

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
Федеральной государственной службы
технического регулирования
Федерального государственного унитарного предприятия
«ВНИИМС»



И. В.Иванникова

2017 г.

**Преобразователи гидростатического давления измерительные
ЛН-10, ЛН-20, LF-1, LW-1**

Методика поверки

МП 207.1-060-2017

Настоящая методика распространяется на преобразователи гидростатического давления измерительные LH-10, LH-20, LF-1, LW-1, изготавливаемые по технической документации фирмы «WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG», Германия.

Преобразователи гидростатического давления измерительные LH-10, LH-20, LF-1, LW-1 (далее – преобразователи) предназначены для измерений и непрерывных преобразований гидростатического давления и температуры жидких сред в унифицированный электрический выходной сигнал постоянного тока или напряжения постоянного тока.

Методика поверки устанавливает методику первичной (до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта) и периодической (в процессе эксплуатации) поверок 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 погрешности измерений давления – 5.4.
- определение основной погрешности измерений температуры – 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
Манометр грузопоршневой МП-2,5	Верхний предел измерений 0,25 МПа, нижний предел измерений 0 МПа. Пределы допускаемой основной относительной 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 относительной погрешности, %: ±0,005 % от измеряемого давления
Манометр грузопоршневой МП-60	Верхний предел измерений 6 МПа, нижний предел измерений 0,1 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %: ±0,005 % от измеряемого давления
Манометр грузопоршневой МП-600	Верхний предел измерений 60 МПа, нижний предел измерений 1 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %: ± 0,01 % от измеряемого давления
Манометр грузопоршневой МП-2500	Верхний предел измерений 250 МПа, нижний предел измерений 5 МПа. Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %: ±0,02 % от измеряемого давления
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 $\pm 6,65$ Па в диапазоне 0,133 – 13,3 кПа; $\pm 13,3$ Па в диапазоне 13,3 – 133 кПа; $\pm 0,01$ % 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, %: $\pm 0,02$ % от верхнего предела измерений).
Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R)	Пределы допускаемой основной погрешности: $\pm(0,01$ % показания +1 мкА) в диапазоне ± 25 мА, $R_{вх} < 10$ МОм. $\pm(0,01$ % показания +1 мкА) в диапазоне от 0 до 25 мА, $R_{нагр} \leq 1140$ Ом (20 мА), 450 Ом (50 мА). $\pm(0,006$ % показания +0,25 мВ) в диапазоне от 1 до 60 В при $R_{вх} > 2$ МОм. $\pm(0,007$ % 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, %: $\pm 0,008\%$; $\pm 0,01\%$ (измерения) для ВПИ: от 10 кПа до 10 МПа (изб.); от 110 кПа до 10 МПа (абс.) от 7 до 100 МПа (изб., абс.) $\pm 0,013\%$; $\pm 0,018\%$ (измерения) для ВПИ: от 20 до 200 МПа (изб., абс.) $\pm 0,008\%$; $\pm 0,018\%$ (измерения) для ВПИ: от 10 кПа до 280 МПа (изб.); от 110 кПа до 280 МПа (абс.) $\pm 0,009\%$; $\pm 0,011\%$ (генерация) для диапазонов от -98,5 кПа до 10 МПа (изб.); 1,5 кПа до 10 МПа (изб., абс.) $\pm 0,013\%$; $\pm 0,014\%$; $\pm 0,016\%$ (генерация) для ВПИ от 7 до 100 МПа (изб., абс.) $\pm 0,016\%$; $\pm 0,020\%$ (генерация) для ВПИ от 20 до 200 МПа (изб., абс.)
Калибраторы давления СРС3000, СРС6000, СРС8000, СРС8000-Н	$\pm 0,025\%$ 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. $\pm 0,0125\%$ от диапазона измерений; $\pm 0,025\%$ от измеренного значения в диапазонах измерений от 0 до 0,01 МПа; от 0 до 10 МПа $\pm 0,01\%$; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,007 до 0...10 МПа; от -0,0025...0,0045 до -0,1...10 МПа.; $\pm 0,03\%$; 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. $\pm 0,005\%$ от диапазона измерений; $\pm 0,01\%$ от измеренного значения в диапазонах от 0...0,1 до 0...10 МПа; от -0,1...1 до -0,1...10 МПа $\pm 0,0026\%$ от диапазона измерений; $\pm 0,008\%$ от измеренного значения в диапазонах от 0...0,1 до 0...6,9 МПа (абс.) $\pm 0,004\%$ от диапазона измерений в диапазонах от 0...6,9 до 0...40,1 МПа (абс.) $\pm 0,01\%$; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,007 до 0...40 МПа; от -0,0025...0,0045 до -0,1...40 МПа. $\pm 0,03\%$; от диапазона измерений в диапазонах от 0...0,0025 до

	<p>0...0,007 МПа; от -0,0025...0 до -0,007...0 МПа. от -0,0025...0,0025 до -0,0025...0,0045 МПа.</p> <p>$\pm 0,01\%$ от диапазона измерений в диапазонах от 0...40 до 0...103 МПа $\pm 0,014\%$ от диапазона измерений в диапазонах от 0...103 до 0...160 МПа.</p>
Калибраторы давления CPG8000, CPG2500	$\pm 0,01\%$; $\pm 0,015\%$; $\pm 0,025\%$ 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 3458А	Пределы допускаемой абсолютной погрешности - в диапазоне измерений 100 мА: $\pm(25 \times 10^{-6}D + 4 \times 10^{-6}E)$ - в диапазоне измерений напряжения постоянного тока 10 В: $\pm(0,5 \times 10^{-6}D + 0,5 \times 10^{-6}E)$ где: D - показание прибора, E - верхнее граничное значение диапазона измерения
Меры электрического сопротивления однозначные МС 3050М	Классы точности 0,0005; 0,001; 0,002
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
Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.15	ПГ: $\pm(0,0002+3 \cdot 10 \cdot R)$ Ом (I=1 мА), $\pm(0,002+3 \cdot 10^{-6} \cdot t)$ °С
Термостат переливной прецизионный ТПП-1 модификации ТПП-1.1	Диапазон воспроизводимых температур от минус 40 до плюс 100 °С, нестабильность поддержания заданной температуры: $\pm 0,01$ (в диапазоне от минус 40 до плюс 35 °С), $\pm(0,0025+0,00005 \cdot t)$ °С, где t – значение заданной температуры (в диапазоне от плюс 35 до плюс 80 °С), $\pm(0,005+0,00005 \cdot t)$ °С (в диапазоне от плюс 80 до плюс 100 °С)
Термостат переливной прецизионный ТПП-1 модификации ТПП-1.2	Диапазон воспроизводимых температур от минус 60 до плюс 100 °С, нестабильность поддержания заданной температуры: $\pm 0,01$ (в диапазоне от минус 60 до плюс 35 °С), $\pm(0,0025+0,00005 \cdot t)$ °С, где t – значение заданной температуры (в диапазоне от плюс 35 до плюс 80 °С), $\pm(0,005+0,00005 \cdot t)$ °С (в диапазоне от плюс 80 до плюс 100 °С)
Эталонный термометр сопротивления типа ЭТС- 100/2, 3-го разряда	Диапазон измерений температуры: от минус 196 до плюс 156,60 °С
Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R)	Характеристики в соответствии с описанием типа (Регистрационный № 52489-13)
Источник постоянного тока GPC-3060D	Выходное напряжение до 60 В
НАРТ модем с интерфейсом USB, RS-232 или Bluetooth	Преобразователь сигналов НАРТ в сигналы интерфейса USB, RS-232 или Bluetooth для связи преобразователя с компьютером
НАРТ-коммуникатор	Устройство для связи с преобразователем по протоколу НАРТ

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 технической документации;
- проверяют на герметичность в соответствии с п.п. 4.2.1 – 4.2.4 систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонов и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

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

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений 250 кПа и менее, проводят в соответствии с п.4.2.3.

4.2.2 При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей, указанных в 4.2.1, 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 4.2.1, и позволяющее зафиксировать изменение давления на величину 0,5 % от заданного значения

давления. Далее в системе создают давление, установившееся значение которого соответствует требованиям 4.2.1, 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 преобразователя 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 $\pm(0,5 \dots 1)$ °С.

4.2.3 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.4.2.2. 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 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.

4.2.4 Проверку герметичности системы рекомендуется проводить при давлении, соответствующем наибольшему давлению из ряда верхних пределов измерений поверяемых преобразователей.

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 на корпусе и/или кабеле 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.

5.2.2 Работоспособность преобразователя проверяют изменяя измеряемую величину от нижнего до верхнего предельных значений. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала.

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

Методика проверки герметичности преобразователя аналогична методике проверки герметичности системы (4.2.1 – 4.2.3), но имеет следующие особенности:

- изменение давления определяют по изменению выходного сигнала или по изменению показаний цифрового индикатора поверяемого преобразователя, включенного в систему (4.2.2);
- 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 HART-коммуникатора, подключенного к преобразователю.

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 Руководстве по эксплуатации на преобразователь. Если данные требования не выполняются, то преобразователь считается непригодным к применению, к эксплуатации не допускается, выписывается извещение о непригодности к применению, дальнейшие пункты методики не выполняются.

5.4 Определение основной погрешности измерений давления

5.4.1 Основную погрешность преобразователя при измерении давления определяют по одному из способов:

1) По эталону на входе преобразователя устанавливаются 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 устанавливаются номинальные значения выходного аналогового сигнала (тока или напряжения) или устанавливаются номинальные значения цифрового сигнала преобразователя, а по другому эталону измеряют соответствующие значения входной величины (например, давления).

Примечания:

1 Преобразователи с функцией перенастройки диапазонов измерений поверяются в том диапазоне измерений, с которым они поступили в поверку.

2 Поверка преобразователей с несколькими выходными сигналами, соответствующими одной и той же входной измеряемой величине, производится по одному из этих сигналов, если иное не предусмотрено технической документацией на поверяемый преобразователь.

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

5.4.2 Устанавливаются 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. Устанавливаются 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 среднearифметическое 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 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
$P_{\text{вaм}}$	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05
$(\delta M)_{\text{вa}}$	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 ($\gamma_k = (\delta M)_{\text{вa}} - \alpha_p$). При этом, для проверки условия $P_{\text{вaм}} \leq 0,20$, 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 приведённой погрешности поверяемого преобразователя, % диапазона измерений.

Основная погрешность преобразователя, выраженная в процентах от диапазона измерений, 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 расчетные значения выходного сигнала определяют по формулам, 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 поверке преобразователей с выходным аналоговым сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении в мВ или В

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta u}{U_m - U_0} + \frac{\Delta_R}{R_{\text{эт}}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (2)$$

где Δ_p, P_m – 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:

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

3) При поверке 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 – 8).

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

$$I_p = I_0 + \frac{I_m - I_0}{P_m - P_n} (P - P_n), \quad (4)$$

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_0, 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

$$I_p = I_m - \frac{I_m - I_0}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (5)$$

3) Для преобразователей с выходным сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении $R_{\text{эт}}$

$$U_p = R_{\text{эт}} \cdot I_p, \quad (6)$$

где U_p – расчётное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, В;
 I_p – расчётное значение выходного сигнала постоянного тока (А), определяемое по формулам (4 – 5).

- 4) Для преобразователей с выходным информационным сигналом в цифровом формате:
 – с линейно возрастающей функцией преобразования

$$N_p = N_o + \frac{N_m - N_o}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (7)$$

где N_p – расчетное 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 (4);

- с линейно убывающей функцией преобразования

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

где N_p, N_m, N_o – то же, что в формуле (7)
 P, P_m, P_n – то же, что и в формуле (4)

5.4.7 Поверку преобразователей с программным обеспечением выбора функции преобразования входной измеряемой величины в соответствии с одним из видов (4 – 6, 7 – 8) производят при программной установке линейно возрастающей зависимости выходного сигнала (4) или (7), 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.4.2 и, при необходимости, корректируют значения выходного сигнала, соответствующие нижнему и верхнему предельным значениям 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 в соответствии с условиями 4.2.1, 4.2.2.

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 погрешности поверяемого преобразователя, если иное не указано в технической документации.

5.4.8 Основную 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 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 диапазона изменения выходного сигнала и после корректировки диапазона. Второй цикл допускается не проводить, если основная погрешность $\gamma_d \leq \gamma_k \cdot \gamma$.

При поверке преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,25 МПа и выше основную погрешность определяют по методике, изложенной в 5.4.10 с соблюдением условий, изложенных в 5.4.8, 5.4.9. По методике 5.4.10 допускается определять основную погрешность преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений от 0,1 до 0,25 МПа.

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

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_6 + P_{(\pm)}}{P_{m(a)}} \quad (9)$$

- для преобразователей с выходным сигналом в цифровом формате

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \frac{P_6 + P_{(\pm)}}{P_{m(a)}} \quad (10)$$

где $I_p, I_o, I_m, N_p, N_o, N_m$ – то же что в формулах (4) и (7);

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 (9) и (10) со знаком минус.

Расчетные значения избыточного давления и разрежения вычисляют по формулам

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

$$P_{(-)} = P_6 - P_a, \quad (12)$$

где P_a – номинальное значение абсолютного давления, МПа.

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

$$P_{m(-)} = (0,90 \dots 0,95) \cdot P_6, \quad (13)$$

при котором расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_6 - P_{m(-)}}{P_{m(a)}} \quad (14)$$

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

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \frac{P_6}{P_{m(a)}} \quad (15)$$

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

$$P_{m(+)} = P_{m(a)} - P_6 \quad (16)$$

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

$$\Delta_6 \leq \alpha_p \cdot \gamma \frac{P_{m(a)}}{100}, \quad (17)$$

где Δ_6 – 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 (9 – 16) допускается подставлять значение $P_6 = 0,1$ 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 $P_a \leq P_6$	В области $P_a \geq P_6$
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 калибровку нижнего предела измерений датчика при значении давления, соответствующего разрежению $P_{m(-)}$ в указанных пределах (13). Расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле (14). Допускается проводить калибровку при атмосферном давлении для верхних пределов измерений более 0,16 МПа, расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле (15).

5.4.11 Основную погрешность γ_0 в % нормирующего значения (5.4.4) вычисляют по приведённым ниже формулам:

– При поверке преобразователей по способу 1 (5.4.1):

$$\gamma_0 = \frac{I - I_p}{I_m - I_o} \cdot 100, \quad (18)$$

$$\gamma_0 = \frac{U - U_p}{U_m - U_o} \cdot 100, \quad (19)$$

$$\gamma_{\partial} = \frac{N - N_p}{N_m - N_o} \cdot 100, \quad (20)$$

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;

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

Остальные обозначения те же, что в формулах (1, 2, 6).

– При поверке преобразователей по способу 2 (5.4.1):

$$\gamma_{\partial} = \frac{P - P_{ном}}{P_m} \cdot 100, \quad (21)$$

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 погрешности измерений температуры

Определение погрешности измерений температуры проводится методом сравнения с эталонным термометром в жидкостных термостатах в 5-ти контрольных точках, равномерно расположенных во всем нормируемом диапазоне измерений, включая нижний и верхний пределы диапазона измерений.

5.5.1 В соответствии с Руководством по эксплуатации подключают зонд преобразователя к соотв. клеммам прибора МС6, устанавливают его в режим измерителя силы постоянного тока (или напряжения постоянного тока – в зависимости от типа выходного сигнала испытываемого преобразователя) с включенным внутренним источником питания.

5.5.2 Далее погружают зонд вместе с эталонным термометром в рабочую среду жидкостного термостата и устанавливают требуемую температурную точку. После достижения теплового равновесия между эталонным термометром, испытываемым преобразователем и термостатируемой средой и последующей выдержки в течение 10-ти минут снимают показания эталонного термометра и значения выходного сигнала преобразователя.

5.5.3 Значение температуры (t_{ia}), соответствующее измеренному аналоговому выходному сигналу $I(U)_{вых.i}$ рассчитывают по формуле:

$$t_{ia} = \frac{I(U)_{вых.i} - I(U)_{min}}{I(U)_{max} - I(U)_{min}} \times (t_{max} - t_{min}) + t_{min},$$

где: $I(U)_{вых.i}$ – значение выходного сигнала, соответствующее измеряемой температуре, мА (В);

$I(U)_{min}$, $I(U)_{max}$ – нижний и верхний пределы диапазона измерений выходного сигнала, мА (В);

t_{min} , t_{max} – нижний и верхний пределы, соответственно, диапазона измерений, согласно заказу, °С.

5.5.4 Операции повторяют для остальных температурных точек, находящихся в интервале измеряемых температур поверяемого преобразователя.

5.5.5 Основную абсолютную погрешность преобразователя вычисляют по формуле:

$$\Delta_0 = t_{ia} - t_d, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где: t_d – значение температуры, измеренное по эталонному термометру, °С.

Для расчета погрешности используются усредненные значения измеренных выходных сигналов поверяемых преобразователей и значения температуры по эталонному термометру.

5.6 Результаты поверки преобразователей.

5.6.1 Преобразователь признают годным при первичной поверке, если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности $|\gamma_{\partial}| \leq \gamma_k \cdot |\gamma|$.

5.6.2 Преобразователь признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_{\partial}| > \gamma_k \cdot |\gamma|$.

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

5.6.4 Преобразователь признают негодным при периодической поверке:

– если при первом цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_{\partial}| > (\delta_m)_{\text{ва max}} \cdot |\gamma|$;

– если при втором цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_{\partial}| > \gamma_k \cdot |\gamma|$.

Обозначения: $(\delta_m)_{\text{ва max}}$ – по п.5.4.2; γ_k – по п.5.4.3; γ – по п.5.4.5.

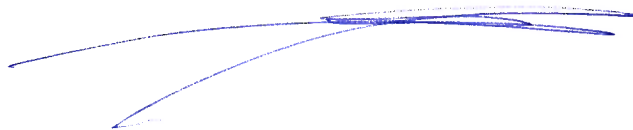
5.6.5 Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности γ_{∂} контролировать ее соответствие предельно допускаемым значениям.

6 Оформление результатов поверки

6.1 Положительные результаты поверки средств измерений удостоверяются свидетельством о поверке. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

6.2 При отрицательных результатах поверки, в соответствии с Приказом № 1815 Минпромторга России от 02 июля 2015 г., оформляется извещение о непригодности. Преобразователи к дальнейшей эксплуатации не допускают.

Начальник НИО 207



А. А. Игнатов