

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ФЕДЕРАЛЬНОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
(ФГУП «ВНИИМС»)

УТВЕРЖДАЮ



Руководитель ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС»

В. Н. Яншин

2011 года

Государственная система обеспечения единства измерений

«Ротаметры DK (46, 47, 48, 701, 702, 800), VA (40, 45), GA 24
фирмы «KROHNE Messtechnik GmbH», Германия. »

Методика поверки

Москва

2011

Содержание

Введение	3
1. Операции поверки	4
2. Средства поверки	4
3. Требования безопасности	5
4. Условия поверки	5
5. Подготовка к поверке	5
6. Проведение поверки	6
7. Оформление результатов поверки	7
8. Приложение 1	8

Введение

Настоящая инструкция распространяется на ротаметры фирмы “KROHNE Messtechnik GmbH”, Германия, моделей DK (46, 47, 48, 701, 702, 800), VA (40, 45), GA 24, и их различных модификаций, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Ротаметры могут быть оснащены одним или двумя сигнализаторами предельных значений.

Шкалы ротаметров градуированы в единицах расхода, измеряемой рабочей среды с учетом всех влияющих параметров (плотности, вязкости, а для газов также давления и температуры). Градуировка (калибровка) ротаметров на заводе-изготовителе производится на средах-заменителях (за исключением стеклянных ротаметров класса точности 0,4, для которых требуется реальная измеряемая среда).

Средами - заменителями являются:

- для измерения расхода жидкости - вода,
- для измерения расхода газа – воздух или вода (в случаях, когда возможен перерасчет шкалы).

Перерасчет шкалы ротаметра на среду-заменитель производится по формулам, приведенным в Приложении 1 или при помощи программы KroVaCal. Также при покупке прибора можно заказать на заводе-изготовителе калибровочный сертификат с расчетом на среду-заменитель или сменную шкалу на среду-заменитель для конкретного прибора (для некоторых типов ротаметров).

Если данные по паре «конус-поплавок» отсутствуют, то необходимо обратиться с запросом в ближайшее представительство фирмы «KROHNE» для получения необходимой информации.

Погрешность поплавковых ротаметров определяется параметрами G и q_G , заданными производителем.

Класс точности G : Постоянная величина, выраженная в % от измеренного значения, применяется вместе с линейным пределом q_G .

Линейный предел q_G : Значение предела расхода в % от полной шкалы. Выше этого предела допустимая относительная погрешность является постоянной. Ниже предельного значения q_G допустимая погрешность увеличивается относительно понижающего расхода обратно пропорционально.

Пределы допустимой относительной погрешности ротаметров (F) в диапазоне расходов от $0.5 Q_{\text{наиб}}$ до $Q_{\text{наиб}}$ (в линейном пределе больше 50%) вычисляются по формуле:

$$\text{Относительная погрешность } F_{\%} = G \text{ для } q_{\%} \geq q_G \quad (1)$$

и представлены в виде Таблицы 1.

Таблица 1

Тип ротаметров	Пределы относительной погрешности F (%)	Линейный предел q_G (%), в котором относительная погрешность постоянна
GA 24	1.0 (0.4-опция)	50-100
VA 40	1.0	50-100
VA 45	2.5	50-100
DK 46	4.0	50-100
DK 47, DK 800	2.5	50-100
DK 48	1.0	50-100
DK 701, 702	4.0, 6.0	50-100

Пределы допустимой относительной погрешности ротаметров в диапазоне расходов от $0,1 Q_{\text{наиб}}$ до $0,5 Q_{\text{наиб}}$ (в линейном пределе менее 50%) вычисляются по формуле:

$$\text{Относительная погрешность } F_{\%} = G * \frac{q_G}{q_{\%}} \text{ для } q_{\%} < q_G \quad (2)$$

Пределы относительной погрешности ротаметров в диапазоне расхода от $0,1 Q_{\text{наиб}}$ до $Q_{\text{наиб}}$ в зависимости от класса точности, указанных в Таблице 1 и вычисленных для диапазона расходов от $0,1 Q_{\text{наиб}}$ до $0,5 Q_{\text{наиб}}$, представлены в Таблице 2.

Таблица 2

Значения расхода (%)	Значения относительной погрешности F, (%)				
	1,0	1,6	2,5	4,0	6,0
100	1.000	1.600	2.500	4.000	6.000
90	1.000	1.600	2.500	4.000	6.000
80	1.000	1.600	2.500	4.000	6.000
70	1.000	1.600	2.500	4.000	6.000
60	1.000	1.600	2.500	4.000	6.000
50	1.000	1.600	2.500	4.000	6.000
40	1.250	2.000	3.125	5.000	7.500
30	1.667	2.667	4.167	6.667	10.000
20	2.500	4.000	6.250	10.000	15.000
10	5.000	8.000	12.500	20.000	30.000

Интервал между поверками:

- для ротаметров GA 24, VA 40, DK 48 – 2 года,
- для ротаметров VA 45, DK (46, 47, 701, 702, 800) – 4 года.

1. Операции поверки

1.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр (п.6.1);
- опробование (п.6.2);
- определение метрологических характеристик (п.6.3).

2. Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства поверки и вспомогательное оборудование:

- установки поверочные расходомерные с пределами относительной погрешности не более 1:3 предела допускаемой погрешности поверяемого ротаметра для заданного диапазона измерений расхода;
- манометр образцовый класса точности 0,15, диапазон 0-1,6 кгс/см²;
- манометр образцовый класса точности 0,15, диапазон – в соответствии с давлением в системе поверочной установки;
- термометр лабораторный ТЛ-4 диапазон 0-55 °С, цена деления 0,1 °С;
- измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7: диапазон измерения влажности от 0 до 98 % с пределами абсолютной погрешности ±0,2 %, диапазон измерения температуры от 0 до 100 °С с пределами абсолютной погрешности ±0,2 °С;

- барометр М 67 по ТУ 2504-1797-75 с диапазоном измерения давления от 600 до 810 мм рт. ст., пределы абсолютной погрешности ± 1 мм рт. ст..

2.2 Допускается использование другого оборудования, приборов и устройств, характеристики которых не уступают характеристикам оборудования и приборов, приведенным в п.2.1.

2.3 Все средства измерений и контроля должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке или отметки о поверке.

3. Требования безопасности

3.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда и пожарной безопасности, действующими на предприятии;

- правилами безопасности при эксплуатации используемых эталонов, испытательного оборудования и поверяемого ротаметра, приведенными в эксплуатационной документации.

3.2 Монтаж электрических соединений проводят в соответствии с ГОСТ 12.3.032 и «Правилами устройства электроустановок» (раздел VII).

3.3 К поверке допускаются лица, имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже II, в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», изучившие эксплуатационную документацию и настоящий документ.

4. Условия поверки

При проведении поверки выполняют следующие условия:

4.1 Поверку ротаметров проводят во всех значениях расхода (но не менее чем в пяти точках) поверочной среды (вода, воздух), соответствующих оцифрованным отметкам его шкалы.

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

4.2 Параметры рабочей (среды, используемой при поверке) среды.

4.2.1 Параметры рабочей среды - вода.

- температура рабочей среды $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- давление рабочей среды не менее 0,15 МПа.

4.2.2 Параметры рабочей среды - воздух.

- температура рабочей среды $20 ^\circ\text{C}$
- давление рабочей среды 101,325 кПа.

4.3 Параметры окружающей среды:

- температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$ (25 ± 10)
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7

Вибрация, источники внешних магнитных или электрических полей должны отсутствовать.

4.4 Изменения температур поверочной среды и окружающего воздуха за время поверки не должны превышать $\pm 1,0 ^\circ\text{C}$.

4.5 При поверке ротаметров, если в качестве среды-заменителя используется воздух, температуру и давление поверочной среды измеряют с погрешностью $\pm 0,5 ^\circ\text{C}$ и 0,05 кПа.

5. Подготовка к поверке

5.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- проверку наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке, используемых средств поверки;
- проверку наличия эксплуатационной документации (ЭД) на поверяемый ротаметр;
- проверку соблюдения условий разделов 3 и 4 настоящей инструкции.

5.2 Подготовка ротаметра к поверке предусматривает следующие операции:

- 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, горизонтальное, направление потока рабочей среды) согласно указаниям ЭД на ротаметр конкретного типа. Длины прямых участков должны соответствовать данным ЭД.
- 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.
- определяют исходные данные для протоколов поверки по расходу поверочной среды, используя сертификат калибровки завода-изготовителя или данные эксплуатационного паспорта. При отсутствии этих данных производят их расчет при помощи программы KroVaCal или производят пересчет шкалы, согласно с Приложением 1.

6. Проведение поверки

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют:

- отсутствие механических повреждений на ротаметре, препятствующих его применению;
 - соответствие паспортных данных ротаметра требованиям ЭД;
 - соответствие комплектности ротаметра, указанной в документации;
- Ротаметр, не прошедший внешний осмотр к поверке не допускают.

6.2 Опробование

При опробовании проверяют общее функционирование ротаметра: изменяя значение расхода через ротаметр, одновременно наблюдают за изменением показаний шкалы ротаметра.

Результат опробования считают положительным, если при изменении расхода соответствующим образом изменяются показания ротаметра и срабатывают предельные выключатели.

6.3 Определение метрологических характеристик

6.3.1 Определение погрешности ротаметра при измерении расхода

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

На каждой точке расхода регистрируют значения:

- расхода по поверочной установке (Q_y);
- расхода по показаниям шкалы ротаметра (Q_p);

6.3.2 Результаты измерений обрабатываются следующим образом.

6.3.2.1 Вычисляют относительную погрешность при измерениях расхода по показаниям шкалы каждого измерения при прямом и обратном ходе поплавка:

$$\delta_{ji} = \left(\frac{Q_p - Q_y}{Q_y} \right)_{ji} \cdot 100\% , \quad (5)$$

где Q_p , Q_y - значения расхода поверочной среды по показаниям шкалы ротаметра и установки, соответственно ($\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{л}/\text{ч}$);

j - индекс прямого и обратного хода поплавка ($j = 0$; П_p);

i - индекс точки расхода.

Значения погрешности (δ_{ji}) не должны превышать нормированные в ЭД значения. (смотри Таблицы 1 и 2).

7. Оформление результатов поверки.


7.1 Результаты поверки оформляют протоколом по произвольной форме.

7.2 При положительных результатах поверки оформляют «Свидетельство о поверке» в соответствии с ПР 50.2.006-94.

7.3 При отрицательных результатах поверки выполняют процедуры согласно с ПР 50.2.006-94.

Разработчик программы испытаний

Начальник сектора отдела 208 ФГУП «ВНИИМС»

 Д.И. Гудков

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

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

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 :

$$\alpha = f(\delta; R_U)$$

Число Руппеля определяет влияние вязкости:

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

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 типо-размера 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:

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

2-ой шаг

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

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

3-ий шаг

Для заданного типо-размера 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)

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

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:

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

В приведенных формулах 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 - **mm**, M_s - **g**, ρ - **g/cm³**.

Автоматизированный расчет шкал ротаметров на ПК с использованием программы **KroVaCal** по вышеописанной методике позволяет свести расчеты к простейшим операциям ввода параметров 1-ой и 2-ой среды и данных по конусу и поплавку ротаметра.