

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора

по производственной метрологии

ФГБУ «ВНИИМС»

А. Е. Колонин



«29» 05 2024

«ГСИ. Преобразователи давления измерительные ТК-3051С
Методика поверки»

МП 202-010-2024

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на преобразователи давления измерительные ТК-3051С, изготавливаемые Anhui Tiankang (Group) Shares Co., Ltd., Китай.

1.2 Преобразователи давления измерительные ТК-3051С (далее – преобразователи) предназначены для непрерывных измерений и преобразования измеренных значений избыточного, абсолютного давления и разности давлений жидкостей и газов, в унифицированный выходной сигнал постоянного тока и (или) цифровой выходной сигнал.

1.3 Данная методика применяется как для первичной (до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта) так и для периодической (в процессе эксплуатации) поверок преобразователей.

1.4 Прослеживаемость поверяемого преобразователя к государственным первичным эталонам гэт23-2010 ГПЭ единицы-паскаля и гэт43-2013 ГПЭ единицы давления в диапазоне от 10 до 1600 МПа и эффективной площади поршневых пар грузопоршневых манометров в диапазоне от 0,05 до 1 см² обеспечена применением эталонов, соответствующих требованиям государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 20.10.2022 № 2653; гэт101-2011 ГПЭ единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне $1 \times 10^{-1} \div 7 \times 10^5$ Па обеспечена применением эталонов, соответствующих требованиям государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.12.2019 г. № 2900; гэт95-2020 ГПСЭ единицы давления для разности давлений обеспечена применением эталонов, соответствующих требованиям государственной поверочной схемы для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31.08.2021 № 1904.

1.5 В настоящей методике поверки используется метод прямых измерений. При этом методе значения измеряемой величины оценивают с помощью эталона.

1.6 Настоящая методика поверки применяется для поверки преобразователей давления измерительных ТК-3051С, используемых в качестве рабочих средств измерений в соответствии с государственными поверочными схемами для средств измерений давления, приведенными в п. 1.4 настоящей методики.

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

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении первичной и периодической поверки выполняют следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Необходимость выполнения	
		при первичной поверке	при периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик средств измерений	9	Да	Да
определение основной приведенной погрешности выходного сигнала	9.1	Да	Да
определение вариации выходного сигнала преобразователя	9.2	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да
Оформление результатов поверки	11	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +21 до +25 °С;
- давление в помещении, где проводят поверку (далее – атмосферное давление), в пределах от 84 до 106,7 кПа;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80 %;

3.2. Напряжение питания постоянного тока от 12 до 45 В;

Номинальное напряжение питания постоянного тока 24 В.

3.3. Рабочие среды эталонов должны соответствовать их документации.

3.4. В случае, если недопустима поверка на средах, указанных в п.п. 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:

$$\Delta H \leq 10^{-3} \gamma \frac{P_{\max}}{\rho g}$$

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:

$$\Delta P = \rho g \Delta H$$

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. Преобразователи, представленные на поверку в комплекте с разделительными устройствами, поверяются с учетом дополнительной погрешности разделителя и правил установки, предусмотренных нормативно-технической документацией на эти комплекты.

3.8. Колебания давления окружающего воздуха, вибрация, тряска, удары, наклоны и магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу преобразователя, должны отсутствовать.

3.9. Пульсация напряжения не должна превышать $\pm 0,5\%$ значения напряжения питания.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику, руководства по эксплуатации на преобразователи и средства поверки.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, являющиеся специалистами юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на право поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 15 до 30 °С с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,3$ °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с абсолютной погрешностью не более ± 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,25$ кПа	Термогигрометры ИВА-6 (Рег. № 46434-11) Приборы комбинированные Testo 622 (Рег. № 53505-13) Барометры рабочие сетевые БРС-1М (Рег. № 16006-97)
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений 9 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочие эталоны, Рабочие эталоны 1-го, 2-го, 3-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 октября 2022 № 2653 в диапазоне от минус 100 кПа до 100 МПа.	Калибраторы давления пневматические Метран-505 Воздух (Рег. № 42701-09) Задатчики давления Воздух-1600, Воздух-4000 (Рег. № 12143-99) Комплексы для измерения давления цифровые ИПДЦ (Рег. № 6788-03) Мановакуумметры грузопоршневые МВП-2,5 (Рег. № 1652-99) Манометры избыточного давления грузопоршневые МП-2,5; МП-6; МП-60; МП-250; МП-600 (Рег. № 31703-06) Манометры грузопоршневые МП (Рег. № 52189-16) Манометры грузопоршневые серии Р (Рег. № 56428-14) Калибраторы давления СРГ1500 (Рег. № 66079-16) Калибраторы многофункциональные и коммуникаторы ВЕАМЕХ МС6 (-R) (Рег. № 52489-13) Калибраторы давления пневматические ЭЛЕМЕР-ПКД-260, (Рег. № 70755-18)

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Подготовка к поверке и опробование средства измерений 9 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочие эталоны, Рабочие эталоны 1-го 2-го 3-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06 декабря 2019 г. № 2900 в диапазоне от 0,1 Па до 10 МПа	Манометры грузопоршневые серии 2000 (Рег. № 40259-08) Манометры абсолютного давления МПАК-15 (Рег. № 24971-03) Барометры образцовые переносные БОП-1М (Рег. № 26469-17)
	Вторичные эталоны, Рабочие эталоны 1-го, 2-го и 3-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 августа 2021 г. № 1904 в диапазоне от 0 до 100 кПа	Микроманометры жидкостные компенсационные с микрометрическим винтом МКВК-250 (Рег. № 22995-02) Микроманометры ММ-250 (Рег. № 1182-58) Микроманометры образцовые 1-го разряда МКМ-4 (Рег. № 3950-73) Манометры грузопоршневые серии 2000, мод. 2482 (Рег. № 40259-08)
	Рабочие эталоны 1-го, 2-го и 3-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06 октября 2018 г. № 2091 в диапазоне от 4 до 20 мА	Мультиметры цифровые Agilent 34410A, Agilent 34411A (Рег. №33921-07) Мультиметры цифровые 34401A, 34460A, 34461A (Рег. № 54848-13) Калибраторы давления пневматический ЭЛЕМЕР-ПКД-260, (Рег. № 70755-18) Калибраторы многофункциональные и коммуникаторы BEAMEX MC6 (-R) (Рег. № 52489-13)
	Рабочие эталоны 1-го, 2-го и 3-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июля 2023 г. № 1520 в диапазоне от 0 до 10 В	Вольтметры универсальные цифровые GDM-8245, GDM-8246 (Рег. № 34295-07)
	Рабочие эталоны 1-го, 2-го и 3-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 г. № 3456 Диапазон воспроизведения значений электрического сопротивления от 0,01 до 111111,1 Ом	Мера электрического сопротивления постоянного тока многозначная P3026-1 (Рег. № 56523-14) Меры электрического сопротивления многозначные АКИП-751х (Рег. № 85163-22)

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Источник питания постоянного тока	АКИП-1160/6 (Рег. № 85200-22)
	Устройства для связи с преобразователем по цифровому каналу и для обмена данными по протоколу HART.	
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5.2. Все средства поверки должны быть исправны, поверены или аттестованы и иметь свидетельства о поверке или об аттестации. Сведения о результатах поверки должны быть включены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1. При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности по работе с приборами для измерений давления и с электроизмерительными приборами, а также требования по безопасности эксплуатации применяемых средств поверки, указанных в НТД на эти средства.

6.2. Требования эксплуатации.

6.3. Запрещается создавать давление, превышающее верхний предел измерений прибора.

6.4. Запрещается снимать прибор с устройства для создания давления при наличии давления в системе.

7 Внешний осмотр

7.1. При внешнем осмотре должно быть установлено наличие на корпусе преобразователя таблички с маркировкой, соответствующей паспорту или документу, его заменяющему; отсутствие механических повреждений корпуса, штуцера (препятствующих присоединению и не обеспечивающих герметичность и прочность соединения) и дисплея влияющих на эксплуатационные свойства.

Дисплей должен быть чистым и не иметь дефектов, препятствующих правильному отсчету показаний.

7.2. Соединение корпуса с держателем должно быть прочным, не допускающим смещения корпуса.

7.3. Приборы, не соответствующие п. 7.1 и 7.2 дальнейшей поверке не подлежат.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

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

- преобразователь должен предварительно выдерживаться в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха, указанной в пункте 3.1, не менее:

- 12 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 до 10 °С.

При разнице указанных температур менее 1 °С выдержка не требуется.

- выдержка преобразователя перед началом поверки после включения питания должна быть не менее 0,5 ч;

- 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.

8.1.1 Проверка герметичности системы для поверки преобразователей давления, разрежения с верхними пределами измерений менее 100 кПа, абсолютного давления с верхними пределами измерения более 0,2 МПа проводится при значениях давления или разрежения, равных верхнему пределу измерений поверяемого преобразователя.

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

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

Примечание: Проверку герметичности системы для поверки преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений менее 0,2 МПа проводят по методике и при давлении по п. 8.1.3.

8.1.2. При проверке герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей, указанных в п. 8.1.1, на место поверяемого преобразователя устанавливают преобразователь, герметичность которого проверена, или любое другое средство измерений, имеющее погрешность (приведенную к значениям давления, указанным в п. 8.1) не более 2,5% и позволяющее заметить изменение давления 0,5% заданного значения давления.

Создают давление, указанное в п. 8.1.1, и отключают источник давления. Если в качестве образцового СИ применяют грузопоршневой манометр, его колонку и пресс также отключают.

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

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

8.1.3 Проверку герметичности системы, предназначенной для поверки преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений 0,2 МПа и менее, осуществляют следующим образом: в системе с вакуумметром для измерений малых абсолютных давлений создают давление не более 0,07 кПа. Предварительно на место подключаемого преобразователя устанавливают средство измерений, отвечающее тем же требованиям, что и при поверке по п. 8.1.2. Поддерживают указанное давление в течение 2-3 мин. Отключают устройство, создающее абсолютное давление, и, при необходимости, образцовое СИ (колонки грузопоршневого манометра). После выдержки системы в течение 3 мин изменение давления не должно превышать 0,5% верхнего предела измерений поверяемого преобразователя.

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

8.2. Опробование

8.2.1. При опробовании проверяют работоспособность преобразователя, функционирование корректора нуля преобразователей избыточного давления, герметичность преобразователя.

8.2.2. Работоспособность преобразователя проверяют, изменяя измеряемое давление от нижнего предельного значения до верхнего. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала на всех выходных устройствах.

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

8.2.3. Функционирование корректора нуля проверяют только для преобразователей избыточного давления, задав одно (любое) значение измеряемого давления. Воздействуя на корректор нуля, проверяют наличие изменения выходного сигнала.

Для установки нуля преобразователей с тремя кнопками управления воздействуют на корректор нуля одновременным нажатыми кнопок М и Z в течение 6 секунд и более, в результате чего в левом нижнем углу дисплея должно отобразиться значение «6», а в правом нижнем углу значение NO, затем нажатием клавиши S переключите значение NO на YES, затем нажмите клавишу М для подтверждения, повторно нажмите клавишу М и продолжайте удерживать до появления в левом нижнем углу дисплея значения «0», затем нажмите клавишу S для возврата в интерфейс измерения.

Для установки нуля преобразователей с двумя кнопками управления удерживают клавишу Z в течение 6 секунд.

Кнопки М, S и Z расположены на передней панели корпуса: у преобразователей без дисплея под крышкой, у преобразователей с дисплеем в модуле ЖКИ.

8.2.4. Проверку герметичности преобразователя рекомендуется совмещать с операцией определения основной погрешности (п. 10.1).

Методика проверки герметичности преобразователя аналогична методике проверки герметичности системы (пп. 8.1.1-8.1.4) со следующими особенностями:

- изменение давления или разрежения определяют по изменению выходного сигнала или показаний поверяемого преобразователя, включенного в систему (п. 8.1.2).

- в случае обнаружения не герметичности системы с поверяемым преобразователем следует проверить отдельно систему и преобразователь.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности преобразователя.

9.1.1 Основную приведенную к диапазону 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). 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 Эталоны входной величины (давления) включают в схему поверки в соответствии с их руководством по эксплуатации.

- 2 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 на поверяемый преобразователь. Выбор выходного сигнала/выходных сигналов допускается проводить по запросу заявителя, на основании его письменного заявления.

- 3 Преобразователь поверяется на рабочем (настроенном) диапазоне измерений, указанном на металлической табличке, прикрепленной на корпус преобразователя в строке «Заводской диапазон измерений». По заявлению заказчика преобразователь может поверяться на другом диапазоне измерений или нескольких диапазонах измерений, лежащих внутри максимального (в соответствии с описанием типа), с обязательным указанием в Федеральном информационном фонде или (и) свидетельстве о поверке информации о поверенных диапазонах измерений.

- 4 При поверке преобразователей разности давлений с приемными камерами для подвода большего давления («плюсовая» камера) и меньшего давления («минусовая» камера) значение измеряемой величины (разности давлений) устанавливают, подавая соответствующее значение

избыточного давления в «плюсовую» камеру преобразователя, при этом «минусовая» камера сообщается с атмосферой.

При поверке преобразователей разности давлений с малыми пределами измерений для уменьшения влияния на результаты поверки не 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 эталоном или основным эталоном измеряемой величины с дополнительным блоком опорного давления.

9.1.2 Перед определением основной приведенной (к настроенному диапазону измерений) погрешности должны быть соблюдены требования п. 8.1. и, в случае необходимости, откорректировано значение выходной величины, соответствующее нижнему предельному значению измеряемого параметра. Эта корректировка проводится после подачи и сброса измеряемого параметра, равного:

- для преобразователей давления-разрежения: от 50 до 100 % верхнего предела измерений избыточного давления;
- для преобразователей абсолютного давления после выдержки их в пределах от 0 до 10% верхнего предела измерений;
- для остальных преобразователей: от 80 до 100% верхнего предела измерений.

При периодической поверке в случае совмещения проверки герметичности с подачей давления (разрежения) перед корректировкой нижнего значения выходного сигнала выдержка проводится при давлении (разрежении) в соответствии с п. 8.1.2.

9.1.3 Основную приведенную (к диапазону измерений) погрешность определяют при пяти значениях измеряемой величины, 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.

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

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

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

Установку выходной величины следует провести с максимальной точностью, обеспечиваемой устройством корректора и разрешающей способностью эталонов.

При поверке преобразователей с верхним пределом измерений разрежения 0,1 МПа, если атмосферное давление равно или менее 0,1 МПа, максимальное разрежение допускается устанавливать равным $0,90-0,95 P_6$, где P_6 - атмосферное давление. Расчетное значение выходного сигнала при этом разрежении определяют по формулам (4), (5) и (6). P_6 следует привести к тем единицам, в которых выражено P .

Примечание: 1 мм рт.ст. = 0,0001333 МПа.

Основную приведенную (к диапазону измерений) погрешность преобразователей абсолютного давления с верхним пределом измерений выше 0,2 МПа следует определять в соответствии с пп. 9.1.5 и 9.1.6. Допускается по методике п. 9.1.5 определять основную погрешность преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений от 0,1 до 0,2 МПа.

9.1.4 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) от входной измеряемой величины (P)

$$I_p = I_o + \frac{I_m - I_o}{P_m - P_n} (P - P_n) \quad (1)$$

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 (1) 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 (1) подставляется со знаком минус;

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

I_o, I_m - соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала преобразователя; для преобразователей с выходным сигналом от 4 до 20) мА, $I_o=4$ мА, $I_m=20$ мА.

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

$$I_p = I_o + (I_m - I_o) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \quad (2)$$

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

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

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

$$U_p = R_{эм} \cdot I_p \quad (3)$$

где U_p - расчетное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении;

I_p - расчетное значение выходного сигнала постоянного тока, определяемое по формулам (1 - 2).

- для преобразователей с цифровым выходным сигналом с функцией преобразования по закону квадратного корня определяют по формуле:

$$N_p = N_o + (N_m - N_o) \sqrt{\frac{P}{P_m}} \quad (4)$$

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;

N_p - расчетное значение выходного сигнала в цифровом формате;

N_m, N_o - соответственно верхнее и нижнее предельные значения выходного информационного сигнала преобразователя в цифровом формате.

9.1.5 Определение основной приведенной (к настроенному диапазону измерений) погрешности преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений выше 0,2 до 2,5 МПа включительно следует проводить с использованием образцовых СИ разрежения и давления (например, МВП-2,5; МП-6 и МП-60).

В этом случае преобразователь поверяют на точках: при разрежении в пределах 0,90 - 0,95Р - при значениях избыточного давления $P_{изб. max}$, определяемом по формуле (5), и при трех промежуточных значениях давления

$$P_{изб. max} = P_{абс. max} - A \quad (5)$$

где: $P_{абс. max}$ - верхний предел измерений абсолютного давления, равный P_{max} , МПа, кПа и др.
 $A = 0,1$ МПа.

9.1.6 Определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности преобразователей абсолютного давления с верхними пределами измерений свыше 2,5 МПа следует проводить с использованием эталонов избыточного давления следующим образом:

1. Принять значение выходного сигнала при атмосферном давлении за I_0 ;
2. Провести поверку на прямом и обратном ходе, задавая избыточное давление, численно равное абсолютному давлению за вычетом 0,1 МПа, с соблюдением условий, изложенных в п. 9.1.2;
3. После определения основной погрешности принять значение выходного сигнала при атмосферном давлении за $I_{рн}$:

$$I_{рн} = \frac{K}{P_{абс. max}} (I_m - I_o) + I_o \quad (6)$$

где $K = 0,1$ МПа.

9.1.7 Основную приведенную (к диапазону измерений) погрешность γ_d в % вычисляют по формулам:

- при поверке по способу 1 (п. 9.1.1)

$$\gamma_d = \frac{I - I_p}{I_m - I_o} \cdot 100, \quad (7)$$

$$\gamma_d = \frac{U - U_p}{U_m - U_o} \cdot 100, \quad (8)$$

$$\gamma_d = \frac{P - P_p}{P_m - P_n} \cdot 100 \quad (9)$$

где: I - экспериментально полученное значение выходного сигнала на выходе преобразователя при измерениях тока, мА;

U - экспериментально полученное значение выходного сигнала на выходе преобразователя при измерениях напряжения, мВ; В;

P - экспериментально полученное значение выходного давления на внешних показывающих устройствах;

I_p , U_p - соответственно, расчетные значения тока (мА) и напряжения (В);

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

U_m , U_o - соответственно верхнее и нижнее предельные значения напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении

P_p - расчетное давление показывающего устройства преобразователя, численно равное номинальному значению входного давления, МПа, кПа и др.;

P_m - верхний предел измерений поверяемого преобразователя, МПа, кПа и др.;

P_n - нижний предел измерений поверяемого преобразователя, МПа, кПа и др.;

- при поверке преобразователей по способу 2 (п. 9.1.1):

$$\gamma_d = \frac{P - P_{ном}}{P_m - P_n} \cdot 100 \quad (10)$$

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

$P_{ном}$ - номинальное значение измеряемой величины при номинальном значении выходного сигнала, МПа, кПа и др.;

P_m - верхний предел измерений поверяемого преобразователя, МПа, кПа и др.;

P_n - нижний предел измерений поверяемого преобразователя, МПа, кПа и др.

9.1.8 Допускается вместо определения действительных значений погрешности устанавливать соответствие ее предельно допускаемым значениям.

9.2 Определение вариации выходного сигнала.

9.2.1 Вариацию выходного сигнала определяют при каждом проверяемом значении измеряемого параметра, кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений, по показаниям, полученным при определении основной погрешности (п. 9.1.1).

9.2.2 Вариацию выходного сигнала в % нормирующего значения вычисляют по формулам:

- для способа 1 (п. 9.1.1)

$$\gamma_I = \left| \frac{I' - I}{I_m - I_0} \right| \cdot 100 \quad (11)$$

$$\gamma_U = \left| \frac{U' - U}{U_m - U_0} \right| \cdot 100 \quad (12)$$

$$\gamma_P = \left| \frac{P' - P}{P_m - P_n} \right| \cdot 100 \quad (13)$$

где:

I' и 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' и U - экспериментально полученные значения выходного сигнала в одной и той же точке при измерении на выходе падения напряжения на образцовом сопротивлении соответственно при прямом и обратном ходе, мВ; В;

P' и P - экспериментально полученное значение выходного давления в одной и той же точке на внешних показывающих устройствах соответственно при прямом и обратном ходе;

I_m и I_0 - соответственно верхнее и нижнее предельное значение выходного сигнала, мА;

U_m и U_0 - соответственно верхнее и нижнее предельное значение напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении;

P_m - верхний предел измерений поверяемого преобразователя, МПа, кПа и др.;

P_n - нижний предел измерений поверяемого преобразователя, МПа, кПа и др.

- для способа 2 (п. 9.1.1)

$$\gamma_P = \left| \frac{P'_э - P_э}{P_m - P_n} \right| \cdot 100 \quad (14)$$

где: $P'_э$ и $P_э$ - показания эталона в одной и той же точке соответственно при прямом и обратном ходе, МПа, кПа и др.

P_m - верхний предел измерений поверяемого преобразователя, МПа, кПа и др.;

P_n - нижний предел измерений поверяемого преобразователя, МПа, кПа и др.

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

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Результаты поверки преобразователей

10.1.1 Преобразователь признают годным при первичной поверке, если на всех поверяемых точках модуль основной приведенной погрешности $|\gamma_0| \leq 0,8 |\gamma|$, а значение вариации γ_I в каждой точке измерений не превышает предела ее допускаемого значения.

10.1.2 Преобразователь признают негодным при первичной поверке, если хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_0| > 0,8 \cdot |\gamma|$, или значение вариации γ_I превышает предел ее допускаемого значения.

10.1.3 Преобразователь признают годным при периодической поверке, если на всех поверяемых точках выполняются условия, $|\gamma_0| \leq |\gamma|$, а значение вариации γ_T в каждой точке измерений не превышает предела ее допускаемого значения.

10.1.4 Преобразователь признают негодным при периодической поверке, если при первом хотя бы в одной поверяемой точке модуль основной погрешности $|\gamma_0| > |\gamma|$ или значение вариации γ_T превышает предел ее допускаемого значения;

γ – пределы допускаемой основной приведенной (к диапазону измерений) погрешности поверяемого преобразователя, %, с учетом коэффициента перенастройки g .

10.1.5 Допускается вместо вычислений по экспериментальным данным значений основной погрешности γ_0 и вариации γ_T контролировать их соответствие предельно допускаемым значениям.

10.1.6 Критерием принятия решения по подтверждению соответствия метрологическим требованиям считается сравнение полученных при измерениях и вычислениях по формулам (7) – (14) значений с установленными при утверждении типа и отраженными в описании типа средства измерений.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты измерений заносят в протокол поверки произвольной формы.

11.2 В случае положительных результатов первичной и/или периодической поверки преобразователей сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений с обязательным указанием информации о выходном сигнале/выходных сигналах и диапазонах измерений на которых поверен преобразователь. По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего его на поверку, вносится запись в паспорт, заверенная подписью поверителя и знаком поверки с указанием даты поверки, или выдаются свидетельства о поверке в установленной форме в соответствии с приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510.

11.3 При отрицательных результатах первичной и/или периодической поверки преобразователь к дальнейшему применению не допускают, сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средств измерений выдают извещение о непригодности в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

ПРИЛОЖЕНИЯ:

Приложение А. Метрологические требования, которые должны быть подтверждены в результате поверки.

Начальник отдела метрологического
обеспечения измерений давления (отдел 202)
ФГБУ «ВНИИМС»

Р.В. Кузьменков

Приложение А (обязательное)

Метрологические требования, которые должны быть подтверждены в результате поверки

Таблица А1 – Метрологические требования, которые должны быть подтверждены в результате поверки

Наименование характеристики	Значение	
Диапазоны измерений (ДИ), ¹⁾	Минимальный ДИ, кПа	Максимальный ДИ, МПа
	от -7,5 до +7,5 ³⁾ от 0 до +7,5 ³⁾ от -1,5 до +1,5 ⁴⁾	от -0,1 до +16 от 0 до +16 от -16 до +16
ТК-3051С: - избыточного давления - абсолютного давления - разности давлений ²⁾		
- ТК-3051СР - избыточного давления	от 0 до 40	от 0 до 16
- ТК-3051СТ - избыточного давления - абсолютного давления	от 0 до 6 от 0 до 10	от 0 до 16 от 0 до 16
Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности, ±γ, %	±0,1; ±(0,015+0,075·r) ^{5), 6)}	
Вариация выходного сигнала, %, не более	γ	
Примечания: ¹⁾ В меню преобразователей предусмотрен выбор единицах измерения давления, допущенных к применению в РФ (Па, кгс/см ² , ат., мм вод. ст., м вод. ст., бар, мбар, МПа, мм рт. ст.). ²⁾ Знак «минус» для диапазонов измерений разности давлений определяется тем, в какую из камер преобразователя подается большее давление при определении разности давлений. ³⁾ r ≤ 62,5. ⁴⁾ r ≤ 15. ⁵⁾ Коэффициент перенастройки r = ДИ _{макс} /ДИ _{настр} . Минимальный шаг перенастройки равен единице последнего разряда показаний цифрового индикатора (ЖКИ) преобразователя. Максимальный коэффициент перенастройки: r ≤ 100 для модификации ТК-3051С, кроме преобразователей с диапазонами, приведенными в примечаниях ^{3), 4)} ; r = 10 для модификации ТК-3051СР; r = 100 для модификации ТК-3051СТ. Минимальный верхний пердел измерений на который можно настроить преобразователи абсолютного давления модификации равен 5 кПа. ⁶⁾ Для r > 10.		