

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

«24» сентября 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи давления измерительные 3151

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-468-2024

Москва
2024

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на преобразователи давления измерительные 3151, используемые в качестве рабочих средств измерений в соответствии с государственными поверочными схемами для средств измерений давления, приведенными в 1.4 настоящей методики и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Преобразователи давления измерительные 3151 (далее – преобразователи) предназначены для непрерывного преобразования значения измеряемого параметра – избыточного, абсолютного давления, разности давлений нейтральных и агрессивных газообразных и жидких сред в унифицированный аналоговый выходной сигнал силы постоянного тока и (или) в цифровой сигнал.

1.3 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении А.

1.4 Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость преобразователей:

- к Государственному первичному эталону единицы давления-паскаля (ГЭТ 23-2010) и к Государственному первичному эталону единицы избыточного давления в диапазоне статического давления от 10 до 1600 МПа и в диапазоне импульсного давления от 1 до 1200 МПа и эффективной площади поршневых пар грузопоршневых манометров в диапазоне от 0,05 до 1 см² (ГЭТ 43-2022) в соответствии с поверочной схемой «Государственная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа», утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 октября 2022 г. № 2653;

- к Государственному первичному эталону единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне в диапазоне $1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^7$ Па (ГЭТ 101-2011) в соответствии с поверочной схемой «Государственная поверочная схема для средств измерений абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^7$ Па», утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06 декабря 2019 г. № 2900;

- к Государственному первичному специальному эталону единицы давления для разности давлений (ГЭТ 95-2020) в соответствии с поверочной схемой «Государственная поверочная схема для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па», утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 августа 2021 г. № 1904.

- к ГЭТ 23-2010, ГЭТ 43-2022 и ГЭТ 95-2020 в соответствии со структурной схемой прослеживаемости, приведенной в приложение Б.

1.5 Допускается в соответствии с заявлением (оформленного в произвольной форме) владельца средства измерений (далее – СИ) или лица, представившего преобразователь на поверку, проводить поверку на меньшем числе поддиапазонов измерений (на настроенный диапазон измерений, лежащий внутри максимального диапазона измерений в соответствии с описанием типа и превышающий минимальный диапазон измерений – минимально допустимая алгебраическая разность между значениями верхнего и нижнего предела измерений), а также проводить периодическую поверку преобразователей с несколькими выходными сигналами (соответствующими одной и той же входной измеряемой величине), только по одному выходному сигналу, в соответствии с заявлением владельца преобразователя с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки.

Соответствующая информация об объеме проведенной поверки должна быть указана в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ).

1.6 В настоящей методике поверки используются методы:

- непосредственного сличения с эталонным средством поверки;
- прямых измерений на эталонном средстве поверки.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении первичной и периодической поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 - Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	8.1	Да	Да
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	8.2	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			
– определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности	10.1	Да	Да
– определение вариации выходного сигнала	10.2	Да	Да
– подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10.3	Да	Да
Оформление результатов поверки	11	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды от плюс 15°C до плюс 25°C;
- относительная влажность воздуха, не более 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа.

Напряжение питания постоянного тока от 10,5 до 32,0 В.

Номинальное напряжение питания постоянного тока 24 В.

Сопротивление нагрузки в соответствии с эксплуатационной документацией.

3.2 Преобразователи, предназначенные для применения в рабочей среде с повышенным содержанием кислорода, должны сопровождаться письменной гарантией обезжиривания, без которой их поверка запрещена. В качестве рабочей среды, передающей давление приборам для измерения давления кислорода, рекомендуется вода или воздух. Не допускается среды, загрязненные маслом и органическими примесями.

Допускается поверять такие приборы без применения разделительной камеры. Для этого внутренние полости устройства для создания давления и эталонного прибора должны быть обезжирены и заполнены чистой водой. Обезжиривание должно быть подтверждено соответствующим документом.

Допускается вместо воды (воздуха) использовать другие жидкости (газы), взаимодействие которых с кислородом безопасно.

3.3 Рабочие среды эталонов должны соответствовать их документации.

3.4 В случае, если недопустима поверка на средах, указанных в пп. 3.2 - 3.3, преобразователь должен поверяться с применением разделительной камеры на рабочей среде или среде, не реагирующей с рабочей средой. В этом случае погрешность, вносимая разделительной камерой, не должна превышать 0,2 предела основной допускаемой погрешности преобразователя.

3.5 Если рабочей средой при поверке является жидкость, то торец штуцера преобразователя и торец штуцера эталона или торец поршня грузопоршневого манометра должны находиться в одной горизонтальной плоскости с допускаемой погрешностью:

$$\Delta H \leq 10^{-3} \gamma \frac{P_{\max}}{\rho \cdot g}, \quad (1)$$

где γ — предел допускаемой основной погрешности преобразователя в процентах от нормирующего значения (диапазона измерений $P_{\max}$);
 ρ — плотность рабочей среды;
 g — ускорение свободного падения в месте поверки.

3.6 При отсутствии технической возможности выполнения требований п. 3.5, в показания эталона (или поверяемого прибора) должна быть внесена поправка, учитывающая влияние столба рабочей среды:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta H, \quad (2)$$

Поправка прибавляется к показаниям того прибора, уровень расположения торца которого выше.

Примечание — допускается учитывать поправку путем установки нулевого значения после подсоединения к эталону. При этом после окончания поверки нулевое значение следует установить при атмосферном давлении.

3.7 При поверке преобразователей разности давлений с приемными камерами для подвода большего давления («плюсовая» камера - Н) и меньшего давления («минусовая» камера - L) значение измеряемой величины (разности давлений) устанавливаются, подавая соответствующее значение избыточного давления в «плюсовую» камеру преобразователя, при этом «минусовая» камера сообщается с атмосферой. Допускается также проведение поверки преобразователей разности давлений при сообщении плюсовой камеры с атмосферой и подачей соответствующего избыточного давления в минусовую камеру.

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

3.8 Устанавливают следующие критерии достоверности поверки:

$R_{\text{в.ам}}$ — наибольшая вероятность ошибочного признания годным любого в действительности дефектного экземпляра преобразователя;

$(\delta_{\text{м}})_{\text{ва}}$ — отношение наибольшего возможного модуля основной погрешности экземпляра преобразователя, который может быть ошибочно признан годным, к пределу допускаемой основной погрешности

Допускаемые значения критериев достоверности принимают равными: $R_{\text{в.ам}}=0,20$; $(\delta_{\text{м}})_{\text{ва max}} = 1,24$.

3.9 Устанавливают следующие параметры поверки:

m — число поверяемых точек от нижнего до верхнего предела измерений, $m \geq 5$;

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 увеличить число наблюдений в поверяемых точках до 3 или 5, принимая при этом среднеарифметическое значение результатов наблюдений за достоверное значение в данной точке;

$\gamma_{\text{к}}$ — абсолютное значение отношения контрольного допуска к пределу допускаемой основной погрешности;

$\alpha_{\text{р}}$ — отношение предела допускаемого значения погрешности эталонов, применяемых при поверке, к пределу допускаемого значения основной погрешности поверяемого преобразователя.

Значения γ_k и α_p выбирают по таблице 2 (3.10) в соответствии с принятыми критериями достоверности поверки.

3.10 Выбор эталонов для определения основной погрешности поверяемых преобразователей осуществляют, исходя из технических возможностей и технико-экономических предпосылок с учётом критериев достоверности поверки по 3.8 и в соответствии с таблицей 2.

Т а б л и ц а 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

П р и м е ч а н и е – Таблица составлена в соответствии с критериями достоверности поверки по п. 8.1.1 и согласно МИ 187-86 «ГСИ. Критерии достоверности и параметры методик поверки» и МИ 188-86 «ГСИ. Установление значений параметров методик поверки».

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

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

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m - P_n} + \frac{\Delta_i}{I_m - I_o} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \quad (3)$$

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

P_m – верхний предел измерений поверяемого преобразователя, кПа;

P_n – нижний предел измерений поверяемого преобразователя, кПа;

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 3.9;

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

2) При поверке преобразователей с аналоговым выходным сигналом постоянного тока и определении значений выходного сигнала в мВ или В по падению напряжения на эталонном сопротивлении

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m - P_n} + \frac{\Delta_u}{U_m - U_o} + \frac{\Delta_R}{R_{\text{эт}}} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma \quad (4)$$

где Δ_p , P_m , P_n – то же, что в формуле (3);

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

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

3) При поверке преобразователей с цифровым выходным сигналом

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

где все обозначения те же, что и в формулах (3) и (4).

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, являющиеся специалистами органа метрологической службы, юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на проведение поверки.

4.2 К поверке допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемые средства измерений, эксплуатационную документацию на средства поверки.

4.3 При проведении поверки достаточно участие одного поверителя.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства, указанные в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Сведения о средствах поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п.8 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 15 °С до плюс 25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,4$ °С; Средства измерений относительной влажности окружающей среды в диапазон измерений от 30 % до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности: ± 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 84,0 до 106,7 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,5$ кПа	Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7 М 5-Д, рег. № 71394-18 в ФИФОЕИ; Барометр образцовый переносной БОП-1М, рег. № 26469-17 в ФИФОЕИ;
п.8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений п.10 Определение метрологических характеристик средства измерений. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочие эталоны единицы давления и средства измерений, соответствующие требованиям 1-го, 2-го, 3-го разрядов в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (далее - Росстандарт) от 20 октября 2022 г. №2653 в диапазоне от минус 0,1 до 42 МПа, пределы допускаемой основной приведённой погрешности не более $\pm(0,025...0,18)\%^{1)}$;	Барометр образцовый переносной БОП-1М, рег. № 26469-17 в ФИФОЕИ; Калибратор давления СРГ2500 рег. № 54615-13 в ФИФОЕИ; Калибратор давления Метран-505 "Воздух", рег. № 42701-09 в ФИФОЕИ;

Продолжение таблицы 3

1	2	3
п.8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений п.10 Определение метрологических характеристик средства измерений. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочие эталоны единицы давления и средства измерений, соответствующие требованиям 1-го, 2-го и 3-го разрядов в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (далее - Росстандарт) от 20 октября 2022 г. № 2653 в диапазоне от минус 0,1 до 42 МПа, пределы допускаемой основной приведённой погрешности не более $\pm(0,025...0,18)\%$¹⁾; Рабочие эталоны единицы давления и средства измерений, соответствующие требованиям 1-го, 2-го и 3-го разрядов в соответствии с приказом Росстандарта от 06 декабря 2019 г. № 2900 в диапазоне от 0 до 7 МПа, пределы допускаемой основной приведённой погрешности не более $\pm(0,03...0,18)\%$¹⁾; Рабочие эталоны единицы давления и средства измерений, соответствующие требованиям 1-го, 2-го и 3-го разрядов в соответствии с приказом Росстандарта от 31 августа 2021 г. № 1904 в диапазоне от 0 до 0,1 МПа, пределы допускаемой основной приведённой погрешности не более $\pm(0,025...0,18)\%$¹⁾; Рабочий эталон единицы силы постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям не ниже 2-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 01 октября 2018 г. № 2091, в диапазоне от 4 до 20 мА; Рабочий эталон единицы постоянного электрического напряжения и средства измерений, соответствующие требованиям 3 разряда по приказу Росстандарта от 28 июля 2023 г. № 1520; Рабочий эталон единицы электрического сопротивления 3-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456, диапазон воспроизведения значений электрического сопротивления от 0,01 до 111111,1 Ом	Манометры газовые грузопоршневые МГП, рег. № 52506-16 в ФИФОЕИ; Манометры грузопоршневые МП, рег. № 52189-16 в ФИФОЕИ; Преобразователи давления эталонные ПДЭ-020, ПДЭ-020И, рег. № 58668-14 в ФИФОЕИ; Преобразователи давления эталонные ПДЭ-040, ПДЭ-040И, рег. № 86335-22 в ФИФОЕИ; Микроманометр МКВ-2500, рег. № 42701-09 в ФИФОЕИ; Калибратор давления малогабаритный ЭЛЕМЕР-КДМ-020, рег. № 62812-15 в ФИФОЕИ; Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R), рег. № 52489-13 в ФИФОЕИ; Калибратор давления портативный Элметро-Паскаль-02, рег. № 48184-11 в ФИФОЕИ; Калибратор давления портативный Элемер-ПКД-160, рег. № 52356-13 в ФИФОЕИ; Мультиметр 3458А, рег. № 25900-03 в ФИФОЕИ; Вольтметр универсальный GDM-79061, рег. № 76322-19 в ФИФОЕИ; Мера электрического сопротивления постоянного тока многозначная МС3070М-1, рег. № 64073-16 в ФИФОЕИ;

Окончание таблицы 3

1	2	3
Вспомогательные технические средства		
п.8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений п.10 Определение метрологических характеристик средства измерений. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Средства воспроизведения давления в диапазоне значений от минус 0,095 до 0,6 МПа	Пресс пневматический ручной «ЭЛЕМЕР-PRV-6»
	Средства воспроизведения давления в диапазоне значений от 0 до 42 МПа	Система гидропневматическая «ЭЛЕМЕР-СГП-1000»
	Средства измерений времени в диапазоне измерений от 0 до 59,99 с; от 0 до 9 ч. 59 мин. 59,99 с. с допускаемой абсолютной погрешностью измерений времени $\pm (9.6 \times 10^{-6} \times T_x + 0,01)$ с, где T_x – значение измеренного интервала времени	Секундомер электронный Интеграл С-01, рег.№ 44154-16
	Верхний предел воспроизведения сопротивления 111111,1 Ом	Магазин сопротивления Р4831
	Средства воспроизведения и поддержания напряжения постоянного тока от 10,5 до 32,0 В	Источник питания постоянного тока GPR, модификации GPR 76030D
п.8, п.10 п.9 Проверка программного обеспечения	Устройства для связи преобразователя с компьютером по цифровому каналу (для преобразователя с цифровым выходным сигналом на базе HART-протокола)	HART-модем (преобразователь интерфейса HART)
	Устройства для связи с преобразователем по цифровому каналу и для обмена данными по протоколу HART	HART-коммуникатор 375 Field Communicator
	Персональный компьютер с операционной системой Windows и установленным внешним программным обеспечением для считывания цифровых выходных сигналов по протоколу HART	

¹⁾ Диапазон и точность эталона выбирается в зависимости от поверяемого преобразователя. Выбор средств поверки для определения основной погрешности преобразователей осуществляют с учетом критериев достоверности поверки в соответствии с п. 3.9 и п. 3.10.

П р и м е ч а н и е - допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Все операции поверки, предусмотренные настоящей методикой поверки, экологически безопасны. При их выполнении, проведение специальных защитных мероприятий по охране окружающей среды не требуется.

6.2 При поверке преобразователей выполняют требования техники безопасности, изложенные в документации на применяемые средства поверки.

6.3 Запрещается отсоединять поверяемый преобразователь с устройства для создания давления при наличии давления в системе.

6.4 Запрещается создавать давление, превышающее верхний предел измерений прибора.

Работы по соединению вспомогательных устройств должны выполняться до подключения к сети электропитания.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра устанавливают:

- соответствие комплектности;
- соответствие внешнего вида преобразователя, указанного в описании типа и эксплуатационной документации;
- наличие на корпусе преобразователя маркировки, соответствующей требованиям технической и эксплуатационной документации: серийного номера, диапазона измерений, диапазона и вида выходного сигнала, напряжения питания;
- отсутствие механических повреждений корпуса и штуцера, препятствующих прочному присоединению к устройству создания давления и способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки. Соединение корпуса с держателем должно быть прочным, не допускающим смещения корпуса. Преобразователь должен быть чистым.
- отсутствие на дисплее цифрового индикатора (при его наличии) повреждений, препятствующих правильному отсчету показаний;
- отсутствие механических повреждений и коррозии клеммных колодок, электрических контактов и (или) разъемов для внешних соединений.
- наличие паспорта на преобразователь; при периодической поверке допускается вместо паспорта представлять документ с указанием предела измерений, предельных значений выходного сигнала, требуемого предела допускаемой основной погрешности и серийного номера, присвоенного предприятием-изготовителем.

7.2 Преобразователи, не отвечающие перечисленным требованиям по 7.1, не подлежат поверке до устранения неисправностей и несоответствий. После их устранения внешний осмотр проводят в полном объеме.

Примечание – преобразователи кислородного исполнения сдаются в поверку только с письменной гарантии об обезжиривании. Преобразователь должен иметь обозначение – кислород.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки: перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- перед проведением операций поверки выполнить контроль условий окружающей среды. (Контроль осуществлять измерением влияющих факторов, указанных в п. 3.1, с помощью прибора контроля условий поверки (или иных средств измерений указанных параметров). Измерения влияющих факторов проводить в комнате, где проводятся операции поверки. Результаты измерений температуры, относительной влажности, атмосферного давления и напряжения питания должны находиться в пределах, указанных в п. 3.1. В противном случае поверку не проводят до приведения условий поверки в соответствии с п. 3.1.)

- преобразователь должен предварительно выдерживаться в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха, указанной в пункте 3.1, не менее:
 - 3 ч - при разнице температур воздуха в помещении для поверки и местом, откуда вносится прибор, более 10 °С;
 - 1 ч - при разнице температур воздуха в помещении для поверки и местом, откуда вносится прибор, от 1 °С до 10 °С.
 - при разнице указанных температур менее 1 °С выдержка не требуется.
- ознакомиться с эксплуатационной документацией на поверяемое СИ и эталоны единиц величин;
- система, состоящая из соединительных линий, эталона и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемого параметра должна быть проверена на герметичность в соответствии с пп. 8.1.1 - 8.1.4.
- преобразователь должен быть установлен в рабочее положение с соблюдением указаний технической документации;
- выдержка преобразователя перед началом работы не менее 1 мин после включения питания, если иное не указано в технической документации;

8.1.1 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.

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

Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений 250 кПа и менее, проводят в соответствии с 8.1.3.

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

Проверку герметичности системы допускается совмещать с определением основной погрешности поверяемого преобразователя.

8.1.2 При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей, указанных в 8.1.1, 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 8.1.1, и позволяющее зафиксировать изменение давления на величину 0,5 % от заданного значения давления. Далее в системе создают давление, установившееся значение которого соответствует требованиям 8.1.1, 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 не наблюдают падения давления в течение последующих 2 мин. При необходимости время выдержки под давлением может быть увеличено.

8.1.3 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:

- 1) устанавливают в системе заведомо герметичный преобразователь или любое другое средство измерений абсолютного давления, отвечающее требованиям к СИ в соответствии с п. 8.1.2. 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).

- 2) после выдержки системы в течение 1 мин не должно наблюдаться падения давления в течение последующих 2 мин. При необходимости время выдержки под давлением может быть увеличено.

8.1.4. Если система предназначена для поверки преобразователей с разными значениями верхних пределов измерений, проверку герметичности рекомендуют проводить при давлении, соответствующем наибольшему из этих значений.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании проводят проверку общего функционирования преобразователя, а также проверяют герметичность системы при давлении, равном верхнему пределу измерений преобразователя.

8.2.2 В соответствии с эксплуатационной документацией преобразователь подключают к системе давления, а также подключают преобразователь давления:

- для преобразователей с выходным аналоговым сигналом силы постоянного тока от 4 до 20 мА подключить к миллиамперметру по токовой петле;

- для преобразователей с цифровым выходным сигналом подключить к источнику питания и к HART-коммуникатору или к персональному компьютеру (ПК) посредством HART-модема с программным обеспечением для связи с персональным компьютером и считывания информации с цифрового выхода преобразователя.

8.2.3 Методика проверки герметичности преобразователя аналогична методике проверки герметичности системы, но имеет следующие особенности: изменение давления определяют по изменению выходного сигнала или по изменению показаний на дисплее цифрового индикатора (при его наличии) поверяемого преобразователя в течение 30 с (не менее). Допускаемый спад давления не должен превышать 0,5 % от верхнего предела измерений поверяемого преобразователя. В случае отсутствия герметичности системы с установленным поверяемым преобразователем проводят операции по поиску и устранению источников утечки давления (следует проверить отдельно герметичность системы и преобразователя) и проверяют герметичность системы заново.

8.2.4 Измерительную систему считают герметичной, если в указанный период времени под давлением, равным или близким верхнему пределу настроенного диапазона измерений давления, не наблюдается падения давления.

8.2.5 Работоспособность преобразователя проверяют, изменяя измеряемую величину. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала и (или) показаний на цифровом индикаторе (при наличии).

8.2.6 Результаты опробования считают положительными, если по операциям пп. 8.2.2 – 8.2.5 была достигнута герметичность системы, а также наблюдаются изменения выходного сигнала и (или) показаний на цифровом индикаторе (при наличии) у преобразователя.

Примечание – проверку по пп. 8.2.2 – 8.2.5 допускается совмещать с проверкой основной погрешности.

9 Проверка программного обеспечения

9.1 Методика проверки идентификационных данных программного обеспечения (далее - ПО) преобразователей заключается в установлении номера версии ПО при помощи приёмного устройства, поддерживающего соответствующий цифровой коммуникационный протокол для считывания информации.

Считывание информации о номере версии ПО преобразователя осуществляется подключением к выходу преобразователя HART-коммуникатора или HART-модема с программным обеспечением для связи с персональным компьютером и считывания информации с цифрового выхода преобразователя. Могут использоваться другие устройства для считывания информации, в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на преобразователь.

9.2 Преобразователи считаются прошедшими поверку с положительным результатом, если номер версии (идентификационный номер) ПО соответствует значению метрологически значимой части ПО указанного в описании типа на преобразователь.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности

10.1.1 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 аналогового выходного сигнала.

Приведенную к диапазону измерений погрешность преобразователей определяют методом непосредственного сличения показаний преобразователя с показаниями эталона (эталонов).

Поверка преобразователей с несколькими выходными сигналами, соответствующими одной и той же входной измеряемой величине, производится по всем выходным сигналам (аналоговому и цифровому). Допускается проводить периодическую поверку преобразователя с несколькими выходными сигналами, соответствующими одной и той же входной измеряемой величине, только по одному выходному сигналу в соответствии с заявлением владельца СИ.

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.

10.1.2 Устанавливают следующие параметры поверки:

Основная приведенная к диапазону измерений погрешность преобразователей определяется по результатам измерений давления не менее чем в пяти значениях достаточно равномерно распределённых от нижнего до верхнего предела измерений, в том числе при значениях измеряемой величины, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям выходного сигнала.

При поверке преобразователей давление плавно повышают (прямой ход) и проводят отсчет показаний на заданных отметках диапазона. На верхнем пределе измерений преобразователей выдерживают под давлением в течение одной минуты, после чего давление плавно понижают (обратный ход) и проводят отсчет показаний при тех же значениях давления, что и при повышении.

При поверке преобразователей с пределом измерений в области разрежения, равным 100 кПа, допускается устанавливать максимальное значение разрежения в пределах 0,90 — 0,95 от атмосферного давления P_6 .

При поверке преобразователей абсолютного давления с нижним пределом измерений, равным 0, в качестве нижнего предела измерений (первой проверяемой точки) принимают значение давления, максимально приближенное к 0. За нижнюю контрольную точку допускается принимать значение 5 кПа. Для преобразователей с верхними пределами измерений менее 50 кПа первая задаваемая точка должна быть не более 10 - 15 % диапазона измерений.

Перед определением основной погрешности должны быть соблюдены требования 8.1 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 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 не превышает допускаемую.

При поверке преобразователей абсолютного давления основную погрешность допускается определять по методике, изложенной в 10.1.4 с соблюдением условий, изложенных в 10.1.2.

10.1.3 Расчетные значения выходного сигнала поверяемого преобразователя для заданного номинального значения входной измеряемой величины определяют по формулам:

- для преобразователей с линейно возрастающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока (I_p) от входной измеряемой величины (P):

$$I_p = I_o + \frac{I_B - I_H}{P_m - P_n} (P - P_n) , \quad (6)$$

где: I_p – расчётное значение выходного сигнала постоянного тока, мА;

P – номинальное значение входной измеряемой величины, кПа и др.; для преобразователей, настроенных в диапазоне от избыточного давления до разрежения, значение P в области разрежения подставляется в формулу (6) со знаком минус;

P_n – нижний предел измерений для всех преобразователей, кроме преобразователей давления-разрежения, кПа и др.; для которых значение P_n численно равно верхнему пределу измерений в области разрежения $P_{m(-)}$ и в формулу (6) подставляется со знаком минус;

P_m – верхний предел измерений (или диапазон измерений) поверяемого преобразователя, кПа и др.;

I_H, I_B – соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала преобразователя, мА

- для преобразователей с выходным сигналом постоянного тока и функцией преобразования входной измеряемой величины по закону квадратного корня:

$$I_p = I_o + (I_B - I_H) \sqrt{\frac{P}{P_m}} , \quad (7)$$

где: P – входная измеряемая величина;

P_m – верхний предел измерений или диапазон измерений поверяемого преобразователя разности давлений, кПа и др.

Остальные обозначения те же, что и в формуле (6)

- для преобразователей с выходным сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении $R_{эт}$

$$U_p = R_{эт} \cdot I_p, \quad (8)$$

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

I_p – расчетное значение выходного сигнала постоянного тока, определяемое по формулам (6) и (7), мА.

Для преобразователей с цифровым выходным сигналом расчетные значения выходного сигнала (N_p) определяют по формуле:

- для преобразователей с выходным сигналом в цифровом формате расчетные значения сигнала совпадают с номинальными значениями входной измеряемой величины (P):

$$N_p = P, \quad (9)$$

где: N_p – расчетное значение выходного сигнала в цифровом формате;

10.1.4. Определение основной погрешности преобразователей абсолютного давления допускается проводить с использованием эталонов разрежения и 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.

Расчетные значения выходного сигнала датчика при задании избыточного давления определяют по формуле (10):

$$I_p = I_H + (I_B - I_H) \cdot \frac{P_{атм} + P_{(+)}}{P_{B(a)}}, \quad (10)$$

Расчетные значения выходного сигнала датчика при задании разрежения определяют по формуле (11):

$$I_p = I_H + (I_B - I_H) \cdot \frac{P_{атм} - P_{(-)}}{P_{B(a)}}, \quad (11)$$

где I_p , I_H , I_B – обозначения те же, что и в формулах (6);

$P_{атм}$ – атмосферное давления в помещении, где проводят испытания, кПа и др.;

$P_{B(a)}$ – верхний предел измерений преобразователя абсолютного давления, кПа и др.;

$P_{(+)}$ – избыточное давление, подаваемое в датчик, кПа;

$P_{(-)}$ – разрежение, создаваемое в преобразователе, кПа.

Для датчиков с цифровым выходным сигналом расчетные значения выходного сигнала при задании избыточного давления и разрежения определяют по формулам: (12) и (13):

$$N_p = P_a - P_{атм}; \quad (12)$$

$$N_p = P_{атм} - P_a, \quad (13)$$

где P_a – номинальное значение абсолютного давления, кПа;

$P_{атм}$ – атмосферное давления в помещении, где проводят испытания, кПа.

Вблизи нуля абсолютного давления датчик испытывают, создавая на его входе разрежение по формуле (14):

$$P_{(-)} = (0,90 \dots 0,95) \cdot P_{атм}, \quad (14)$$

при котором расчетное значение выходного сигнала определяют по формуле (11).

Расчетные значения выходного сигнала при атмосферном давлении на входе датчика определяют по формуле (15):

$$I_p = I_H + (I_B - I_H) \cdot \frac{P_{атм}}{P_{B(a)}}, \quad (15)$$

где все обозначения те же, что и в формуле (11).

Максимальное значение избыточного давления $P_{(+)}$, при котором расчетное значение выходного сигнала $I_p = I_B$, определяют по формуле (16):

$$P_{(+)} = P_{B(a)} - P_{атм}, \quad (16)$$

В зависимости от верхних пределов измерений поверяемых преобразователей их основную погрешность определяют при m значениях измеряемой величины в соответствии с таблицей 4 и с учетом требований 10.1.2.

Таблица 4

Верхние пределы измерений, МПа	Число поверяемых точек, <i>m</i>	
	В области $P_a \leq P_6$	В области $P_a \geq P_6$
0,1	5	—
0,16	3	2
0,25	2	3
от 0,4 до 2,5 (вкл.)	1	4
свыше 2,5	—	5

10.1.5 Основную приведенную к диапазону измерений погрешность γ_d в %, в зависимости от выходного сигнала, вычисляют по формулам:

$$\gamma_d = \frac{I - I_p}{I_B - I_o} \cdot 100, \% \quad (17)$$

$$\gamma_d = \frac{N - N_p}{P_m - P_o} \cdot 100, \% \quad (18)$$

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

где: I — экспериментально полученное значение выходного сигнала на выходе преобразователя при измерении тока, мА;
 N — экспериментально полученное значение цифрового выходного сигнала преобразователя;
 U — значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, полученное экспериментально при измерении выходного сигнала и номинальном значении входной измеряемой величины (давления), мВ, В;
 U_p — расчётное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, мВ, В;
 U_m, U_o — соответственно верхнее и нижнее предельное значения напряжений на эталонном сопротивлении, мВ, В;
 I_p — расчетное значение выходного сигнала постоянного тока, мА;
 I_m, I_o — соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного сигнала, мА;
 N_p — расчетное значение выходного цифрового сигнала;
 P_o, P_m — соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного информационного сигнала преобразователя в цифровом формате, кПа и др.

10.2 Определение вариации выходного сигнала

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

Вариацию выходного сигнала γ_{Γ} в % от настроенного диапазона измерений, в зависимости от выходного сигнала, вычисляют по формулам:

$$\gamma_{\Gamma} = \left| \frac{I' - I}{I_m - I_o} \right| \cdot 100, \% \quad (20)$$

$$\gamma_{\Gamma} = \left| \frac{N' - N}{P_m - P_o} \right| \cdot 100, \% \quad (21)$$

$$\gamma_{\Gamma} = \left| \frac{U' - U}{U_m - U_o} \right| \cdot 100, \% \quad (22)$$

- где: I', I – экспериментально полученные значения выходного сигнала в одной и той же точке при измерении на выходе тока соответственно при прямом и обратном ходе, мА;
- U', U – значения падения напряжения на эталонном сопротивлении, полученные экспериментально при измерении выходного сигнала и при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно, мВ, В;
- N', N – значения цифрового выходного сигнала датчика, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно.
- I_m, I_o – соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного сигнала, мА;
- P_m, P_o – соответственно верхний и нижний предел измерений поверяемого преобразователя, кПа и др.;
- U_m, U_o – соответственно верхнее и нижнее предельные значения напряжений на эталонном сопротивлении, мВ, В;

10.3 Подтверждение соответствия метрологическим требованиям

10.3.1 Преобразователь признают годным при первичной поверке, если на всех поверяемых точках модуль основной погрешности $|\gamma_{\partial}| \leq |\gamma|$, а значение вариации γ_{Γ} в каждой точке измерений не превышает предела ее допускаемого значения.

10.3.2 Преобразователь признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_{\partial}| > |\gamma|$ или значение вариации γ_{Γ} превышает предел ее допускаемого значения.

10.3.3 Преобразователь признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках выполняется условие $|\gamma_{\partial}| \leq |\gamma|$, а значение вариации γ_{Γ} в каждой точке измерений не превышает предела ее допускаемого значения.

10.3.4 Преобразователь признают негодным при периодической поверке, если при первом цикле поверки хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_{\partial}| > |\gamma|$, или значение вариации γ_{Γ} превышает предела ее допускаемого значения.

П р и м е ч а н и е – γ – пределы допускаемой основной приведенной (к диапазону измерений) погрешности поверяемого преобразователя, %.

10.3.5 Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности γ_{∂} и вариации γ_{Γ} контролировать их соответствие предельно допускаемым значениям.

10.3.6 Критерием принятия решения по подтверждению соответствия метрологическим требованиям считается сравнение полученных при измерениях и вычислениях по формулам (17) - (22) значений с установленными при утверждении типа и отраженными в таблице А.1 приложения А.

При отрицательных результатах поверки поверяемый преобразователь не допускается к применению.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты первичной и/или периодической поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

11.2 Результаты поверки заносят в протокол произвольной формы.

11.3 При положительных результатах первичной и/или периодической поверки средства измерений признаются годными и допускаются к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке.

11.4 Конструкция не предусматривает нанесение знака поверки на средство измерений.

11.5 При отрицательных результатах первичной и/или периодической поверки на средство измерений по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, оформляется извещение о непригодности к применению.

Ведущий инженер по метрологии
ЛОЕИ ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



Г.С. Володарская

Ведущий инженер по метрологии
ЛОЕИ ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



П.А. Гриценко

Приложение А
(обязательное)

Метрологические требования, которые должны быть подтверждены в результате поверки

Т а б л и ц а А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Верхний предел преобразований/измерений разности давлений, кПа ⁴⁾ : - для кода диапазона «3» - для кода диапазона «4» ⁵⁾ - для кода диапазона «5» ⁵⁾ - для кода диапазона «6» ⁵⁾ - для кода диапазона «7» ⁵⁾ - для кода диапазона «8»	7,5 37,4 186,8 690 2068 6890
Максимальный диапазон преобразований/измерений разности давлений, кПа ^{1), 2), 4), 8)} : - для кода диапазона «3» - для кода диапазона «4» ⁵⁾ - для кода диапазона «5» ⁵⁾ - для кода диапазона «6» ⁵⁾ - для кода диапазона «7» ⁵⁾ - для кода диапазона «8»	от –7,5 до 7,5 от –37,4 до 37,4 от –186,8 до 186,8 от –690 до 690 от –2068 до 2068 от –6890 до 6890
Верхний предел преобразований/измерений избыточного давления, кПа ^{6), 9)} : - для кода диапазона «3» - для кода диапазона «4» - для кода диапазона «5» - для кода диапазона «6» - для кода диапазона «7» - для кода диапазона «8» - для кода диапазона «9» - для кода диапазона «0»	7,5 37,4 186,8 690 2068 6890 20680 41370
Нижний предел преобразований/измерений избыточного давления, кПа ^{6), 9)} : - для кода диапазона «3» - для кода диапазона «4» - для кода диапазона «5», «6», «7», «8», «9», «0»	–7,5 –37,4 –100
Максимальный диапазон преобразований/измерений абсолютного давления, кПа ^{1), 2), 7), 9)} : - для кода диапазона «4» - для кода диапазона «5» - для кода диапазона «6» - для кода диапазона «7» - для кода диапазона «8»	от 0 до 37,4 от 0 до 186,8 от 0 до 690 от 0 до 2068 от 0 до 6890

Окончание таблицы А.1

Наименование характеристики	Значение
Минимальный диапазон ³⁾ преобразований/измерений давления, кПа ⁹⁾ : - для кода диапазона «3» ^{4), 6)} - для кода диапазона «4» ^{4), 5), 6), 7)} - для кода диапазона «5» ^{4), 5), 6), 7)} - для кода диапазона «6» ^{4), 5), 6), 7)} - для кода диапазона «7» ^{4), 5), 6), 7)} - для кода диапазона «8» ^{4), 6), 7)} - для кода диапазона «9» ⁶⁾ - для кода диапазона «0» ⁶⁾	0,25 0,374 1,86 6,9 20,68 68,9 206,8 413,7
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений давлений (γ), % от диапазона измерений ¹⁾ : - для модификаций 3151SD, 3151SG, 3151SH: - для кода диапазона «3», при: - $D_n \geq \text{ВПИ}/10$ - $D_n < \text{ВПИ}/10$ - для кодов диапазонов «4» «5» «6» «7», при: - $D_n \geq \text{ВПИ}/10$ - $D_n < \text{ВПИ}/10$ - для кодов диапазонов «8», «9», «0», при: - $D_n \geq \text{ВПИ}/10$ - $D_n < \text{ВПИ}/10$ - для модификации 3151SA - для кодов диапазонов «4» «5» «6» «7» «8», при: - $D_n \geq \text{ВПИ}/10$ - $D_n < \text{ВПИ}/10$	$\pm 0,1$ $\pm(0,05+0,005 \cdot \text{ВПИ}/D_n)$ $\pm 0,075$ $\pm(0,025+0,005 \cdot \text{ВПИ}/D_n)$ $\pm 0,1$ $\pm(0,05+0,005 \cdot \text{ВПИ}/D_n)$ $\pm 0,1$ $\pm(0,05+0,005 \cdot \text{ВПИ}/D_n)$
Вариация выходного сигнала ¹⁰⁾ , %	$0,8 \cdot \gamma $

¹⁾ Фактический диапазон измерений (посредством указания нижнего предела измерений и верхнего предела измерений) и пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений давлений приведен в паспорте и нанесен на маркировочную табличку (прикрепленную к корпусу преобразователя).
²⁾ При изготовлении или эксплуатации допускается настройка преобразователей на любой диапазон измерений, лежащий внутри приведённого в таблице максимального диапазона измерений, но величина диапазона измерений должна быть не менее минимального диапазона измерений. Информация о настроенном диапазоне измерений при изготовлении или эксплуатации и его основной погрешности, заносится в паспорт преобразователя.
³⁾ Минимальный диапазон измерений – минимально допустимая алгебраическая разность между значениями верхнего и нижнего предела измерений.
⁴⁾ Для модификации 3151SD.
⁵⁾ Для модификации 3151SH.
⁶⁾ Для модификации 3151SG.
⁷⁾ Для модификации 3151SA.
⁸⁾ Знак «минус» определяется тем, какая из камер отбора давления является базовой;
⁹⁾ В меню преобразователей предусмотрен выбор единиц измерения давления, допущенных к применению в РФ.
¹⁰⁾ К настроенному диапазону измерений.

Приложение Б

**Структура локальной поверочной схемы
преобразователей давления (разности давлений) измерительных
для модификаций 3151SD и 3151SH
с ВПИ свыше 100 до 6890 кПа**

