

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ЗАО КИП «МЦЭ»

А.В. Федоров

2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений
Расходомеры электромагнитные Yokemeter AFT-500

Методика поверки
АФТ.500 МП

г. Екатеринбург
2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на расходомеры электромагнитные Yokemeter AFT-500 (далее - расходомеры), предназначенные для измерений объемного расхода и объема электропроводящих жидкостей, и устанавливает объем, методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость расходомеров к Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019, в соответствии с ГПС для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, согласно Приказу Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, для средств измерений, поверка которых осуществляется на воде.

1.3 При определении метрологических характеристик расходомеров проливным способом используется прямой метод измерений объема и объемного расхода.

При определении метрологических характеристик расходомеров имитационным способом используется косвенный метод измерений объема и объемного расхода.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования в части пределов допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода и объема, которые должны соответствовать следующим значениям:

- $\pm 0,5$ % или ± 1 % (конкретное значение указано на маркировочной табличке и в паспорте поверяемого расходомера) при поверке проливным способом;

- $\pm 0,6$ % (для расходомеров у которых в паспорте и на маркировочной табличке указано $\pm 0,5$ %) или $\pm 1,2$ % (для расходомеров у которых в паспорте и на маркировочной табличке указано $\pm 1,0$ %) при поверке имитационным способом.

1.5 На основании письменного заявления владельца или лица, представившего расходомеры на периодическую поверку, оформленного в произвольной форме допускается проводить поверку не в полном объеме (только прямой или обратный поток) и/или для заявленных выходных сигналов.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки расходомеров выполняются операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Первичная поверка	Периодическая поверка
Внешний осмотр средства измерений	7	+	+
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	+	+
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	+	+
Определение метрологических характеристик средства измерений	10	+	+
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	+	+

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки расходомеров должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды от плюс 15 до плюс 30 °С;
- температура поверочной среды (вода) от плюс 10 до плюс 35 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30% до 90%;
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа;
- длина прямолинейного участка трубопровода до расходомера не менее 5 DN, после расходомера не менее 2 DN. Расстояние между соседними поверяемыми расходомерами, в случае установки нескольких на измерительную линию поверочной установки, должно быть не менее 5 DN.

Перед определением метрологических характеристик проливным способом поверяемый расходомер должен быть выдержан с заполненным водой первичным преобразователем и поданным на него напряжением питания не менее 30 минут.

Перед определением метрологических характеристик имитационным способом поверяемый расходомер должен быть выдержан с поданным на него напряжением питания не менее 30 минут.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

Поверку расходомеров должны осуществлять аккредитованные на проведение поверки в соответствии с законодательством РФ об аккредитации в национальной системе аккредитации юридические лица и индивидуальные предприниматели.

При проведении поверки специалисты должны:

- изучить настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации на расходомеры;
- изучить эксплуатационную документацию на средства поверки и вспомогательные технические средства;
- обладать навыками работы на применяемых средствах измерений;
- пройти инструктаж по технике безопасности.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При проведении поверки применяют следующие средства измерений и вспомогательное оборудование, указанное в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Средства поверки и вспомогательное оборудование, применяемое при поверке

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного оборудования для проведения поверки и их метрологические и основные технические характеристики	Пример возможного оборудования
1	2	3
10.1	Рабочие эталоны не ниже 3-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356 (Часть 1), диапазон воспроизведения объемного расхода в соответствии метрологическими характеристиками поверяемого расходомера.	Установка поверочная расходомерная ТАЙФУН (рег. № 60684-15)

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3
10.2	Средства измерений постоянного электрического напряжения в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3457 с диапазоном имитируемого объемного расхода от 88 до 100000 м ³ /ч, пределы основной относительной погрешности установки при поверке приборов по объемному расходу и объему ±0,2 %	Установка Поток-Т (рег. №14519-06)
10.2	Магазин электрического сопротивления диапазон воспроизводимых значений сопротивления от 0,021 Ом до 111111,1 Ом ступенями через 0,01 Ом, класс точности 0,02/2,5·10 ⁻⁷ .	P4834 (рег. №11326-90)
10.1	Средства измерений интервалов времени не менее 60 с класса точности (основной абсолютной погрешностью измерений) $\Delta = \pm(9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_x + 0,01)$ с, где T_x – измеренный интервал времени, с,	Секундомер электронный «Интеграл С-01» (рег. №44154-16)
10.1.6	Счетчик импульсов микропроцессорный	СИ30 (рег. №65350-16)
10.1.7	Частотомер электронно-счетный с диапазоном измерения частоты от 0,1 до 1·10 ⁹ Гц, относительная погрешность $\pm [\delta_0 + 1/(f_x \cdot t_{сч})]$, где f_x – измеряемая частота, Гц; $t_{сч}$ – время счета частотомера, с; δ_0 – относительная погрешность по частоте встроенного опорного генератора $\delta_0 = \pm 5 \cdot 10^{-6}$ (за 12 мес.).	ЧЗ-84/2 (рег. №26596-04)
10.1.8	Рабочий эталон не ниже 2-го разряда в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091, диапазон измерений силы постоянного тока от 4 до 20 мА	Мультиметр цифровой 34465А (рег. №63371-16)
Примечания:		
1. Допускается применение других аналогичных средств поверки, допущенных к применению в установленном порядке и обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых расходомеров с требуемой точностью;		
2. Все средства поверки должны быть допущены к применению в установленном порядке.		

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки:

- соблюдать общие требования безопасности, установленные в поверочной лаборатории;
- монтаж и демонтаж электрических цепей расходомера и средств поверки должно проводиться только при отключенном питании всех устройств.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При внешнем осмотре визуально определяют соответствие расходомера следующим требованиям:

- внешний вид, комплектность и маркировка должны соответствовать описанию типа и эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений;
- на расходомере не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, влияющих на его работоспособность.

При периодической поверке дополнительно проверяют качество рабочей поверхности проточной части первичного преобразователя (отсутствие нарушений целостности покрытия, микротрещин, выбоин, загрязнения, изменения формы поверхности канала и т.п.).

Примечание: При наличии загрязнений проточной части расходомера необходимо произвести ее чистку.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготавливают поверяемый расходомер и средства поверки в соответствии с эксплуатационной документацией.

8.2 Проводят проверку первичного преобразователя расхода в соответствии с п. 7.3 документа «Расходомеры электромагнитные Yokemeter AFT-500. Руководство по эксплуатации» AFT-500 РЭ.

8.3 Устанавливают поверяемый расходомер на поверочную установку, далее удаляют воздух из измерительной линии поверочной установки и проверяют отсутствие каплевыделения или течи поверочной среды из конструктивных элементов расходомера при рабочем давлении в поверочной установке.

8.4 Проводят опробование поверяемого расходомера на поверочной установке путем увеличения или уменьшения расхода в пределах диапазона измерений, при этом показания на дисплее расходомера должны изменяться соответствующим образом.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Проверка ПО производится путем сравнения версии программного обеспечения (ПО), отображаемого на дисплее поверяемого расходомера и указанного в его паспорте, при этом формат версии ПО должен быть 6P.IA.XX.XX, где XX.XX – обозначение версии метрологически незначимой части ПО и может принимать значения от 00.00 до 99.99. Вывод версии ПО на дисплей производят в соответствии с указаниями приведенными в документе «Расходомеры электромагнитные Yokemeter AFT-500. Руководство по эксплуатации» AFT-500 РЭ.

9.2 Результаты проверки ПО признают положительными, если установлено соответствие версии ПО отображаемого на дисплее поверяемого расходомера и указанного в его паспорте, при этом формат версии ПО 6P.IA.XX.XX.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема проливым методом.

10.1.1 Определение погрешностей расходомера при измерении объемного расхода и объема δv жидкости проливым методом с помощью поверочной установки проводится при измерениях объема путем сличения показаний расходомера и поверочной установки. При этом расходомеры должны отображать измеряемые параметры с наименьшей дискретностью, настройки проводят в соответствии с документом «Расходомеры электромагнитные Yokemeter AFT-500. Руководство по эксплуатации» AFT-500 РЭ.

10.1.2 Определение δv проводят в трех поверочных точках объемного расхода («i₁», «i₂», «i₃» см. таблицу 10.1). При этом измерение объема, прошедшего через поверяемый расходомер на каждом из указанных в таблице 10.1 расходов, проводят один раз и сравнивают со значением объема по показаниям поверочной установки. Рекомендуемая температура поверочной среды (воды) от плюс 10 до плюс 30 °С,

изменение температуры поверочной среды за время пролива, на объемном расходе, соответствующем контрольной точке, не более ± 2 °С.

Таблица 10.1 – Характеристики поверочных точек

№	Значение поверочного расхода		Минимальное время измерения, с
	от DN10 до DN200	от DN250	
i_1	$Q_{\text{мин}}$	$Q_{\text{мин}}$	120
i_2	$0,5 \cdot Q_{\text{макс}}$	$0,2 \cdot Q_{\text{макс}}$	90
i_3	$Q_{\text{макс}}$	$0,4 \cdot Q_{\text{макс}}$	60

$Q_{\text{мин}}, Q_{\text{макс}}$ – соответственно минимальный и максимальный объемный расход поверяемого расходомера, м³/ч;
 Значение расхода задается с помощью поверочной установки с допуском +5 % на контрольной точке « i_1 » и ± 5 % на контрольных точках « i_2 », « i_3 ».

10.1.3 Далее по формуле 1 рассчитывают δv для каждой поверочной точки « i ».

$$\delta v_{(i)} = \pm \frac{V_{\text{изм}(i)} - V_{\text{эт}(i)}}{V_{\text{эт}(i)}} \cdot 100 \quad (1)$$

где $V_{\text{изм}(i)}$ - значение объема по показаниям поверяемого расходомера, измеренное за время пролива на объемном расходе соответствующем контрольной точке « i », вычисляется как разность между значениями объема после пролива ($V_{\text{изм(кон)}(i)}$) и до пролива ($V_{\text{изм(нач)}(i)}$), м³;

$V_{\text{эт}(i)}$ - значение объема по показаниям поверочной установки, измеренное за время пролива на объемном расходе, соответствующем контрольной точке « i », м³.

10.1.4 Результаты определения погрешности поверяемого расходомера при измерении объемного расхода и объема признают положительными, если абсолютные значения $\delta v_{(i)}$ рассчитанные по формуле 1 для каждой контрольной точки « i » не более 0,5 % или 1 % (конкретное значение указано на маркировочной табличке и в паспорте поверяемого расходомера).

10.1.5 Для расходомеров, предназначенных для измерений прямого и обратного потока, поверку в соответствии с п. 10.1.2 – 10.1.3 дополнительно проводят после установки первичного преобразователя поверяемого расходомера против потока, создаваемого поверочной установкой. Результаты признают положительными если выполняется п. 10.1.4.

10.1.6 Для расходомеров, имеющих импульсный выходной сигнал при поверке в соответствии с п. 10.1.2 – 10.1.3 дополнительно определяют $\delta v_{(i)}$ по этому выходу, для этого в формулу 1 вместо $V_{\text{изм}(i)}$ подставляют значение $V_{\text{изм(имп)}(i)}$ рассчитанное по формуле 2

$$V_{\text{изм(имп)}(i)} = P_{(i)} \cdot N_{(i)} \quad (2)$$

где $P_{(i)}$ - вес импульса поверяемого расходомера в соответствии с настройками, м³/имп;
 $N_{(i)}$ - количество импульсов поступивших от поверяемого расходомера за время пролива на объемном расходе соответствующем контрольной точке « i », шт.

Счет $N_{(i)}$ осуществляет поверочная установка, в случае отсутствия данной функции у поверочной установки рекомендуется использовать счетчик импульсов утвержденного типа, допущенный к применению в установленном порядке, при этом за время каждого пролива в соответствии с таблицей 10.1 должно пройти не менее 200 импульсов.

Результаты признают положительными если выполняется п. 10.1.4.

10.1.7 Для расходомеров, имеющих частотный выходной сигнал при поверке в соответствии с п. 10.1.2 – 10.1.3 дополнительно определяют $\delta Q_{(F)}(i)$ по этому выходу по формуле 3

$$\delta_{Q(F)(i)} = \pm \frac{Q_{\text{изм}(F)(i)} - Q_{\text{эт}(i)}}{Q_{\text{эт}(i)}} \cdot 100 \quad (3)$$

где $Q_{\text{изм}(F)(i)}$ – среднее значение объемного расхода, вычисленное за время пролива по формуле 4, м³/ч;

$Q_{\text{эт}(i)}$ – среднее значение объемного расхода по показаниям поверочной установки, измеренное за время пролива на объемном расходе, соответствующем контрольной точке «i», м³/ч.

$$Q_{\text{изм}(F)(i)} = \frac{F_{\text{изм}(i)}}{F_{\text{макс}}} \cdot Q_{\text{макс}} \quad (4)$$

где $F_{\text{изм}(i)}$ – измеренное значение частота сигнала на частотном выходе поверяемого расходомера, определяется как среднеарифметическое по пяти значениям частоты, измеренным через равные промежутки времени за время пролива на объемном расходе, соответствующем контрольной точке «i», Гц;

$F_{\text{макс}}$ – максимальная частота соответствующая максимальному расходу (10000 Гц), Гц;

$Q_{\text{макс}}$ – максимальный объемный расход поверяемого расходомера, м³/ч.

Измерение частоты выходного сигнала осуществляет поверочная установка, в случае отсутствия данной функции у поверочной установки рекомендуется использовать частотомер утвержденного типа, допущенный к применению в установленном порядке, при этом вычисляется среднеарифметическое значение частоты по не менее чем пяти ее измерениям равномерно распределенным в время пролива на каждом объемном расходе, соответствующем контрольной точке «i».

Результаты поверки по данному пункту признают положительными, если абсолютные значения $\delta_{Q(i)}$ рассчитанные по формуле 3 для каждой контрольной точке «i» не более 0,5 % или 1 % (конкретное значение указано на маркировочной табличке и в паспорте поверяемого расходомера).

10.1.8 Для расходомеров, имеющих токовый выходной сигнал при поверке в соответствии с п. 10.1.2 – 10.1.3 дополнительно определяют $\delta_{Q(i)}$ по этому выходу по формуле 5

$$\delta_{Q(I)(i)} = \pm \frac{Q_{\text{изм}(I)(i)} - Q_{\text{эт}(i)}}{Q_{\text{эт}(i)}} \cdot 100 \quad (5)$$

где $Q_{\text{изм}(I)(i)}$ – среднее значение объемного расхода, вычисленное за время пролива по формуле 6, м³/ч;

$Q_{\text{эт}(i)}$ – среднее значение объемного расхода по показаниям поверочной установки, измеренное за время пролива на объемном расходе, соответствующем контрольной точке «i», м³/ч.

$$Q_{\text{изм}(I)(i)} = \frac{I_{\text{изм}(i)} - I_{\text{мин}}}{I_{\text{макс}} - I_{\text{мин}}} \cdot Q_{\text{макс}} \quad (6)$$

где $I_{\text{изм}(i)}$ – измеренное значение силы постоянного тока на токовом выходном сигнале поверяемого расходомера, определяется как среднеарифметическое по пяти значениям силы постоянного тока, измеренным через равные промежутки времени за время пролива на объемном расходе, соответствующем контрольной точке «i», мА;

$Q_{\text{мин}}$, $Q_{\text{макс}}$ – соответственно минимальный и максимальный объемный расход поверяемого расходомера, м³/ч;

$I_{\text{мин}}$, $I_{\text{макс}}$ – соответственно минимальное (4 мА - соответствует нулевому объемному расходу) и максимальное (20 мА - соответствует максимальному объемному расходу) значения силы постоянного тока, мА.

Измерение силы постоянного тока осуществляет поверочная установка, в случае отсутствия данной функции у поверочной установки, рекомендуется использовать

мультиметр утвержденного типа, допущенный к применению в установленном порядке, при этом вычисляется среднеарифметическое значение постоянного тока по не менее чем пяти ее измерениям, равномерно распределенным по времени пролива на каждом объемном расходе, соответствующем контрольной точке «i».

Результаты поверки по данному пункту признают положительными, если абсолютные значения $\delta_{Q(i)}$, рассчитанные по формуле 3 для каждой контрольной точки «i», не более 0,5 % или не более 1 % (конкретное значение указано на маркировочной табличке и в паспорте поверяемого расходомера).

10.1.9 Если предполагается проведение последующих периодических поверок расходомера с применением установки «Поток-Т», то после проведения проливной поверки расходомера с положительным результатом, необходимо произвести определение калибровочных факторов K_F (коэффициент преобразования первичного преобразователя) и/или K_M (калибровочный коэффициент измерительного устройства (электронного блока)) с помощью установки «Поток-Т» в соответствии с МИ 3164 и записать их в паспорт.

10.2 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема имитационным методом с помощью установки Поток-Т.

Настоящий пункт методики описывает беспроливной метод периодической поверки и распространяется на расходомеры с диаметром условного прохода от DN 300, прошедшие ранее с положительным результатом первичную, периодическую либо внеочередную поверку проливным методом или наличие протокола калибровки, подтверждающего метрологические характеристики расходомера.

10.2.1 Определение погрешности расходомеров в режиме измерений объемного расхода и объема имитационным методом проводят в соответствии с МИ 3164-2014.

10.2.2 Принцип работы установки Поток-Т состоит в преобразовании индукции магнитного поля преобразователя расхода в электрическое напряжение, эквивалентное по своим параметрам (амплитуде, фазе, частоте, форме сигнала) электрическому напряжению, возникающему на электродах электромагнитного первичного преобразователя при прохождении через него потока измеряемой среды, и обработке измерительной информации в значения расхода.

10.2.3 Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода и объема поверяемых расходомеров определенные в соответствии с МИ 3164-2014 не должны превышать:

$\pm 0,5$ % (для расходомеров у которых в паспорте и на маркировочной табличке указано $\pm 0,5$ %);

$\pm 1,0$ % (для расходомеров у которых в паспорте и на маркировочной табличке указано $\pm 1,0$ %).

При этом проводят определение калибровочных факторов K_F (коэффициент преобразования первичного преобразователя) и/или K_M (калибровочный коэффициент измерительного устройства (электронного блока)) и записывают их в паспорт.

В случае положительных результатов поверяемый расходомер допускают к применению с пределами допускаемой относительной погрешности:

$\pm 0,6$ % (для расходомеров у которых в паспорте и на маркировочной табличке указано $\pm 0,5$ %);

$\pm 1,2$ % (для расходомеров у которых в паспорте и на маркировочной табличке указано $\pm 1,0$ %).

10.2.4 Для поверяемых расходомеров у которых ранее были определены калибровочные коэффициент дополнительно к п. 10.2.4 определяют отклонение калибровочных коэффициентов δ_k по формуле 7

$$\delta_K = \pm \frac{K_{пр} - K_{пп}}{K_{пп}} \cdot 100 \quad (7)$$

где $K_{пр}$ – калибровочный фактор, определенный при периодической поверке;
 $K_{пп}$ – калибровочный фактор, определенный после проведения проливной поверки с положительным результатом. для расходомеров с диаметром условного прохода от DN 300 или наличии протокола калибровки, подтверждающего метрологические характеристики расходомера.

Результаты поверки по данному пункту признают положительными, если абсолютные значения δ_K рассчитанное по формуле 7 не более 0,5 %.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом в произвольной форме.

11.2 Сведения о результатах поверки расходомера передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, предусмотренных действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

11.3 При положительных результатах поверки по заявлению заказчика оформляют свидетельство о поверке, подтверждающее соответствие расходомера обязательным требованиям к средствам измерений в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений. Знак поверки наносится в паспорт расходомера и (или) на свидетельство о поверке (при его оформлении), а также давлением на мастику, расположенной в защитном колпачке, внутри корпуса электронного блока, на крепежном винте платы расходомера.

11.4 При отрицательных результатах поверки расходомер к применению не допускают, по заявлению заказчика выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений.