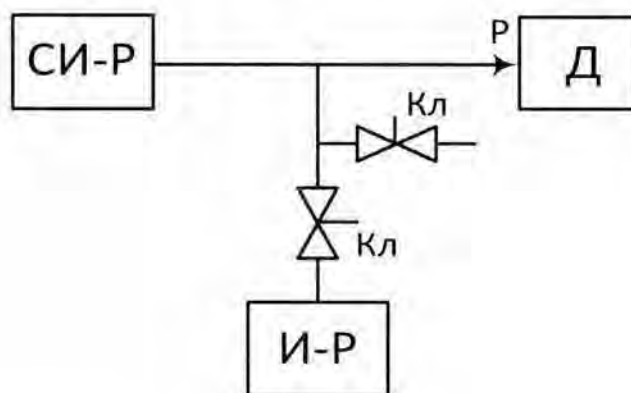
Рис. 9 Схема включения преобразователей, объединённых в систему ERS при считывании информации по цифровому каналу с помощью коммуникатора.



Обозначения приведены на рис. 1, 2 и 9.

Рис. 10 Схема включения преобразователей, объединённых в систему ERS при считывании информации по цифровому каналу с помощью устройства связи (HART-USB модем) с персональным компьютером.

5) Схемы подключения к поверяемому преобразователю эталонов давления или разрежения.



Д – поверяемый преобразователь;

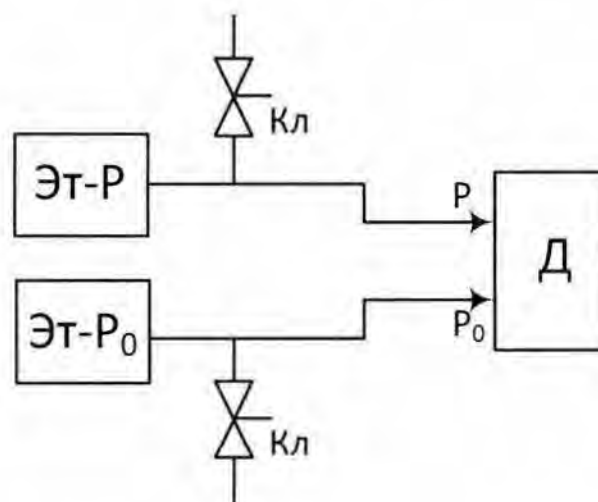
СИ-Р – эталон для измерения давления или разрежения, например, указанное в табл. 1;

И-Р – источник давления или разрежения;

Кл – клапаны запорные;

P – давление или разрежение на входе преобразователя.

Рис. 11 Схема подключения к поверяемому преобразователю эталонов давления или разрежения



Эт-Р – эталонный датчик входной величины P , например, указанный в таблице 1;

Эт- P_0 – эталонный датчик опорного давления P_0 или блок опорного давления основного датчика Эт-Р;

Остальные обозначения приведены на рис. 9.

Рис. 12 Схема подключения к поверяемому преобразователю эталонных датчиков давления, разрежения или разности давлений.