

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ЗАО КИП «МЦЭ»

А.В. Федоров

2024 г.



**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ
ИНСТРУКЦИЯ**

**Преобразователи давления АРТ3300
Методика поверки**

26.51.52-АРТ3300 МП

г. Видное
2024

1 Общие положения

Настоящая инструкция распространяется на Преобразователи давления АРТ3300, серийно выпускаемые по технической документации ООО «ИМС-Комплект», г. Видное. Преобразователи давления АРТ3300 (далее – преобразователи) предназначены для непрерывных измерений давления (избыточного, избыточного давления-разрежения, абсолютного и дифференциального (разности давлений)) и преобразования измеренного давления в унифицированный выходной сигнал силы постоянного тока с возможностью наложения на него цифрового сигнала стандарта HART, а также отображения измеренного давления на дисплее.

Преобразователи изготавливаются в трех моделях:

- АРТ3300-G – предназначены для измерений избыточного давления и избыточного давления-разрежения;
- АРТ3300-A – предназначены для измерений абсолютного давления;
- АРТ3300-D – предназначены для измерений разности давлений.

Данные модели преобразователей имеют различные исполнения, которые отличаются друг от друга конструкцией и диапазонами измерений.

Поверка преобразователей проводится методом непосредственного сличения с рабочим эталоном давления.

Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость преобразователей к Государственным первичным эталонам

- ГЭТ 23-2010 и ГЭТ 43-2022 в соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС) для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденной Приказом Росстандарта № 2653 от 20 октября 2022 г.;

- 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 № 2900 от 06 декабря 2022 г.;

- ГЭТ 95-2020 в соответствии с ГПС для средств измерений разности давлений до $1 \cdot 10^5$ Па, утвержденной Приказом Росстандарта № 1904 от 31 августа 2021 г.

Инструкция устанавливает методику первичной (до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта) и периодической (в процессе эксплуатации по истечению интервала между поверками) поверок преобразователей.

Первичную и периодическую поверку проводят органы Государственной метрологической службы или юридические лица, аккредитованные на право поверки в соответствии с действующим законодательством.

Первичную и периодическую поверку должен проходить каждый экземпляр преобразователей. Периодической поверке могут не подвергаться преобразователи, находящиеся на длительном хранении.

Внеочередной поверке в объеме периодической подвергают преобразователи в случае утраты документов, подтверждающих прохождение поверки, вводе в эксплуатацию после длительного хранения (более одного интервала между поверками) или неудовлетворительной работе.

Первичная поверка проводится при минимальном и максимальном коэффициенте перенастройки.

Периодическая поверка проводится при коэффициенте перенастройки $TD=1$. При перенастройке диапазонов измерений, в пределах, установленных в эксплуатационной документации, внеочередная поверка преобразователей в данном случае не проводится.

Первичную или периодическую поверку преобразователей, используемых для измерений на меньшем числе диапазонов измерений (коэффициентов перенастройки), допускается на основании решения лица предоставившего преобразователь на поверку производить только для применяемых диапазонов измерений, при этом в сведения о поверке в обязательном порядке заносят диапазон измерений в котором поверен преобразователь.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер пункта	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
1 Внешний осмотр средства измерений	6	Да	Да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	Да	Да
3 Проверка программного обеспечения	8	Да	Да
4 Определение погрешности	9.1	Да	Да
5 Определение вариации выходного сигнала	9.2	Да	Да
6 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да
7 Оформление результатов поверки	11	Да	Да

2.2 При получении отрицательного результата в процессе выполнения любой из операций поверки поверяемый преобразователь бракуют и его поверку прекращают, результаты поверки оформляют в установленном порядке.

2.3 После устранения недостатков, вызвавших отрицательный результат, преобразователь может быть вновь предоставлен на поверку.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C от плюс 5 до плюс 35;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 20 до 85;
- давление в помещении, где проводят поверку, кПа от 84 до 106,7;
(далее атмосферное давление)
- напряжение питания (постоянного тока), В от 20 до 28;

Допускается использовать воздух или нейтральный газ при поверке преобразователей с верхними пределами измерений более 2,5 МПа при условии соблюдения соответствующих правил безопасности;

- колебания давления окружающего воздуха, вибрация, тряска, удары, наклоны, магнитные поля (кроме земного) и другие воздействия, влияющие на работу и метрологические характеристики преобразователя, должны отсутствовать;
- импульсную линию, через которую подают измеряемое давление, допускается соединять с дополнительными сосудами, емкость каждого из которых не более 50 литров.

3.2 При поверке преобразователей разности давления 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 эталонного СИ, сообщающейся 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.

При поверке преобразователей разряжения и преобразователей давления-разрежения значение измеряемой величины допускается устанавливать, подавая с противоположной стороны чувствительного элемента преобразователя соответствующее значение избыточного давления, если это предусмотрено конструкцией преобразователя.

При поверке преобразователей избыточного давления допускается принимать нижний предел измерения равный атмосферному давлению.

3.3 Перед проведением поверки преобразователей выполняют следующие подготовительные работы:

- выдерживают преобразователь не менее 1 ч при температуре, указанной в п. 3.1, если иное не указано в технической документации, также убеждаются, что рабочие условия применяемых средств поверки соответствуют условиям поверки;

- устанавливают преобразователь в рабочее положение с соблюдением указаний технической документации.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки рекомендуется применять следующие средства поверки (эталонные единицы величин, средства измерений и вспомогательное оборудование), указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства 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
Все (Контроль условий поверки)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 5 до плюс 35 °С с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 95 % с погрешностью не более ± 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106,7 кПа, с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ кПа.	Термогигрометр ИВА-6 (рег. № 46434-11), диапазон измерений температуры от 0 до плюс 60 °С, основная допускаемая погрешность измерения температуры $\pm 0,3$ °С, диапазон измерения относительной влажности, % от 0 до 98, допускаемая основная абсолютная погрешность: при 23 °С в диапазоне от 0 до 90 %; ± 2 %, в диапазоне от 90 до 98 %, не более ± 3 %; диапазон измерения атмосферного давления, от 700 до 1100 гПа, ПП $\pm 2,5$ гПа

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Раздел 7; Раздел 9	Эталоны единицы избыточного давления, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 2653 от 20.10.2022 г., в диапазоне значений избыточного давления от минус 100 кПа до 70 МПа; Эталоны единицы абсолютного давления, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 2900 от 06 декабря 2022 г., в диапазоне значений абсолютного давления от 0,1 Па до 3 МПа; Эталоны единицы разности давлений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 1904 от 31 августа 2021 г., в диапазоне значений разности давлений до 100 кПа; Эталоны единицы электрического сопротивления, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 3456 от 30.12.2019 г., с номинальным значением сопротивления 50 Ом; Средства измерений постоянного электрического напряжения, в соответствии с приказом Росстандарта № 3457 от 30.12.2019, с диапазоном измерений постоянного напряжения от 0,2 до 1 В; Средства измерений силы постоянного электрического тока, в соответствии с приказом Росстандарта № 2091 от 01.10.2018, с диапазоном измерений силы постоянного тока от 4 до 20 мА; Средства измерений интервалов времени, в диапазоне от 0 до 3 минут, пределы абсолютной погрешности ± 1 с;	Калибраторы давления СРГ8000, СРГ2500, СРГ1000 (Пер. № 54615-13); Калибраторы давления СРС4000, СРС6050, СРС7000 (Пер. № 70999-18); Калибраторы давления АГК (Пер. № 83680-21); Калибраторы давления АПК (Пер. № 89172-23); Мера электрического сопротивления однозначная МС-3050М (Пер. № 46843-11), номинальное значение сопротивления 50 Ом, класс точности 0,001; Мультиметр цифровой Fluke 8846A (Пер. № 57943-14), используемый диапазон измерений электрического напряжения постоянного тока от 0,2 до 1 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности: <math>\pm(0,0025 \% \text{ от измеряемого значения } (U_{\text{изм}}) + 0,0007 \% \text{ от верхнего предела измерений в поддиапазоне измерений (ВПИ)), ВПИ=1 В; используемый диапазон измерений силы постоянного тока от 4 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности: <math>\pm(0,05 \% \text{ от измеряемого значения } (I_{\text{изм}}) + 0,02 \% \text{ от верхнего предела измерений в поддиапазоне измерений (ВПИ)), для ВПИ=10 мА; <math>\pm(0,05 \% \text{ от } I_{\text{изм}} + 0,005 \% \text{ от ВПИ), для ВПИ=100 мА; Секундомер электронный Интеграл С-01 (Пер. № 44154-16) диапазон измеряемых интервалов времени от 0 до 9 ч 59 мин 59 с, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений интервалов времени $\pm(9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_{\text{изм}} + 0,01) \text{ с, где } T_{\text{изм}} - \text{измеренное значение интервала времени, с;}$</math></math></math>

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Раздел 7; Раздел 9	Источник питания постоянного тока, выходное напряжение от 0 до 45 В	Источник питания постоянного тока Б5-5010М, заводской № 501160, выходное напряжение от 0 до 30 В, выходной ток от 0 до 10 А (выходное напряжение от 30 до 50 В, выходной ток от 0 до 6 А)
* Применяемые средства поверки выбираются в зависимости от метрологических и технических характеристик (вид давления, диапазон измерений, пределов допускаемой погрешности) поверяемого преобразователя с учетом требований ГПС и настоящего документа, а также условий поверки. ** При проведении поверки допускается применять другие средства поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться требования и процедуры обеспечения безопасности действующие в местах проведения поверки, а также изложенные в эксплуатационных документах на поверяемые преобразователи и средства поверки.

6 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра проверяется:

- соответствие внешнего вида технической документации и отсутствие видимых дефектов;
- наличие на корпусе преобразователей маркировочной таблички с серийным номером, соответствующим паспорту.

Результатом внешнего осмотра считают положительным, если серийный номер, маркировка и надписи на корпусе соответствуют эксплуатационной документации, отсутствуют механические повреждения, способные повлиять на работоспособность поверяемого преобразователя. При невыполнении этих требований поверка прекращается и преобразователь признают не пригодным к дальнейшему применению.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 При опробовании проверяют герметичность и работоспособность преобразователей.

7.2 Проверяют на герметичность систему, состоящую из соединительных линий для передачи давления, средств поверки, поверяемого преобразователя и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемой величины.

7.3 Проводят проверку герметичности системы вместе с подключенным преобразователем. Для проверки герметичности создают в системе давление, равное верхнему пределу измерений преобразователя и выдерживают в течение 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 поверяемого преобразователя, в течение

последующих двух минут изменение давления не превысило $\pm 0,5$ % от диапазона измерений.

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

Результат опробования считают положительным, если при повышении/понижении давления, показания поверяемого преобразователя изменяются соответствующим образом и/или происходит увеличение/уменьшение выходного сигнала.

8 Проверка программного обеспечения

8.1 В качестве идентификации программного обеспечения (далее ПО) принимается версия (идентификационный номер) ПО, который указан в паспорте на поверяемый преобразователь.

8.2 Преобразователи считаются прошедшими поверку с положительным результатом, если версия (идентификационный номер) ПО указанная в паспорте на поверяемый преобразователь 165.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение основной погрешности

9.1.1 Погрешность преобразователей определяют следующим способом, по эталону на входе поверяемого преобразователя устанавливают номинальные значения входного параметра (давления), а по другому эталону измеряют соответствующее значение выходного параметра (тока или напряжения);

При поверке преобразователей по его цифровому сигналу к выходу подключают приемное устройство, поддерживающее соответствующий цифровой коммуникационный протокол для считывания информации при установленных номинальных значениях входной измеряемой величины (к выходу подключают портативный HART-коммуникатор, или HART-модем с программным обеспечением для связи с персональным компьютером и считывания информации с цифрового выхода датчика. Могут использоваться другие устройства для считывания информации и управления датчиками по другим коммуникационным протоколам, предусмотренным технической документацией).

9.1.2 Схемы включения преобразователей для измерения выходного сигнала при проведении поверки приведены в технической документации.

Средства поверки включают в схему поверки в соответствии с их руководствами по эксплуатации.

9.1.3 Устанавливают следующие параметры поверки:

m – число поверяемых точек в диапазоне измерений, $m=5$;

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), $n = 1$. В обоснованных случаях допускается увеличивать число наблюдений в поверяемых точках до 3 или 5, принимая при этом среднеарифметическое значение результатов наблюдений за достоверное значение в данной точке.

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

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

$$\left(\frac{\Delta_p}{P_m} + \frac{\Delta_i}{I_m - I_0} \right) \cdot 100 \leq \alpha_p \cdot \gamma, \quad (1)$$

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

P_m – диапазон измерений поверяемого преобразователя, МПа;

Δ_i – предел допускаемой абсолютной погрешности средств поверки, контролирующего электрический выходной сигнал преобразователя, мА;

I_0, I_m – соответственно нижнее и верхнее предельное значение выходного сигнала поверяемого преобразователя, мА;

α_p – соотношение предела допускаемой погрешности средств поверки, к пределу допускаемой основной погрешности поверяемого преобразователя, выбирается в соответствии с требованиями ГПС;

γ – пределы допускаемой основной приведенной погрешности поверяемого преобразователя, % диапазона измерений.

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

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

где $\Delta_p, P_m, \alpha_p, \gamma$ – то же, что в формуле (1);

Δ_u – предел допускаемой абсолютной погрешности средств поверки, контролирующего выходной сигнал поверяемого преобразователя по падению напряжения на эталонном сопротивлении, мВ или В;

Δ_R – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного сопротивления, Ом;

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

U_m, U_0 – соответственно верхнее и нижнее предельные значения напряжений (мВ или В) на эталонном сопротивлении, определяемые по формулам 3 и 4

$$U_m = I_m \cdot R_{эт} \quad (3)$$

$$U_0 = I_0 \cdot R_{эт} \quad (4)$$

3) При поверке преобразователей с цифровым выходным сигналом

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

где все обозначения те же, что и в формуле 1.

4) Допускается определять задаваемое избыточное давление, как разность абсолютного и атмосферного (барометрического) давлений, а также определять абсолютное давление как сумму атмосферного (барометрического) и избыточного. При этом измерения абсолютного и атмосферного давлений или атмосферного и избыточного давлений должны проводиться средствами поверки, а значение Δ_p подставляемое в формулы 1, 2, 5 получают как сумму абсолютных погрешностей средств поверки при измерении каждого давления.

9.1.5 Расчетные значения выходного сигнала поверяемого преобразователя для заданного номинального значения входной измеряемой величины определяют по формуле 6

$$I_p = I_0 + \frac{I_m - I_0}{P_m} (P - P_n), \quad (6)$$

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

P – номинальное значение входной измеряемой величины; для преобразователей давления-разряжения значение P в области разрежения подставляется в формулу 6 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 и в формулу 6 подставляется со знаком минус;

I_0, I_m, P_m – то же, что и в формуле (1).

Если значение силы постоянного тока выходного сигнала контролируют по падению напряжения на эталонном сопротивлении $R_{эт}$

$$U_p = R_{эт} \cdot I_p, \quad (7)$$

где U_p – расчетное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, мВ;

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

Перед определением погрешности соблюдают требования п. 3.3 и, при необходимости, корректируют значения выходного сигнала, соответствующие нижнему и верхнему предельным значениям измеряемой величины.

9.1.6 Проверку погрешности преобразователей производят в пяти точках, достаточно равномерно распределенных в диапазоне измерений, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям выходной величины с допуском в пределах 5 % этих значений. Интервал между значениями измеряемой величины не должен превышать 25 % диапазона измерений.

Погрешность определяют при значении измеряемой величины, полученной при приближении к нему как от меньших значений (при прямом ходе), так и от больших значений (при обратном ходе).

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

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

При поверке преобразователей с верхним пределом измерений разрежения 0,1 МПа, если атмосферное давление $P_6 \leq 0,1$ МПа, допускается устанавливать максимальное значение разрежения в пределах 0,90-0,95 P_6 , где P_6 – атмосферное давление. Расчетное значение выходного сигнала при установленном значении разряжения определяют по формуле 6 или 7.

9.1.7 Погрешность γ_∂ в % нормирующего значения вычисляют по приведенным ниже формулам.

При поверке преобразователей по способу 1 (9.1.1):

- при измерении аналогового выходного сигнала (сила постоянного тока)

$$\gamma_\partial = \frac{I - I_p}{I_m - I_0} \cdot 100, \quad (8)$$

- при измерении аналогового выходного сигнала после эталонного сопротивления (напряжение постоянного тока)

$$\gamma_d = \frac{U - U_p}{U_m - U_0} \cdot 100, \quad (9)$$

- для измеренного давления полученного в цифровом виде (отображается на дисплее и/или передается по HART)

$$\gamma_d = \frac{N - P}{P_m} \cdot 100, \quad (10)$$

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

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

N – значение измеренного давления полученное в цифровом виде (отображается на дисплее и/или передается по HART), при номинальном значении измеряемой величины;

остальные обозначения те же, что в формулах (1, 2, 6, 7).

Вычисление γ_d выполняют с точностью до третьего знака после запятой.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Результаты определения основной приведенной к диапазону измерений погрешности признают положительными, если для всех контрольных точек выполняется неравенство:

$|\gamma_d| \leq 0,075 \% \text{ при TD от 1 до 10 (включительно), где TD - коэффициент перенастройки диапазона измерений, вычисляется как отношение максимального верхнего предела измерений к диапазону измерений после перенастройки}$

$|\gamma_d| \leq (0,075 \cdot \text{TD}) \% \text{ при TD свыше 10.}$

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 20.11.2020 № 2510 передают в федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 По требованию заказчика в соответствии с Приказом Минпромторга России от 20.11.2020 № 2510 оформляется свидетельство о поверке и (или) в паспорт на датчик ставится знак поверки (при положительных результатах поверки), либо оформляется извещение о непригодности (при отрицательных результатах поверки).

11.3 При поверке преобразователей на меньшем числе диапазонов измерений (коэффициентов перенастройки), в сведениях о поверке в обязательном порядке указывают диапазон измерений в котором поверен преобразователь.