

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГБУ «ВНИИМС»)**

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
по производственной
метрологии



А.Е. Коломин

« 07 » 2024 г.

**ГСИ. Ротаметры с металлической трубкой RFC.
Методика поверки.**

МП 208-071-2024

г. Москва
2024 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.....	4
6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	5
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	6
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	7
ПРИЛОЖЕНИЕ А	8

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на Ротаметры с металлической трубкой RFC (далее - ротаметры) предназначенные для измерений объёмного расхода жидкостей и газов, 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 объёмного 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 объёмного расходов жидкости, согласно Приказу Росстандарта от 26.09.2022 №2356, для средств измерений, поверка которых осуществляется на воде;

- Государственному первичному эталону единиц объёмного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017, в соответствии с ГПС для средств измерений объёмного и массового расходов газа, согласно Приказу Росстандарта №1133 от 11.05.2022;

1.3 При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется прямой метод измерений объёмного расхода.

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 метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Раздел 10	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

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
<p>п.10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям</p>	<p>Рабочий эталон единиц объемного расхода (объема) жидкости 2 разряда согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 с диапазоном воспроизведения объемного расхода, соответствующим диапазону измерений поверяемого расходомера. С доверительными границами суммарной погрешности, не превышающими 1/3 пределов допускаемой относительной погрешности поверяемого расходомера.</p>	<p>Установка поверочная Эрмитаж рег. 71416-18</p>
	<p>Рабочий эталон единиц объемного расхода (объема) газа 1 разряда согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 11.05.2022 №1113 с диапазоном воспроизведения объемного расхода, соответствующим диапазону измерений поверяемого расходомера. С доверительными границами суммарной погрешности, не превышающими 1/3 пределов допускаемой относительной погрешности поверяемого расходомера.</p>	<p>Установка поверочная расходомеров-счетчиков газа «УПРСГ» рег. № 54253-13</p>
	<p>Средство измерений силы постоянного тока: диапазон измерений от 0 до 20 мА, пределы допускаемой относительной погрешности: $\pm(0,01\% \text{ показания} + 2 \text{ мкА})$</p>	<p>Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 рег. № 52489-13 в</p>
<p>п.8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений п.9 Проверка программного обеспечения средства измерений п.10 Определение метрологических характеристик средства</p>	<p>Измеритель влажности, температуры окружающего воздуха и атмосферного давления, диапазон измерений температуры от +10 до+30 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ диапазон измерений влажности от 30 до 80 % с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 3 \text{ } \%$, диапазон измерений давления от 84 до 106 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5 \text{ кПа}$</p>	<p>Термогигрометр ИВА-6 рег. № 46434-11</p>

измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям		
Примечание: Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

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 ротаметра 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 средства измерений силы постоянного тока 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 имеющих дисплей.

9.2 Проверка программного обеспечения (далее – ПО) осуществляется по номеру версии ПО.

9.2.1 Подать питание на ротаметр. Во время загрузки отобразится номер версии ПО.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	SIC.LL
Номер версии (идентификационный номер) ПО	V4.X
Обозначение X в записи номера версии ПО заменяет символы, отвечающие за метрологически незначимую часть.	

Результат поверки по данному разделу считается положительным, если значение номера версии ПО, зафиксированные на дисплее ротаметра, соответствуют значению номера версии ПО, указанного в таблице 3.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

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);

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

$$\gamma = \left(\frac{Q_p - Q_3}{Q_{\text{наиб}}} \right) 100\% \quad (1)$$

10.1.2 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.

10.1.3 Результат поверки считается положительным, если основная приведенная к верхнему пределу измерений погрешность измерений объемного расхода не превышает $\pm 1,5\%$.

10.2 Определение допускаемой абсолютной погрешности преобразования объемного расхода в токовый выходной сигнал.

10.2.1 К токовым выходам ротаметра подключить средство измерений силы постоянного тока, подать питание на ротаметр.

При помощи механического воздействия переместить поплавков ротаметра до положения, когда стрелка ротаметра окажется напротив отметки «0». Измерить силу тока выходного сигнала I_i , в этой точке расхода значение силы тока выходного сигнала должно соответствовать $I_{эм}=4$ мА. Затем переместить поплавков до момента, когда стрелка ротаметра покажет $0,5 Q_{max}$ и Q_{max} , сделать измерения силы тока выходного сигнала I_i . Соответственно значения силы тока выходного сигнала $I_{эм}$ в этих точках расхода должно соответствовать 12 и 20 мА.

10.2.2 Рассчитать абсолютную погрешность преобразования объемного расхода в токовый выходной сигнал по формуле:

$$\Delta_I = I_i - I_{эм}, \text{ мА} \quad (2)$$

Результат поверки считать положительным, если полученные значения абсолютной погрешности преобразования объемного расхода в токовый выходной сигнал не превышают $\pm 0,02$ мА.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом в произвольной форме.

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

11.3 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 № 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».

11.4 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 № 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:

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

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.