

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



Н. В. Иванникова

2018 г.

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СЕРИЙ
ИРТ-20, ИРТ-21, СРТ-20, СРТ-21**

Методика поверки

МП 202-008-2018

Настоящая методика распространяется на преобразователи давления измерительные серий IPT-20, IPT-21, CPT-20, CPT-21, изготавливаемые по технической документации фирмы «WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG», Германия.

Преобразователи давления измерительные серий IPT-20, IPT-21, CPT-20, CPT-21 (далее – преобразователи) предназначены для непрерывных измерений избыточного (в том числе вакуумметрического), абсолютного давления, разности давлений нейтральных и агрессивных газообразных и жидких сред и пара, а также для измерений расхода указанных сред методом переменного перепада давления, а также других величин, функционально связанных с давлением (уровня жидкости, уровня границы раздела фаз, плотности, объёма), и преобразования в унифицированный электрический выходной сигнал постоянного тока, напряжения постоянного тока и/или в сигнал для передачи по протоколам HART, PROFIBUS, FOUNDATION Fieldbus, Bluetooth.

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

Рекомендованный 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 приведенной (от настроенного диапазона измерений) погрешности преобразователя – 5.4.
- Определение вариации показаний / выходного сигнала – п.5.5.

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 грузопоршневой МП-2,5	Верхний предел измерений 0,25 МПа, нижний предел измерений 0 МПа. Пределы допускаемой основной погрешности, %: ±0,01 % от измеряемого давления (при давлениях от 10 до 100 % от верхнего предела измерений); ±0,01 % от 0,1 верхнего предела измерений (при давлениях ниже 10 % от верхнего предела измерений)
Манометр грузопоршневой МП-6	Верхний предел измерений 0,6 МПа, нижний предел измерений 0,04 МПа. Пределы допускаемой основной погрешности, %: ±0,01 % от измеряемого давления (при давлениях от 10 до 100 % от верхнего предела измерений); ±0,01 % от 0,1 верхнего предела измерений (при давлениях ниже 10 % от верхнего предела измерений)
Манометр грузопоршневой МП-60	Верхний предел измерений 6 МПа, нижний предел измерений 0,1 МПа. Пределы допускаемой основной погрешности, %: ±0,01 % от измеряемого давления (при давлениях от 10 до 100 % от верхнего предела измерений); ±0,01 % от 0,1 верхнего предела измерений (при давлениях ниже 10 % от верхнего предела измерений)

Манометр грузопоршневой МП-600	Верхний предел измерений 60 МПа, нижний предел измерений 1 МПа. Пределы допускаемой основной погрешности, %: ± 0,01 % от измеряемого давления (при давлениях от 10 до 100 % от верхнего предела измерений); ±0,01 % от 0,1 верхнего предела измерений (при давлениях ниже 10 % от верхнего предела измерений)
Манометр грузопоршневой МП-2500	Верхний предел измерений 250 МПа, нижний предел измерений 5 МПа. Пределы допускаемой основной погрешности, %: ±0,01 % от измеряемого давления (при давлениях от 10 до 100 % от верхнего предела измерений); ±0,01 % от 0,1 верхнего предела измерений (при давлениях ниже 10 % от верхнего предела измерений)
Мановакуумметр грузопоршневой МВП-2,5	при давлениях (избыточном или отрицательном избыточном (вакуумметрическом) от 0 до 0,01 МПа (от 0 до 0,1 кгс/см ²): ±5 Па (± 0,00005 кгс/см ²) ±2 Па (± 0,00002 кгс/см ²) при давлениях (избыточном или отрицательном избыточном (вакуумметрическом) свыше 0,01 МПа (0,1 кгс/см ²): ±0 05 % от измеряемой величины ±0,02 % от измеряемой величины
Манометр абсолютного давления МПАК-15	Пределы допускаемой основной погрешности ±6,65 Па в диапазоне 0,133 – 13,3 кПа; ±13,3 Па в диапазоне 13,3 – 133 кПа; ±0,01 % от действительного значения измеряемого давления в диапазоне 133 – 400 кПа
Микроманометры жидкостные компенсационные с микрометрическим винтом МКВК-250	Верхний предел измерений 2500 Па, нижний предел измерений 0 Па. Пределы допускаемой основной погрешности, %: ± 0,02 % от верхнего предела измерений).
Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R)	Пределы допускаемой основной погрешности: ±(0,01 % показания +1 мкА) в диапазоне ±25 мА, R _{вх} <10 МОм. ±(0,01 % показания +1 мкА) в диапазоне от 0 до 25 мА, R _{нагр} ≤1140 Ом (20 мА), 450 Ом (50 мА). ±(0,006 % показания +0,25 мВ) в диапазоне от 1 до 60 В при R _{вх} >2 МОм. ±(0,007 % показания +0,1 мВ) в диапазоне от -3 до 10/24 В при I _{макс} =5 мА.
Задатчик разрежения Метран-503 Воздух	Класс точности 0,02
Калибраторы-контроллеры давления РРС	Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений и генерации давления, %: ±0,008%; ±0,01% (измерения) для ВПИ: от 10 кПа до 10 МПа (изб.); от 110 кПа до 10 МПа (абс.) от 7 до 100 МПа (изб., абс.) ±0,013%; ±0,018% (измерения) для ВПИ: от 20 до 200 МПа (изб., абс.) ±0,008%; ±0,018% (измерения) для ВПИ: от 10 кПа до 280 МПа (изб.); от 110 кПа до 280 МПа (абс.) ±0,009%; ±0,011% (генерация) для диапазонов от -98,5 кПа до 10 МПа (изб); 1,5 кПа до 10 МПа (изб., абс.) ±0,013%; ±0,014%; ±0,016% (генерация) для ВПИ от 7 до 100 МПа (изб., абс.)

	±0,016%; ±0,020% (генерация) для ВПИ от 20 до 200 МПа (изб., абс.)
Калибраторы давления СРС3000, СРС6000, СРС8000, СРС8000-Н	±0,025% от диапазона измерений в диапазоне измерений от 0 до 0,035 МПа; от 0 до 10 МПа; от -0,035...0,035 до -0,1...10 МПа. ±0,0125% от диапазона измерений; ±0,025% от измеренного значения в диапазонах измерений от 0 до 0,01 МПа; от 0 до 10 МПа ±0,01%; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,007 до 0...10 МПа; от -0,0025...0,0045 до -0,1...10 МПа.; ±0,03%; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,0025 до 0...0,007 МПа; от -0,0025...0 до -0,007...0 МПа; от -0,0025...0,0025 до -0,0025...0,0045 МПа. ±0,005% от диапазона измерений; ±0,01% от измеренного значения в диапазонах от 0...0,1 до 0...10 МПа; от -0,1...1 до -0,1...10 МПа ±0,0026% от диапазона измерений; ±0,008% от измеренного значения в диапазонах от 0...0,1 до 0...6,9 МПа (абс.) ±0,004% от диапазона измерений в диапазонах от 0...6,9 до 0...40,1 МПа (абс.) ±0,01%; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,007 до 0...40 МПа; от -0,0025...0,0045 до -0,1...40 МПа. ±0,03%; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,0025 до 0...0,007 МПа; от -0,0025...0 до -0,007...0 МПа. от -0,0025...0,0025 до -0,0025...0,0045 МПа. ±0,01% от диапазона измерений в диапазонах от 0...40 до 0...103 МПа ±0,014 % от диапазона измерений в диапазонах от 0...103 до 0...160 МПа.
Калибраторы давления СРГ8000, СРГ2500	±0,01%; ±0,015%; ±0,025% от диапазона измерений в диапазонах от -0,0025...0 до -0,1...10 МПа.; от 0...0,0025 до 0...250 МПа;
Калибраторы давления пневматические МЕТРАН-504 Воздух-I	Класс точности 0,01; 0,015; 0,02. Диапазон воспроизводимого давления $3 \leq P_n \leq 400$ кПа.
Мультиметр 3458A	Пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне измерений: 100 мА: $\pm(25 \times 10^{-6}D + 4 \times 10^{-6}E)$ где: D - показание прибора, E - верхнее граничное значение диапазона измерения
Термометр ртутный стеклянный лабораторный по ГОСТ 215-73	Предел измерений 0 – 55 °С. Цена деления шкалы 0,1 °С. Предел допускаемой погрешности ±0,2 °С
Источник постоянного тока GPC-3060D	Выходное напряжение до 60 В
USB-HART Модем	Преобразователь сигналов HART в сигналы интерфейса USB для связи преобразователя с компьютером
Коммуникатор для протоколов HART и FOUNDATION Fieldbus FC475 или MFC5150	-
Комплекс программно- аппаратных средств для протоколов PROFIBUS, FOUNDATION Fieldbus, Bluetooth.	-

2.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

3 Требования безопасности

3.1 При проведении поверки соблюдают общие требования безопасности при работе с преобразователями давления (см., например, ГОСТ 22520-85), а также требования по безопасности эксплуатации применяемых средств поверки, указанные в технической документации на эти средства.

4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +15 до +25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- давление в помещении, где проводят поверку (далее – атмосферное давление), в пределах от 84 до 106,7 кПа или от 630 до 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, емкость каждого из которых не более 50 л.

4.2 Перед проведением поверки преобразователей выполняют следующие подготовительные работы:

- выдерживают преобразователь не менее 3 ч при температуре, указанной в п. 4.1, если иное не указано в технической документации на преобразователь;
- выдерживают преобразователь не менее 0,5 ч при включённом питании, если иное не указано в технической документации;
- устанавливают преобразователь в рабочее положение с соблюдением указаний руководства по эксплуатации;
- проверяют на герметичность в соответствии с п.п. 4.3.1 – 4.3.4 систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонов и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

4.3 Проверка герметичности системы.

4.3.1 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей давления, разрежения с верхними пределами измерений менее 100 кПа и преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений более 250 кПа, проводят при значениях давления (разрежения), равных верхнему пределу измерений поверяемого преобразователя.

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей давления-разрежения, проводят при давлении равном верхнему пределу измерений избыточного давления.

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей разрежения с верхним пределом измерений 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 п.4.3.3.

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 (разрежения) в течение последующих 2 мин. При необходимости время выдержки под давлением может быть увеличено.

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

Допускается изменение давления (разрежения) в системе, обусловленное изменением температуры окружающего воздуха и рабочей среды в пределах $\pm(0,5...1)$ °С.

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 2 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 3-х мин выдержки 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 Проверку герметичности системы рекомендуется проводить при давлении (разрежении), соответствующем максимальному верхнему пределу измерений давления (разрежения) поверяемого преобразователя.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре преобразователя устанавливают:

- соответствие его внешнего вида технической документации и отсутствие видимых дефектов;
- наличие клеммных колодок и (или) разъемов для внешних соединений, клемм контроля выходного сигнала и др.;
- наличие дополнительных выходных устройств – цифровых индикаторов и (или) других устройств предусмотренных технической документацией на преобразователь;
- наличие на корпусе преобразователя таблички с маркировкой, соответствующей паспорту или документу, его заменяющему;
- наличие паспорта или документа, его заменяющего.

5.2 Опробование

5.2.1 При опробовании проверяют герметичность и работоспособность преобразователя, работоспособность функции корректировки «нуля».

5.2.2 Работоспособность преобразователя проверяют, изменяя измеряемую величину от нижнего до верхнего предельного значений. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала и индикации на дополнительных выходных устройствах преобразователя (при их наличии).

Работоспособность преобразователей давления-разрежения проверяют только при избыточном давлении; работоспособность преобразователей разрежения с верхним пределом измерений 100 кПа проверяют при изменении разрежения до значения 0,9 атмосферного давления.

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

5.2.4 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 (разрежения) определяют по изменению выходного сигнала или по изменению показаний цифрового индикатора поверяемого преобразователя, включенного 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 на экране дисплея (при наличии), при помощи HART модема или коммуникатора, подключенного к преобразователю, или при помощи комплекса программно-аппаратных средств для протоколов PROFIBUS, FOUNDATION Fieldbus, Bluetooth.

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

5.3.2 Преобразователи считаются прошедшими поверку с положительным результатом, если идентификатор ПО соответствует значению, указанному в описании типа средства измерений. 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 приведенной (от настроенного диапазона измерений) погрешности

5.4.1 Основную приведенную (от настроенного диапазона измерений) погрешность преобразователя определяют по одному из способов:

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

2) В обоснованных случаях по эталону устанавливают номинальные значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения) или устанавливают номинальные значения цифрового сигнала преобразователя, а по другому эталону измеряют соответствующие значения входной величины (например, давления).

Примечания:

1. Поверка преобразователей 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 наверяемый преобразователь. Выбор выходного сигнала допускается проводить по запросу заявителя, на основании его письменного заявления.

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

2. Поверка преобразователей избыточного давления, подключенных друг к другу в режиме передачи данных «ведущий – ведомый» для измерения разности давлений, проводится в соответствии с п.п. 5.4.8. – 5.4.11 поочередно для каждого преобразователя, входящего в их состав. Затем на «ведущий» преобразователь последовательно подаются пять значений давления, достаточно равномерно распределенных в настроенном диапазоне измерения разности давлений, в том числе при значениях измеряемой величины, соответствующей нижнему и верхнему предельным значениям выходного сигнала. На «ведомый» преобразователь при этом подается атмосферное давление.

Показания разности давлений снимаются с ведущего преобразователя.

3. По заявлению заказчика преобразователь может поверяться только на рабочем (настроенном) диапазоне.

4. В случае, когда преобразователь поверяется на рабочем (настроенном) диапазоне, за нормирующее значение принимают настроенный диапазон измерений. В случае, когда преобразователь поверяется на максимальном диапазоне, за нормирующее значение принимают максимальный диапазон измерений.

5.4.2 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.

5.4.3. Устанавливают следующие параметры поверки:

m – число поверяемых точек в диапазоне 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), $n = 1$. В обоснованных случаях и в соответствии с технической документацией на преобразователь 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.

5.4.4 Выбор эталонов для определения основной приведенной (от настроенного диапазона измерений) погрешности поверяемых преобразователей осуществляют, исходя из технических возможностей и технико-экономических предпосылок с учетом критериев достоверности поверки (п.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
$P_{\text{в.ам}}$	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05
$(\delta_m)_{\text{ва}}$	1,14	1,18	1,24	1,22	1,20

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

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

5.4.5. При выборе эталонов для определения погрешности поверяемого преобразователя (в каждой поверяемой точке) соблюдают следующие условия:

1) При поверке преобразователей с выходным аналоговым сигналом постоянного тока, значения которого контролируют непосредственно в мА

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

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

P_m – верхний предел измерений (или диапазон 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 5.4.3;

γ – предел допускаемой основной приведенной (от настроенного диапазона измерений) погрешности поверяемого преобразователя, %

Основная приведенная (от настроенного диапазона измерений) погрешность преобразователя, численно равна основной погрешности, выраженной в процентах от диапазона

изменения выходного сигнала преобразователя с линейной функцией преобразования измеряемой величины.

Для преобразователей с выходным аналоговым сигналом постоянного напряжения U используются формулы, структура которых идентична структурам формул для преобразователей с выходным аналоговым сигналом постоянного тока I раздела 5.4 с заменой обозначений постоянного тока на соответствующие обозначения постоянного напряжения U_p, U_o, U_m .

2) При проверке преобразователей с выходным аналоговым сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении в мВ или В

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta u}{U_m - U_o} + \frac{\Delta R}{R_{эт}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (2)$$

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

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

ΔR – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного сопротивления, Ом;

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

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

$$U_m = I_m \cdot R_{эт} \quad \text{и} \quad U_o = I_o \cdot R_{эт}$$

3) При проверке преобразователя с выходным цифровым сигналом

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \quad (3)$$

где все обозначения те же, что и в формулах (1) и (2).

5.4.6. Расчётные значения выходного сигнала поверяемого преобразователя для заданного номинального значения входной измеряемой величины определяют по формулам (4 – 10).

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

$$I_p = I_o + \frac{I_m - I_o}{P_m - P_n} (P - P_n), \quad (4)$$

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

P – номинальное значение входной измеряемой величины; для преобразователей давления-разрежения значение P в области разрежения подставляется в формулу (4) со знаком минус;

P_n – нижний предел измерений для всех преобразователей, кроме преобразователей давления-разрежения, для которых значение P_n численно равно верхнему пределу измерений в области разрежения $P_{m(-)}$ и в формулу (4) подставляется со знаком минус;

I_o, I_m, P_m – то же, что и в формуле (1).

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

2) Для преобразователей с линейно убывающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока от входной измеряемой величины

$$I_p = I_m - \frac{I_m - I_o}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (5)$$

3) Для преобразователей с выходным сигналом постоянного тока и функцией преобразования входной измеряемой величины по закону квадратного корня

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \sqrt{\frac{P}{P_m}}, \quad (6)$$

где P – входная измеряемая величина – разность давлений (перепад давления) для преобразователей разности давлений, предназначенных для измерения расхода рабочей среды;

P_m – верхний предел измерений или диапазон измерений поверяемого преобразователя разности давлений. Остальные обозначения те же, что и в формуле (1).

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

$$U_p = R_{ст} \cdot I_p, \quad (7)$$

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

I_p – расчётное значение выходного сигнала постоянного тока (А), определяемое по формулам (4 – 6).

5) Для преобразователей с выходным цифровым сигналом:

– с линейно возрастающей функцией преобразования

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

где N_p – расчетное значение выходного цифрового сигнала;

N_m, N_o – соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного цифрового сигнала преобразователя;

P, P_m, P_n – то же, что и в формуле (4);

– с линейно убывающей функцией преобразования

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

– с функцией преобразования по закону квадратного корня

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \sqrt{\frac{P}{P_m}}, \quad (10)$$

где P, P_m – то же, что в формуле (6); остальные обозначения те же, что в формулах (8) и (9).

5.4.7 Поверку преобразователей с программным обеспечением выбора функции преобразования входной измеряемой величины в соответствии с одним из видов (4 – 6, 8 – 10)

производят при программной установке линейно возрастающей зависимости выходного сигнала (4) или (8), если иное не предусмотрено технической документацией на преобразователь.

После выполнения поверки преобразователь может быть перепрограммирован в соответствии с требуемой функцией преобразования входной измеряемой величины.

Перед определением основной погрешности соблюдают требования п.4.3 и, при необходимости, корректируют значение выходного сигнала, соответствующие нижнему предельному значению измеряемой величины. Эту корректировку выполняют после подачи и сброса измеряемой величины, значения которой устанавливают:

- для преобразователей абсолютного давления с верхним пределом измерений до 0,25 МПа включительно – в пределах от атмосферного давления до (80...100) % верхнего предела измерений;

- для остальных преобразователей – в пределах (80...100) % верхнего предела измерений.

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

Установку выходного сигнала выполняют с максимальной точностью, обеспечиваемой разрешающей способностью эталонов. Погрешность установки «нуля» (без учёта погрешности эталонов) не должна превышать (0,2...0,3) предела допускаемой основной приведенной (от настроенного диапазона измерений) поверяемого преобразователя, если иное не указано в технической документации.

5.4.8 Основную приведенную (от настроенного диапазона измерений) погрешность определяют при m значениях измеряемой величины (5.4.4.), достаточно равномерно распределенных в диапазоне измерений, в том числе при значениях измеряемой величины, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям выходного сигнала.

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

Основную приведенную (от настроенного диапазона измерений) 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 поверке преобразователей 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_6 , если $P_6 \leq 100$ кПа. Расчетное значение выходного сигнала при установленном значении разрежения определяют по формуле (4) или (8).

При поверке преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа и выше основную погрешность определяют по методике, изложенной в 5.4.9 с соблюдением условий, изложенных в 5.4.8. По методике 5.4.9 допускается определять основную погрешность преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений от 0,01 до 0,25 МПа.

5.4.9. Определение основной приведенной (от настроенного диапазона измерений) погрешности преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа и выше проводят с использованием эталонов разрежения и избыточного давления (например, Метран-504 Воздух-1, МП –60М, МП-600, МП-2500 и др.).

В этом случае поверку преобразователя 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 преобразователя с линейно возрастающей функцией преобразования определяют по формулам:

- для преобразователей с токовым выходным сигналом

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_6 + P_{(\pm)}}{P_{m(a)}} \quad (11)$$

– для преобразователей с выходным сигналом в цифровом формате

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \frac{P_6 + P_{(\pm)}}{P_{m(a)}} \quad (12)$$

где $I_p, I_o, I_m, N_p, N_o, N_m$ – то же что в формулах (4) и (8);
 P_6 – атмосферное давление в помещении, где проводят поверку, МПа;
 $P_{m(a)}$ – верхний предел измерений преобразователя абсолютного давления, МПа;
 $P_{(+)}$ – избыточное давление, подаваемое в преобразователь, МПа;
 $P_{(-)}$ – разрежение, создаваемое в преобразователе; значение разрежения в МПа подставляют в формулы (11) и (12) со знаком минус.

Расчетные значения избыточного давления и разрежения вычисляют по формулам

$$P_{(+)} = P_a - P_6, \quad (13)$$

$$P_{(-)} = P_6 - P_a, \quad (14)$$

где P_a – номинальное значение абсолютного давления, МПа.

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

$$P_{m(-)} = (0,90 \dots 0,95) P_6, \quad (15)$$

при котором расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле

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

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

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

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_6}{P_{m(a)}} \quad (17)$$

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

$$P_{m(+)} = P_{m(a)} - P_6 \quad (18)$$

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

$$\Delta_{\delta} \leq \alpha_p \cdot \gamma \frac{P_{m(a)}}{100}, \quad (19)$$

где Δ_{δ} – абсолютная погрешность, МПа;
 α_p, γ – то же, что в 5.4.3, 5.4.5;
 $P_{m(a)}$ – верхний предел измерений поверяемого преобразователя.

При поверке преобразователей с верхними пределами измерений $P_{m(a)} > 2,5$ МПа в формулы (11 – 18) допускается подставлять значение $P_{\delta} = 0,1$ МПа, если атмосферное давление находится в пределах (0,093...0,102) 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 5.4.7.

Таблица 3

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

Перед поверкой поводят настрой нижнего предела измерений датчика при значении давления, соответствующего разрежению $P_{m(-)}$ в указанных пределах (15). Расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле (16). Допускается проводить калибровку при атмосферном давлении для верхних пределов измерений более 0,16 МПа, расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле (17).

5.4.11 Основную приведенную (от настроенного диапазона измерений) погрешность γ_{δ} вычисляют по приведённым ниже формулам:

– При поверке преобразователей по способу 1 (5.4.1):

$$\gamma_{\delta} = \frac{I - I_p}{I_m - I_o} \cdot 100, \quad (20)$$

$$\gamma_{\delta} = \frac{U - U_p}{U_m - U_o} \cdot 100, \quad (21)$$

$$\gamma_{\delta} = \frac{N - N_p}{N_m - N_o} \cdot 100, \quad (22)$$

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

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

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

Остальные обозначения те же, что в формулах (1, 2, 7).

– При поверке преобразователей по способу 2 (5.4.1):

$$\gamma_{\delta} = \frac{P - P_{ном}}{P_m} \cdot 100, \quad (23)$$

где P – значение входной измеряемой величины (давления), полученное экспериментально при номинальном значении выходного сигнала, кПа, МПа;

$P_{ном}$ – номинальное значение измеряемой величины при номинальном значении выходного сигнала, кПа, МПа;

P_m – верхний предел измерений, кПа, МПа.

5.5. Определение вариации показаний / выходного сигнала

5.5.1. Вариацию выходной величины определяют при каждом проверяемом значении измеряемого параметра, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений, по показаниям, полученным при определении основной погрешности (п.5.4.1).

5.5.2. Вариацию выходной величины γ_{Γ} в % нормирующего значения вычисляют по формулам:

- При проверке преобразователей по способу 1 (5.4.1):

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{|U_{пр} - U_{обр}|}{U_m - U_0} \quad (24)$$

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{|I_{пр} - I_{обр}|}{I_m - I_0} \quad (25)$$

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{|N_{пр} - N_{обр}|}{N_m - N_0} \quad (26)$$

здесь:

$U_{пр}, U_{обр}$ – экспериментально полученные значения падения напряжения на эталонном сопротивлении (или значения выходного сигнала постоянного напряжения) на одной и той же точке при изменении входного давления (при прямом и обратном ходах соответственно);

$I_{пр}, I_{обр}$ – экспериментально полученные значения выходного сигнала постоянного напряжения тока на одной и той же точке при изменении входного давления (при прямом и обратном ходах соответственно);

$N_{пр}, N_{обр}$ – экспериментально полученные значения выходного сигнала преобразователя в цифровом формате на одной и той же точке при изменении входного давления (при прямом и обратном ходах соответственно).

Остальные обозначения те же, что в формулах (1) и (8).

- При проверке преобразователей по способу 2 (5.4.1):

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{|P_{пр} - P_{обр}|}{P_m} \quad (27)$$

здесь:

$P_{пр}, P_{обр}$ – экспериментально полученные значения падения входной измеряемой величины (давления) при прямом и обратном ходах соответственно и при одном и том же номинальном значении выходного сигнала, кПа, МПа;

P_m – верхний предел измерений (или диапазон измерений) проверяемого преобразователя, кПа, МПа.

Значения γ_{Γ} не должны превышать предела ее допускаемого значения.

5.5.3. Допускается вместо определения действительного значения вариации осуществлять контроль соответствия ее предельно допускаемым значениям.

5.6 Результаты поверки преобразователей.

5.6.1 Преобразователь признают годным при первичной поверке, если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности $|\gamma_{\partial}| \leq \gamma_k \cdot |\gamma|$, а значение вариации показаний / выходного сигнала не превышает 0,5 значения допускаемой основной приведенной погрешности.

5.6.2 Преобразователь признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_{\partial}| > \gamma_k \cdot |\gamma|$, а значение вариации показаний / выходного сигнала превышает 0,5 значения допускаемой основной приведенной погрешности.

5.6.3 Преобразователь признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках выполняется условие, изложенное в п.5.6.1.

5.6.4 Преобразователь признают негодным при периодической поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_{\partial}| > \gamma_k \cdot |\gamma|$, а значение вариации показаний / выходного сигнала превышает 0,5 значения допускаемой основной приведенной погрешности.

Обозначения: γ_k – по п.5.4.3; γ – по п.5.4.5.

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

6 Оформление результатов поверки

6.1 Положительные результаты первичной и периодической поверки оформляют свидетельством о поверке по установленной форме в соответствии с приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

6.2 При отрицательных результатах поверки средство измерений к дальнейшему применению не допускают, свидетельство о поверке аннулируют и выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Начальник отдела 202 ФГУП «ВНИИМС»

Е. А. Ненашева

Инженер 1 категории отдела 202 ФГУП «ВНИИМС»

Е. В. Табаченкова