

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
по метрологии
ФБУ «Челябинский ЦСМ»



А.И. Стрехнин
2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики давления серии АМ-2000

Методика поверки

МП-04-2024-20

2024 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – методика) применяется для поверки датчиков давления серии АМ-2000 (далее – датчики), изготавливаемых Обществом с ограниченной ответственностью «АМ-Все измерения», г. Челябинск, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 Выполнение поверки в соответствии с данной методикой позволяет обеспечить метрологическую прослеживаемость датчиков к Государственным первичным эталонам единиц измерения:

- ГЭТ 23-2010 в соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС) для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденной приказом Росстандарта от 20.10.2022 № 2653;

- ГЭТ 101-2011 в соответствии с ГПС для средств измерений абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1}$ - $1 \cdot 10^7$ Па, утвержденной приказом Росстандарта от 06.12.2019 № 2900;

- ГЭТ 95-2020 в соответствии с ГПС для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па, утвержденной приказом Росстандарта от 31.08.2021 № 1904.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод непосредственного сличения.

При перестройке диапазонов измерений в пределах, установленных в эксплуатационной документации, проводится внеочередная поверка датчиков.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Для поверки датчиков должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да

2.2 Допускается в соответствии с заявлением владельца средства измерений (далее - СИ) проведение поверки датчиков на перенастроенный диапазон измерений в пределах, установленных в эксплуатационной документации.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха (23 ± 2) °С;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питания – в соответствии с эксплуатационной документацией;
- тряска, вибрация и удары не допускаются.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Проведение поверки должен выполнять персонал, отвечающий требованиям, предъявляемым к поверителям СИ, знающий принцип действия используемых при проведении поверки эталонов и СИ, изучивший настоящую методику поверки и техническую документацию (ТД) на датчик.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Номер пункта методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
3.1	Средство измерений температуры воздуха в диапазоне от +20 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью измерений температуры $\pm 1,0$ °С Средство измерений относительной влажности в диапазоне от 30 % до 80 %, с абсолютной погрешностью измерений относительной влажности ± 5 % Средство измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью измерений атмосферного давления $\pm 0,5$ кПа	Термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11; барометр-анероид метеорологический БАММ-1, рег. № 5738-76
10	Рабочие эталоны 1-го, 2-го, 3-го или 4-го разряда единицы давления в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 20.10.2022 г. № 2653 Рабочие эталоны 1-го, 2-го или 3-го разряда единицы давления в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 31.08.2021 г. № 1904 Рабочие эталоны 1-го, 2-го или 3-го разряда единицы давления в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 06.12.2019 г. № 2900	Калибратор давления пневматический Метран-505 Воздух, диапазон измерений (2 - 40) кПа, ПГ $\pm 0,015$ %, рег. № 42701-09; манометр грузопоршневой серии 2000, мод. 2465, диапазон измерений (0,0014 - 6,9) МПа, ПГ $\pm 0,003$ %, рег. № 28674-05; барометр образцовый переносной БОП-1М, диапазон измерений (30 - 110) кПа, ПГ ± 10 Па, рег. № 26469-04; манометр грузопоршневой СРВ 5000 диапазон измерений (0,02 - 100) МПа, КТ 0,005, рег. № 33079-08
	Рабочие эталоны 2-го, 3-го или 4-го разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456	Мера электрического сопротивления однозначная МС3050 100 Ом, ПГ $\pm 0,001$ %, рег. № 28926-05; магазин сопротивления Р4831 диапазон измерений (0,021 - 11111,10) Ом, 4 разряд, рег. № 6332-77
	Рабочие эталоны 1-го, 2-го или 3-го разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520	Нановольтметр/микроомметр 34420А диапазон измерений ($1 \cdot 10^{-9}$ - 100) В, 3 разряд, рег. № 47886-11
	Рабочие эталоны 2-го и 3-го разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 06.10.2018 г. № 2091	Мультиметр цифровой Agilent 34410А, Agilent 34411А, диапазон измерений (4 - 20) мА, рег. № 33921-07; калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R), рег. № 52489-13
	HART-модем. Персональный компьютер с установленной программой для считывания выходных сигналов по протоколу HART.	

5.2 Средства измерений, применяемые для поверки, должны быть поверены. Эталоны единиц величин должны быть аттестованы или поверены в качестве эталона.

5.3 Допускается применение других средств поверки, удовлетворяющих требованиям настоящей методики поверки и обеспечивающих требуемую точность передачи единицы величины.

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности при работе с датчиками, указанные в эксплуатационной документации на датчики, а также требования по безопасной эксплуатации применяемых средств поверки, указанные в эксплуатационной документации на эти средства.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре датчика должно быть установлено:

- соответствие внешнего вида датчика и маркировки эксплуатационной документации;
- отсутствие видимых повреждений и дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки датчиков выполнить следующие подготовительные работы:

- ознакомиться с руководствами по эксплуатации наверяемое СИ и эталоны единиц величин;
- датчик выдержать при температуре, указанной в 3.1, не менее 2 ч;
- проверить соответствие условий проведения поверки требованиям, приведенным в разделе 3;
- датчик должен быть установлен в рабочее положение с соблюдением указаний эксплуатационной документации.

8.2 При опробовании проверяют герметичность и работоспособность датчика.

8.2.1 Проверяют на герметичность систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, эталонных СИ, датчика давления и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

Проводят проверку герметичности системы вместе с подключенным датчиком. Для проверки герметичности создают в системе давление, равное верхнему пределу измерений датчика и выдерживают в течении трех минут. При необходимости отключают устройство, создающее давление. Далее измеряют изменение давления за две минуты.

Систему считают герметичной, если после трехминутной выдержки под давлением, равным или близким верхнему пределу измерений датчика, в течении последующих двух минут изменение давления не превысило $\pm 0,5$ % от диапазона измерений.

8.2.2 При опробовании проверяют работоспособность датчика, изменяя заданное давление от нижнего до верхнего предельных значений. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала или показаний индикатора (при наличии).

Результаты опробования считаются положительными, если при повышении/понижении давления, показания датчика увеличиваются/уменьшаются.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения (далее – ПО) проводится сравнением идентификационных данных ПО датчика в соответствии с эксплуатационной документацией на ПО.

9.2 Датчики считаются прошедшими проверку ПО, если идентификационное наименование и номер версии ПО соответствуют значениям, указанным в описании типа на датчик.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение основной погрешности

10.1.1 Основную погрешность датчика определяют, подавая с эталона на вход датчика номинальные значения входной измеряемой величины (давления), а другим эталоном на выходе датчика измеряют соответствующие значения аналогового сигнала и (или) считывают измеренное значение в цифровом коде по протоколу HART.

10.1.2 Погрешность датчика определяют при пяти значениях измеряемой величины, достаточно равномерно распределенных в диапазоне измерений, в том числе при значениях измеряемой величины, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерения выходного сигнала. Интервал между значениями измеряемой величины не должен превышать 30 % диапазона измерений.

10.1.3 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).

Перед поверкой при обратном ходе поверяемый датчик выдерживают в течение одной минуты под воздействием верхнего предельного значения измеряемого параметра, соответствующего предельному значению выходного сигнала.

При поверке датчиков разности давлений камера низкого давления соединяется с атмосферой, а измеряемое (задаваемое) давление подается в камеру высокого давления.

10.1.4 Основную приведенную к диапазону измерений погрешность γ_∂ , %, для каждого значения измеряемой величины вычисляют по приведенным ниже формулам в зависимости от выходного сигнала:

$$\gamma_\partial = \frac{I - I_p}{I_\partial - I_n} \cdot 100, \quad (1)$$

$$\gamma_\partial = \frac{U - U_p}{U_\partial - U_n} \cdot 100, \quad (2)$$

$$\gamma_\partial = \frac{N - N_p}{P_\partial - P_n} \cdot 100, \quad (3)$$

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

I_p – расчётное значение выходного сигнала постоянного тока по формулам (приложение А), мА;

I_n, I_∂ – соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала датчика, мА;

U – экспериментально полученное значение выходного сигнала на выходе датчика при измерении напряжения, мВ (В);

U_p – расчетное значение выходного сигнала, равное номинальному значению напряжения на эталоне сопротивления по формуле А.4 (приложение А), мВ (В);

U_n, U_∂ – соответственно нижний и верхний пределы измерений напряжения на эталоне сопротивления, мВ (В);

N – значение цифрового выходного сигнала, полученное экспериментально при номинальном значении измеряемой величины, кПа (МПа);

N_p – расчетное значение выходного сигнала, равное номинальному значению входной измеряемой величины, кПа (МПа);

P_n, P_∂ – соответственно нижний и верхний пределы измерений поверяемого датчика, кПа (МПа).

10.2 Определение вариации выходного сигнала

10.2.1 Вариацию выходного сигнала определяют для каждого значения измеряемой величины кроме значений, соответствующих нижнему и верхнему пределам измерений, по данным, полученным экспериментально при определении основной приведенной к диапазону измерений погрешности (10.1).

10.2.2 Вариацию выходного сигнала $\gamma_{\text{вар}}$, %, вычисляют по приведенным ниже формулам в зависимости от выходного сигнала:

$$\gamma_{\text{вар}} = \frac{|I_{\text{пр}} - I_{\text{обр}}|}{I_{\text{в}} - I_{\text{н}}} \cdot 100, \quad (4)$$

$$\gamma_{\text{вар}} = \frac{|U_{\text{пр}} - U_{\text{обр}}|}{U_{\text{в}} - U_{\text{н}}} \cdot 100, \quad (5)$$

$$\gamma_{\text{вар}} = \frac{|N_{\text{пр}} - N_{\text{обр}}|}{P_{\text{в}} - P_{\text{н}}} \cdot 100, \quad (6)$$

где $I_{\text{пр}}$, $I_{\text{обр}}$ – значения выходного сигнала постоянного тока, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно, мА;

$U_{\text{пр}}$, $U_{\text{обр}}$ – значения выходного сигнала падения напряжения на эталоне сопротивления, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно, мВ (В);

$N_{\text{пр}}$, $N_{\text{обр}}$ – значения цифрового выходного сигнала датчика, полученные экспериментально при одном и том же номинальном значении входной измеряемой величины при прямом и обратном ходе соответственно, кПа (МПа).

10.3 Результаты поверки считают положительными, если основная приведенная к диапазону измерений погрешность и вариация не превышают допустимых значений, приведенных в приложении Б.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки оформляются в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки датчик признается пригодным к применению. Сведения о положительных результатах поверки и объем поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (ФИФОЕИ). По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, на которое наносится знак поверки.

11.3 При отрицательных результатах поверки датчик признается непригодным к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки передаются в ФИФОЕИ. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

Приложение А

(справочное)

Расчетные значения выходного сигнала поверяемого датчика для заданного номинального значения выходной измеряемой величины

А.1 Для датчиков с линейно возрастающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока от входной измеряемой величины расчетное значение выходного сигнала постоянного тока определяется по формуле:

$$I_{\text{расч}} = I_{\text{Н}} + \frac{I_{\text{В}} - I_{\text{Н}}}{P_{\text{В}} - P_{\text{Н}}} \cdot (P - P_{\text{Н}}), \quad (\text{А.1})$$

где $I_{\text{расч}}$ – расчетное значение выходного сигнала постоянного тока (мА);

$I_{\text{Н}}$, $I_{\text{В}}$ – соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала датчика ($I_{\text{Н}}=4$ мА, $I_{\text{В}}=20$ мА);

P – действительное значение выходной измеряемой величины (для датчиков давления-разряжения значение в области разряжения подставляется в формулу со знаком минус), (кПа, МПа);

$P_{\text{В}}$ – верхний предел измерений (ВПИ) (или диапазон измерений) поверяемого датчика, (кПа, МПа);

$P_{\text{Н}}$ – нижний предел измерений (НПИ) для всех датчиков, кроме датчиков давления-разряжения, для которых это значение численно равно ВПИ в области разрежения $P_{\text{В}(-)}$ и в формулу подставляется со знаком минус, (кПа, МПа).

Для стандартных условий НПИ всех поверяемых датчиков избыточного давления, абсолютного давления, разряжения, разности давлений и датчиков давления-разряжения равен нулю.

А.2 Для датчиков с линейно убывающей зависимостью выходного сигнала постоянного тока от входной измеряемой величины расчетное значение выходного сигнала постоянного тока определяется по формуле:

$$I_{\text{расч}} = I_{\text{В}} - \frac{I_{\text{В}} - I_{\text{Н}}}{P_{\text{В}} - P_{\text{Н}}} \cdot (P - P_{\text{Н}}), \quad (\text{А.2})$$

где $I_{\text{расч}}$, $I_{\text{Н}}$, $I_{\text{В}}$, $P_{\text{Н}}$ – обозначения те же, что и в формуле (А.1);

P – действительное значение выходной измеряемой величины – разность давлений (перепад давления) для датчиков разности давлений, предназначенных для измерения расхода рабочей среды (кПа, МПа);

$P_{\text{В}}$ – ВПИ (или диапазон измерений) поверяемого датчика разности давлений (кПа, МПа);

А.3 Для датчиков с выходным сигналом постоянного тока и функцией преобразования входной измеряемой величины по закону квадратного корня расчетное значение выходного сигнала постоянного тока определяется по формуле:

$$I_{\text{расч}} = I_{\text{Н}} + (I_{\text{В}} - I_{\text{Н}}) \cdot \sqrt{\frac{P}{P_{\text{В}}}}, \quad (\text{А.3})$$

где $I_{\text{расч}}$, $I_{\text{Н}}$, $I_{\text{В}}$, P , $P_{\text{В}}$ – обозначения те же, что и в формуле (А.2);

А.4 Для датчиков с выходным сигналом постоянного тока, значения которого контролируют по падению напряжения на эталоне сопротивления $R_{\text{ЭТ}}$ расчетное значение выходного сигнала определяется по формуле:

$$U_{\text{расч}} = R_{\text{ЭТ}} \cdot I_{\text{расч}}, \quad (\text{А.4})$$

где $U_{\text{расч}}$ – расчетное значение падения напряжения на эталоне сопротивления;

$I_{\text{расч}}$ – расчетное значение выходного сигнала постоянного тока, определяемое по формулам (А.1 – А.3).

Приложение Б

Метрологические характеристики датчиков давления серии АМ-2000

Таблица Б.1

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазоны измерений, кПа ¹⁾ - избыточного давления - абсолютного давления - разности давлений: модели DP, GPYC, DPYC модель HP - гидростатического давления	от -100 до +41370 от 0 до 6890 от -6890 до +6890 от -2068 до +2068 от -690 до +690
Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности при настройке на P_{\max} для датчиков избыточного давления, абсолютного давления, % ¹⁾	$\pm 0,065$; $\pm 0,075$; $\pm 0,1$; $\pm 0,15$; $\pm 0,2$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 0,75$; $\pm 1,0$
Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности при настройке на P_{\max} для датчиков разности давлений, гидростатического давления, % ¹⁾	$\pm 0,1$; $\pm 0,15$; $\pm 0,2$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 0,75$; $\pm 1,0$
Вариация выходного сигнала	не превышает абсолютного значения допускаемой основной погрешности
Пределы допускаемой дополнительной приведенной к диапазону измерений погрешности, вызванной отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной на каждые 10 °C, %/10 °C	$\pm(0,06 + 0,04 \cdot \Delta P_{\max} / \Delta P_v)^{2)}$
Пределы допускаемой дополнительной приведенной к диапазону измерений (от максимального диапазона измерений) погрешности датчиков разности давлений, вызванной воздействием рабочего (статического) давления, $\pm\%/МПа$	от $\pm 0,023$ до $\pm 0,078$
Нормальные условия измерений: - температура окружающей среды, °C - относительная влажность, % - атмосферное давление, кПа	от +15 до +25 от 30 до 80 от 84 до 106
Примечания: P_{\max} – максимальный верхний предел измерений модели датчика. P_v – верхний предел или диапазон измерений модели датчика, на который настроен датчик (от P_{\max} до $P_{\max}/100$). P_{0i} – настраиваемый нижний предел измерений модели датчика при перенастройке. P_0 – нижний предел измерений модели датчика, равный $P_{\max}/100$. ¹⁾ Фактическое значение диапазона измерения и пределов допускаемой погрешности приведены в заводском паспорте на средство измерений. ²⁾ Для кодов диапазона 4-9, для остальных $\pm 0,3\%$. Коды диапазонов указаны в таблице Б.2. $\Delta P_{\max} = (P_{\max} - P_0)$ – диапазон измерений модели датчика. $\Delta P_v = (P_v - P_{0i})$ – настраиваемый диапазон измерений модели датчика.	

Таблица Б.2 - Пределы минимального диапазона и верхний предел измерений (ВПИ) датчиков давления

Датчики давления фланцевого исполнения	Код диапазона								
	Пределы минимального диапазона и ВПИ, кПа								
	2	3	4	5	6	7	8	9	0
АМ-2000-DP	0-0,100 ~1,5	0-0,188 ~7,5	0-0,374 ~37,4	0-1,868 ~186,8	0-6,900 ~690	0-20,68 ~2068	0-68,90 ~6890	—	—
АМ-2000-HP	—	—	0-0,374 ~37,4	0-1,868 ~186,8	0-6,900 ~690	0-20,68 ~2068	—	—	—
АМ-2000-GP	0-0,100 ~1,5	0-0,188 ~7,5	0-0,374 ~37,4	0-1,868 ~186,8	0-6,900 ~690	0-20,68 ~2068	0-68,90 ~6890	0-206,8 ~20680	0-413,7 ~41370
АМ-2000-AP	0-0,100 ~1,5	0-0,188 ~7,5	0-0,374 ~37,4	0-1,868 ~186,8	0-6,900 ~690	0-20,68 ~2068	0-68,90 ~6890	—	—
АМ-2000-LT	—	0-0,188 ~7,5	0-0,374 ~37,4	0-1,868 ~186,8	0-6,900 ~690	—	—	—	—
Датчики давления штуцерного исполнения	Код диапазона								
	Пределы минимального диапазона и ВПИ, кПа								
	2	3	4	5	6	7	8	9	0
АМ-2000-TG	—	0-0,188 ~7,5	0-0,374 ~37,4	0-1,868 ~186,8	0-6,900 ~690	0-20,68 ~2068	0-68,90 ~6890	0-206,8 ~20680	0-413,7 ~41370
АМ-2000-TA	—	0-0,188 ~7,5	0-0,374 ~37,4	0-1,868 ~186,8	0-6,900 ~690	0-20,68 ~2068	0-68,90 ~6890	—	—
Датчики давления с выносными мембранами	Код диапазона								
	Пределы минимального диапазона и ВПИ, кПа								
	2	3	4	5	6	7	8	9	0
АМ-2000-DPUC	—	0-0,188 ~7,5	0-0,374 ~37,4	0-1,868 ~186,8	0-6,900 ~690	0-20,68 ~2068	0-68,90 ~6890	—	—
АМ-2000-GPUC	—	0-0,188 ~7,5	0-0,374 ~37,4	0-1,868 ~186,8	0-6,900 ~690	0-20,68 ~2068	0-68,90 ~6890	—	—