

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ"
(ФГУП "ВНИИМС")**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной
метрологии ФГУП «ВНИИМС»



Н.В. Иванникова

2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Ротаметры BROOKS

**Методика поверки
МП 208-018-2021**

г. Москва
2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	3
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	3
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	3
6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	4
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	6
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	7

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на ротаметры BROOKS (далее – ротаметры), и устанавливает объём и методы их первичной и периодической поверок.

1.2 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость ротаметров в зависимости от измеряемой среды к:

- Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019. Для средств измерений, поверка которых осуществляется на воде.

- Государственному первичному эталону единиц объемного и массового расходов газа (ГЭТ 118-2017), или к национальным эталонам иностранных государств, или первичным референтным методикам измерений иностранных государств. Для средств измерений, поверка которых осуществляется на воздухе.

1.3 При определении метрологических характеристик поверяемого ротаметра используется метод непосредственного сравнения результата измерения поверяемого средства измерений со значением расхода, определенного эталоном.

1.4 Интервал между поверками – 3 года.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При проведении поверки расходомеров выполняются операции, указанные в таблице 1.
Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта/раздела методики поверки	Проведение операции при	
		Первичной поверке	Периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	Раздел 7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Раздел 8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	Раздел 9	Да	Да
Определение относительной погрешности измерений объемного расхода	10.1	Да	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки расходомеров должны быть соблюдены следующие условия:

- относительная влажность окружающего воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- температура окружающей среды (20 ±10) °С;
- температура поверочной среды (20 ±10) °С;

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки ротаметров допускают поверителей, изучивших настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации на ротаметры, эксплуатационную документацию на средства поверки и вспомогательные технические средства, а также прошедших 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 2.

Таблица 2 – Средства измерений и вспомогательное оборудование, применяемое при поверке

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии – обозначения типа, модификации
8, 10.1	Установка поверочная 3-го разряда в соответствии с ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 №256, с диапазоном воспроизведения объемного расхода соответствующим диапазону измерений поверяемого расходомера, пределы допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 0,5\%$	Установка поверочная Эрмитаж (регистрационный номер 71416-18 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)
8, 10.1	Установка поверочная в качестве рабочего эталона 1го разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 №2825. Диапазон расхода в соответствии с поверяемым расходомером. Допускаемая относительная погрешность $\pm 0,5\%$.	Установка поверочная расходомеров-счетчиков газа УПРСГ (регистрационный номер 54253-13 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)
10.1	Средство измерений силы постоянного тока: диапазон измерений от 0 до 20 мА, пределы допускаемой относительной погрешности: $\pm(0,01\% \text{ показания} + 2 \text{ мкА})$	Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (регистрационный номер 52489-13 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)

Примечания:

1. Допускается применение других аналогичных средств измерений, не приведенных в разделе 5, но обеспечивающих определение метрологических характеристик расходомеров с требуемой точностью;
2. Все средства измерений должны быть поверены или аттестованы.

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки ротаметров соблюдать требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда, действующими на поверочной установке;
- правилами безопасности при эксплуатации используемых средств поверки, приведенными в их эксплуатационной документации;
- правилами пожарной безопасности, действующими на предприятии.

6.2 Монтаж и демонтаж электрических цепей расходомера и средств поверки должно проводиться только при отключенном питании всех устройств.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие ротаметра следующим требованиям:

- внешний вид, состав, комплектность и маркировка должны соответствовать описанию типа и эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений;

- на ротаметре не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, влияющих на его работоспособность.

7.2 Результат внешнего осмотра считают положительным, если внешний вид, состав, комплектность и маркировка соответствуют описанию типа и эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений, а также на ротаметре отсутствуют механические повреждения и дефекты, влияющие на его работоспособность.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверка отсутствия отложений и грязи на внутренней поверхности измерительного конуса и на поверхности поплавка. При необходимости провести их очистку;
- монтаж ротаметра в измерительную линию поверочной установки в рабочем положении (вертикальное, направление потока рабочей среды) согласно указаниям руководства по эксплуатации на ротаметр конкретной модификации. Длины прямых участков должны соответствовать данным руководства по эксплуатации;
- проверка герметичности мест соединения фланцев под давлением рабочей среды: отсутствие утечек и капель воды, изменения давления воздуха в трубопроводе установки после выдержки не менее 5 минут;
- подключение к источнику питания ротаметров с электрическим выходным сигналом, предельные выключатели согласно указаниям руководства по эксплуатации;
- подключение к аналоговому выходу эталонного мультиметра согласно положениям руководства по эксплуатации;
- определяют исходные данные для протоколов поверки по расходу поверочной среды, используя сертификат калибровки завода-изготовителя или данные паспорта.

8.2 Опробуют расходомер на поверочной установке путем увеличения или уменьшения расхода в пределах диапазона измерений.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Проверка идентификационных данных программного обеспечения (далее - ПО) проводится только для модификаций МТ3809G, имеющим дисплей. Проверка производится путем сравнения версии ПО прибора, указанной в паспорте ротаметра, с версией, указанной в описании типа на СИ.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение относительной погрешности измерений объемного расхода.

Поверку ротаметров проводят в значениях расхода поверочной среды (вода, воздух), соответствующих оцифрованным отметкам его шкалы в точках $0,1Q_{\text{наиб}}$ и $Q_{\text{наиб}}$ и любых трех оцифрованных отметках шкалы внутри диапазона от $0,1Q_{\text{наиб}}$ до $Q_{\text{наиб}}$.

Измеренные значения расхода регистрируют по показаниям шкалы и/или по данным аналогового выходного сигнала.

Регулируя значение расхода рабочей среды по показаниям шкалы ротаметра, устанавливают расходы, соответствующие оцифрованным отметкам шкалы. Измерение повторяют дважды: при прямом и обратном ходе поплавка.

На каждой точке расхода регистрируют значения:

- расхода по поверочной установке (Q_3);
- расхода по показаниям шкалы ротаметра (Q_p);
- тока (показания мультиметра) (I_p).

10.1.1 Результаты измерений обрабатываются следующим образом.

10.1.2 Вычисляют приведенную погрешность каждого измерения расхода текущей среды по формуле (1)

$$\gamma = \left(\frac{Q_p - Q_{\text{э}}}{Q_{\text{наиб}}} \right) 100\% \quad (1)$$

10.1.3 Результаты измерений расхода по аналоговому выходному сигналу обрабатываются следующим образом.

Измеренные ротаметром значения расхода по показаниям миллиамперметра вычисляются по формуле:

$$Q_p = (I_p - I_{\text{наим}}) \cdot \left(\frac{Q_{\text{наиб}} - Q_{\text{наим}}}{I_{\text{наиб}} - I_{\text{наим}}} \right) + Q_{\text{наим}} \quad (2)$$

где

$Q_{\text{наиб}}$, $Q_{\text{наим}}$ - верхний и нижний пределы диапазона измерения расхода рабочей среды ($\text{м}^3/\text{ч}$, л/ч);

$I_{\text{наиб}}$, $I_{\text{наим}}$ - верхний и нижний пределы аналогового выходного сигнала, соответствующие $Q_{\text{наиб}}$, $Q_{\text{наим}}$, мА.

I_p - измеренное значение выходного сигнала (тока) по показаниям амперметра, мА,

10.1.4 При поверке ротаметров, с использованием воздуха в качестве среды – заменителя, необходимо произвести перерасчет шкалы ротаметра на воздух с параметрами: температура 20 °С, давление 101,325 кПа. Расчет шкалы производится по формулам, приведенным в приложении А.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Ротаметр соответствует предъявляемым к нему метрологическим требованиям при выполнении следующих условий:

- отсутствие утечек и капель воды, изменения давления воздуха в трубопроводе установки после выдержки не менее 5 минут;
- при увеличении или уменьшении расхода соответствующим образом изменялись показания ротаметра;
- версия программного обеспечения, написанная в паспорте соответствует данным, указанным в таблице 3;

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Firmware 38XXG
Номер версии (идентификационный номер) ПО	01.02 с преобразователями HART V1.0.0 с преобразователями Foundation Fieldbus

- значение допускаемой приведенной к максимальному расходу погрешности измерений объемного расхода не превышает значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Пределы допускаемой погрешности.

Модификации ротаметра	MT3750C	MT3809G	MT3810G
Пределы допускаемой приведенной к максимальному расходу погрешности измерений объемного расхода, %	±2,5; ±4,0	±1,6; ±2,5; ±4,0	±5,0

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки оформляют протоколом в произвольной форме.

12.2 Сведения о результатах поверки ротаметра передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

12.3 При положительных результатах поверки ротаметра по заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», или делается соответствующая запись с нанесением знака поверки, заверяемая подписью поверителя в паспорте расходомера в разделе «Информация о поверке».

12.4 При отрицательных результатах поверки, ротаметр к эксплуатации не допускается. По заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается извещение о непригодности, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Начальник отдела 208
ФГУП «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

Ведущий инженер отдела 208
ФГУП «ВНИИМС»

Д.П. Ломакин

Приложение А

Расчет и построение шкал ротаметров для реальных рабочих сред производится по специальной методике в соответствии с немецкими Правилами VDE / VDI 3513. Массовый расход согласно этим правилам:

$$M = \alpha \cdot D_s \sqrt{g \cdot M_s \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)} \quad (\text{A1})$$

где:

M - массовый расход,

α - коэффициент расхода,

ρ - плотность измеряемой среды,

D_s - диаметр поплавка,

g - ускорение свободного падения,

M_s - масса поплавка,

ρ_s - плотность материала поплавка

Коэффициент расхода α есть функция δ и числа Руппеля R_U :

$$\alpha = f(\delta; R_U) \quad (\text{A2})$$

Число Руппеля определяет влияние вязкости:

$$R_U = \frac{\eta}{\sqrt{g \cdot M_s \cdot \rho \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}}, \quad (\text{A3})$$

Величина $\delta = \frac{D_k}{D_s}$ определяет высоту подъема поплавка от нулевой отметки конуса, где:

D_k - диаметр конуса;

D_s - диаметр поплавка.

Это функция для каждого типоразмера и формы поплавка ротаметров фирмы "KROHNE" строго индивидуальна. Полученные экспериментально значения δ сведены в таблицы и могут быть отражены графически в виде диаграмм в координатах $R_U - \alpha$.

Перерасчет шкалы на вторую измеряемую среду

1-ый шаг

Рассчитывается число Руппеля R_{U1} для первой измеряемой среды:

$$R_{U1} 10^3 = \frac{0,319\eta}{\sqrt{M_s \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}}, \quad (\text{A4})$$

2-ой шаг

Рассчитываются коэффициенты расхода для первой среды для 10 точек: $\alpha_{10\%}$; $\alpha_{20\%}$; $\alpha_{30\%}$... $\alpha_{100\%}$ по формуле:

$$\alpha_1 = \frac{0,0887M_1}{D_s \sqrt{M_s \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) \rho_1}}, \quad (A5)$$

3-ий шаг

Для заданного типоразмера ротаметра и формы поплавка по диаграмме или таблице определяются значения δ для тех же точек: $\delta_{10\%}$; $\delta_{20\%}$; $\delta_{30\%}$... $\delta_{100\%}$.

4-ый шаг

Рассчитывается число Руппеля R_{U2} для второй жидкости (например, для воды-поверочной измеряемой среды)

$$R_{U2} 10^3 = \frac{0,319\eta_2}{\sqrt{M_s \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) \rho_2}}, \quad (A6)$$

5-ый шаг

По диаграмме или таблице определяют коэффициенты расхода α_2 для второй среды при значениях δ , полученных в 3-ем шаге.

По значениям α_2 рассчитывают значения расхода второй среды ($M_{10\%}$; $M_{20\%}$; $M_{30\%}$... $M_{100\%}$) по выражению:

$$\alpha_2 = \frac{0,0887}{D_s \sqrt{M_s \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) \rho_2}} M_2, \quad (A7)$$

В приведенных формулах A1-A7 **0,319** и **0,0887** - коэффициенты, учитывающие значения величины **g**, вынесенной из-под корня, а также размерностей η и **M**. Указанные значения справедливы для η , выраженной в **сР** и **M** - в **kg/h**.

Остальные величины, входящие в формулы расчета, выражены: **D_s**- мм, **M_s** - г, ρ - г/см³.