

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора

по производственной метрологии

ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Коломин

М.П.

« 16 » 09 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Расходомеры Агат-Р

Методика поверки

МП 208-079-2024

г. Москва
2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Общие положения	3
2.	Перечень операций поверки.....	4
3.	Требования к условиям проведения поверки	4
4.	Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	4
5.	Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	5
6.	Внешний осмотр средства измерений.....	5
7.	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	5
8.	Проверка программного обеспечения средства измерений.....	6
9.	Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	7
10.	Оформление результатов поверки.....	11

1. Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки расходомеров Агат-Р (далее – расходомеров), изготавливаемых АО «Моринсис-Агат-КИП», г. Рязань, и устанавливает объём и методы их первичной и периодической поверок.

1.2 При проведении поверки прослеживаемость поверяемых СИ к государственному первичному специальному эталону единицы массы и объёма жидкости в потоке, массового и объёмного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объёма жидкости в потоке, объёма жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объёмного расходов жидкости, утверждённой приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356.

1.3 Передача расходомерам единиц объёма и объёмного расхода жидкости осуществляется методом непосредственных сличений.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведённые в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон измерений объёмного расхода, м ³ /ч	от 0,05 до 630
Номинальный диаметр проточной полости, DN	от 3 до 200
Пределы допускаемой относительной основной погрешности измерений объёмного расхода, δ_0 , % - в диапазоне скорости от 3 до 10 м/с: <ul style="list-style-type: none"> • исполнения 1,0 • исполнения 0,5 • исполнения 0,25 - в диапазоне скорости от 0,03 до 3 м/с: <ul style="list-style-type: none"> • исполнения 1,0 • исполнения 0,5 • исполнения 0,25 	$\pm 1,0$ $\pm 0,5$ $\pm 0,25$ $\pm 3/v$ $\pm 1,5/v$ $\pm 0,75/v$
Пределы допускаемой относительной основной погрешности измерений объёмного расхода при поверке имитационным методом, %	$\pm \delta_0 + 0,1$
Предел допускаемой дополнительной погрешности измерений объёмного расхода, вызванной отклонением температуры окружающей среды от значения температуры градуировки на каждые 10 °С в рабочем диапазоне температур, % предела основной погрешности	0,1
Предел допускаемой дополнительной погрешности измерений объёмного расхода, вызванной отклонением температуры измеряемой среды от значения температуры градуировки на каждые 10 °С в рабочем диапазоне температур, % предела основной погрешности	0,2
Примечания: 1. Скорость потока жидкости v , м/с, вычисляется по формуле $v = \frac{4 \cdot 10^3}{\pi \cdot 3,6} \cdot \frac{Q}{DN^2},$ где Q – объёмный расход, м ³ /ч;	

DN – номинальный диаметр проточной полости, мм.

2. Значения температуры градуировки окружающей среды: +20 °C; +25 °C; +35 °C; +50 °C.

3. Значения температуры градуировки измеряемой среды: +20 °C; +25 °C; +35 °C; +50 °C; +70 °C.

2. Перечень операций поверки

При проведении поверки расходомера должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 — Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела (пункта) методики поверки	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр средства измерений	6	да	да
2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	да	да
3. Проверка программного обеспечения средства измерений	8	да	да
4. Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	9	да	да
5. Оформление результатов поверки	10	да	да

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки расходомера должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха: $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$;
- температура испытательной среды: $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$;
- дрейф температуры испытательной среды, не более: $3 ^\circ\text{C}/\text{ч}$.

3.2 Условия поверки не должны противоречить условиям эксплуатации средств поверки.

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства измерений и вспомогательное оборудование, указанное в таблице 3.

Таблица 3 — Средства измерений и вспомогательное оборудование

Пункт МП	Метрологические и технические требования к СИ и вспомогательному оборудованию, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 10 °C до 30 °C, ПГ $\pm 0,5 ^\circ\text{C}$; средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 90 %, ПГ $\pm 3 \%$; средство измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, ПГ $\pm 0,5 \text{ кПа}$	Термогигрометры ИВА-6, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде (далее – рег. №) 46434-11

9	Рабочий эталон единицы объёмного расхода жидкости 1-го или 2-го разряда согласно приказа Росстандарта № 2356. Диапазон расходов и погрешность в соответствии с диапазоном и погрешностью, необходимыми для поверки расходомеров	Установки поверочные ТЕСТ-РС, рег. № 75708-19; установки поверочные Эрмитаж, рег. № 71416-18
9	Частотомер электронно-счётный, диапазон измерений частоты от 7 до 9 МГц, ПГ ± 1 Гц	Частотомеры электронно-счётные серии ЧЗ-85, ЧЗ-85/5, рег. № 75631-19
9	Термометр, диапазон измерений от 10 °С до 40 °С, ПГ $\pm 0,5$ °С	Термометры лабораторные электронные ЛТ-300, рег. № 61806-15
9	Источник питания постоянного тока, диапазон выходного тока до 170 мА, напряжения до 27 В	Источники питания постоянного тока импульсные АКИП-1102, рег. № 37469-08
9	Компьютер с установленным программным обеспечением QLink	IBM PC-совместимый с Windows 7 и более поздними версиями ОС
Примечание — Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа, поверенные и удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны выполняться следующие требования безопасности:

- к проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и имеющие группу по технике электробезопасности не ниже второй;
- вся аппаратура, работающая от сети переменного тока, должна быть заземлена;
- все разъёмные соединения линий электропитания и линий связи должны быть исправны;
- должны соблюдаться требования безопасности, указанные в технической документации на расходомер, применяемые средства поверки и вспомогательное оборудование.

6. Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре проверить:

- комплектность расходомера;
- отсутствие механических повреждений и ослабления крепежных элементов;
- состояние лакокрасочных покрытий и уплотнительных поверхностей;
- маркировку.

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если выполняются следующие требования:

- комплектность расходомера соответствует эксплуатационной документации;
- внешний вид соответствует описанию типа;
- отсутствуют механические повреждения, ослабления крепежных элементов, нарушения лакокрасочных покрытий, препятствующих проведению поверки;
- наличие заводских номеров и маркировки.

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

- 7.1 Проконтролировать условия проведения поверки на соответствие разделу 3.
- 7.2 Подготовить расходомер в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.3 Опробование допускается совместить с определением метрологических характеристик.

7.4 Провести проверку контроля исправности.

Проверку контроля исправности проводить во включённом состоянии.

Рабочая полость первичного преобразователя должна быть заполнена рабочей жидкостью. Расходомер подключить согласно схеме на рисунке 1.

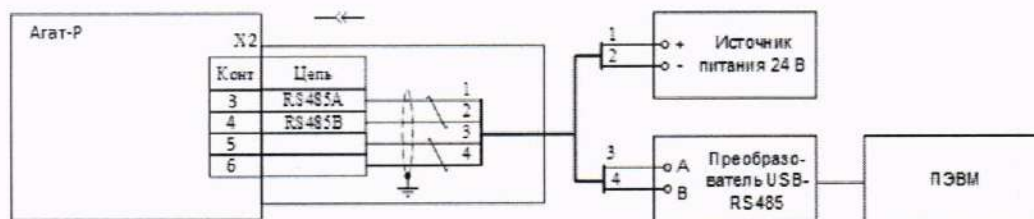


Рисунок 1

Включить источник питания. Запустить на технологической ПЭВМ программу QLink.



Рисунок 2

На главном экране программы в поле «Порт» (в левой части окна) выбрать имя соответствующего адаптеру интерфейса RS-485, используемого для подключения расходомера к технологической ПЭВМ. После выбора соответствующего порта из ниспадающего меню, нажать экранную кнопку «Обновить», в результате чего будут отображены идентификационные данные расходомера, что свидетельствует об успешном установлении. Перейти во вкладку «Испытания и поверка» заголовочного окна программы и выбрать пункт «Контроль исправности». После этого на экране ПЭВМ отобразится соответствующее окно (рисунок 2).

При однократном нажатии экранной кнопки «Опрос» окна «Контроль исправности» расходомер переключится в режим «Контроль» и будет передавать данные о своём состоянии.

При исправном состоянии расходомера в окне «Контроль исправности» отображается пиктограмма «НОРМА», байт состояния принимает значение «0x00».

При неисправном состоянии в окне «Контроль исправности» отображается пиктограмма «НЕ НОРМА», байт состояния содержит код ошибки.

8. Проверка программного обеспечения средства измерений

Контрольную сумму метрологически значимой части metrolog_kit1.dll внешнего программного обеспечения (далее — ПО) QLink рассчитать, используя встроенные средства операционной системы Windows или стороннего ПО, например HashTab. Для проверки встроенными средствами операционной системы Windows необходимо скопировать файл

metrolog_kit1.dll в корень диска C:\, запустить командную строку операционной системы Windows и ввести следующую команду:

certutil -hashfile C:\metrolog_kit1.dll SHA256

При запуске QLink проверить номер версий внутреннего и внешнего ПО.

Номер версии внутреннего (встроенного) ПО отображается на главном окне в поле «Версия ПО». Идентификационное наименование внутреннего (встроенного) ПО не отображается.

Идентификационное наименование и номер версии внешнего ПО отображается в окне «О программе», вызываемом из вкладки «Справка» главного окна.

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют таблице 4.

Таблица 4 — Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование внутреннего ПО	agat-r.hex
Номер версии (идентификационный номер) внутреннего ПО	1.xx.xx.xx
Идентификационное наименование внешнего ПО	QLink
Номер версии (идентификационный номер) внешнего ПО	1.xx.x
Метрологически значимая часть ПО	metrolog_kit1.dll
Цифровой идентификатор метрологически значимой части (алгоритм SHA256)	67b759b930a347c30f97a9efcddf5a81 3350526f74bfcdc3009e51298331d5a8
Примечания: 1. «х» может принимать значение от 1 до 9 и не относится к метрологически значимой части ПО. 2. Просмотр значения номера версии (идентификационного номера) внутреннего ПО доступен только в программе QLink.	

9. Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям

9.1 Определение относительной основной погрешности измерений объёмного расхода проливным методом

Расходомер подключить к установке поверочной и настроить в соответствии с руководством по эксплуатации.

Для выравнивания температуры корпуса первичного преобразователя, температуры измеряемой жидкости в трубопроводе и в расходной ёмкости установки поверочной установить расход, соответствующий $(50 \pm 10) \%$ от верхнего предела измерений (далее – ВПИ) расходомера, и провести проливку в течение не менее 15 мин.

Определение относительной основной погрешности выполняется методом сравнения показаний расходомера среднего объёмного расхода с показаниями установки поверочной при понижении расхода среды в пяти точках диапазона, соответствующим 100 %, 70 %, 40 %, 10 %, 5 % от ВПИ. Расход устанавливать с допуском $\pm 10 \%$ от ВПИ в средних точках диапазона измерений, плюс 5 % от ВПИ в крайней нижней точке и минус 5 % от ВПИ в крайней верхней точке. Для каждой точки проводят не менее трёх измерений. Время проведения одного измерения должно быть не менее 5 мин, или максимально возможным в данной точке диапазона при ограничении возможностей установки поверочной. Давление измеряемой среды в трубопроводе установки поверочной в каждой точке измерений должно быть не менее

0,15 МПа (1,5 кгс/см²). Для запуска измерений среднего объёмного расхода нажимают кнопку «Считать». Для окончания расчёта среднего объёмного расхода нажимают кнопку «Остановить».

Относительную погрешность измерений объёмного расхода δ_{Qi} , %, при i -ом измерении в каждой точке определяют по формуле

$$\delta_{Qi} = \frac{Q_i - Q_{эти}}{Q_{эти}} \cdot 100, \quad (1)$$

где Q_i – расход по расходомеру, м³/ч;
 $Q_{эти}$ – расход по поверочной установке, м³/ч;

За результат принимают наибольшее из полученных значений.

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значения относительной погрешности измерений объёмного расхода не превышают пределов, указанных в таблице 1.

9.2 Определение относительной основной погрешности измерений объёмного расхода имитационным (беспроточным) методом (только при периодической поверке)

Установить заглушку на фланцы расходомера. Установить расходомер в вертикальное положение и заполнить рабочую полость первичного преобразователя расходомера дистиллированной водой. Выдержать не менее 2 ч.

Допускается проводить проверку без демонтажа расходомера с контролируемого трубопровода. Для этого остановить поток жидкости через расходомер, при этом полость первичного преобразователя должна быть заполнена измеряемой средой. Выдержать не менее 2 ч для установления температурного равновесия.

Расходомер подключить в соответствии с руководством по эксплуатации. Открыть крышку вторичного преобразователя. К контактам 3 – 6 разъёма X2 платы измерителя подключить кабель поверочный КП. Запустить программу Qlink, установленную на технологической ПЭВМ.

Выбрать в поле «Порт» (в левой верхней части окна) имя порта, соответствующего адаптеру интерфейса RS-485, используемого для подключения расходомера к технологической ПЭВМ. Для этого нажать экранную кнопку «▼» в поле «Порт» и выбрать соответствующее имя порта в появившемся списке. Имя порта определяется средствами операционной системы (в меню «Свойства» адаптера в диспетчере устройств).

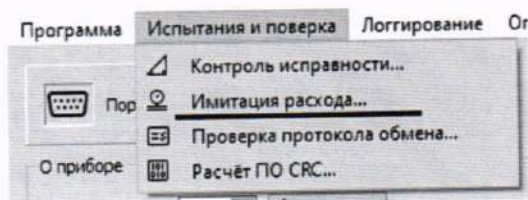


Рисунок 3 – Меню программы Qlink.

В пункте меню «Испытания и поверка» (рисунок 3) выбрать пункт «Имитация расхода», в результате чего должно открыться окно «Имитация расхода», внешний вид которого приведён на рисунке 4.

	D _н , мм	L _а , мм	cos(φ)	A	B	N _{такт}	T _{по} , нс	T _{против} , нс	C ₀ , м/с	Q _{изм} , м³/ч	Q _д , м³/ч	δQ _{изм} , %	δQ', %
Канал 1	20	117	0.7313...	1	0	0.236346	79894.398	79918.430	1498.63	0.356676	0.350789		
Итого:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.356676	0.350789	1.68	3.00

тип выхода	точка измерения	F _т , Гц	I, мА	U, В	Q _{изм} , м³/ч	Q _д , м³/ч	δQ _{изм} , %	δQ', %
Ц	1	9999989	-	0.357	0.351	1.68	3.00	

Рисунок 4 – Окно «Имитация расхода»

В функциональной группе «Исполнение прибора» необходимо выбрать исполнение расходомера по виду выходного сигнала в соответствии с данными на маркировочной табличке.

В рабочем поле программы (в табличной форме) отображаются следующие параметры:

а) паспортные данные расходомера:

- D_n – условный проход расходомера, мм;
- L_a – длина акустического канала расходомера, мм;
- $\cos\varphi$ – косинус угла наклона пьезоакустического преобразователя к оси потока;

б) $N_{\text{такт}}$ – количество тактов процессора, на которое задерживается ультразвуковой сигнал при имитации расхода;

в) параметры, рассчитанные штатными средствами расходомера:

- $T_{\text{по}}$ – время прохождения ультразвукового сигнала по потоку, нс;
- $T_{\text{против}}$ – время прохождения ультразвукового сигнала против потока, нс;
- C_0 – скорость распространения ультразвука в измеряемой среде, м/с;
- $Q_{\text{изм}}$ – объёмный расход в заданной имитационной точке, м³/ч;

г) результаты расчёта метрологических характеристик:

- Q_d – действительное (имитационное) значение объёмного расхода, м³/ч;
- $\delta Q_{\text{изм}}$ – относительная основная погрешность измерений в заданной точке, %;
- $\delta Q'$ – пределы допускаемой относительной погрешности измерений, %.

Для измерения тактовой частоты процессора, на основе которой формируется временная диаграмма работы расходомера, вычисляется время прохождения ультразвуковых колебаний вдоль акустического канала расходомера и дальнейший расчёт объёмного расхода, в функциональной группе «Частота» нажать экранную кнопку «Выдать частоту» (рисунок 4). При этом, после прохождения соответствующей цифровой команды от программы Qlink на расходомер, на контакты разъёма X2 будет выдаваться сигнал F_0 с частотой F_T , где F_T – тактовая частота процессора, Гц.

Тактовую частоту измерить с помощью частотомера, который должен быть подключён в соответствии с руководством по эксплуатации. Измеренное значение частоты F_T , Гц, ввести в поле «Частота» (в левом верхнем углу окна «Имитация расхода»). Значение частоты вводится с точностью до 1 Гц.

После измерения тактовой частоты, в окне «Имитация расхода» повторно нажать кнопку «Выдать частоту», в результате чего выдача сигнала F_0 с частотой F_T на контакты разъёма Х2, подключённого к частотомеру, прекратится.

Для дальнейшего расчёта дополнительной погрешности расходомера ввести значение температуры окружающей среды в поле « t », и значение температуры измеряемой среды в поле « t_B ».

В функциональной группе «Имитация расхода» выбрать первую точку для задания имитационного расхода, включив кнопку «1 точка» и нажать кнопку «Имитировать» в правом верхнем углу окна «Имитация расхода». При этом ультразвуковой сигнал будет задержан на количество тактов процессора, отображаемое в поле $N_{\text{такт}}$.

Зарегистрировать значения измеренного объёмного расхода $Q_{\text{изм}}$, м³/ч, и значения параметров Q_d , $\delta_{Q_{\text{изм}}}$, $\delta_{Q'}$, нажав кнопку «Добавить в отчёт».

Действительное значение расхода Q_d , м³/ч, определяется по формуле (2) и вычисляется программой поверки QLink автоматически.

$$Q_d = A \cdot \frac{\pi \cdot DN^2}{4} \cdot 3600 \cdot \frac{C_0^2 \cdot \Delta t}{2 \cdot L_\alpha \cdot \cos \varphi} + B, \quad (2)$$

где A, B – корректирующие коэффициенты (определённые при градуировке расходомера);

Δt – имитационная задержка времени прохождения ультразвука в измеряемой среде, с, рассчитываемая по формуле

$$\Delta t = \frac{N_{\text{такт}}}{F_T}, \quad (3)$$

где F_T – частота, измеренная частотомером, Гц;

$N_{\text{такт}}$ – количество тактов внутренней тактовой частоты расходомера, которое используется для имитации задержки прохождения ультразвука в измеряемой среде в текущей точке поверки.

Относительная основная погрешность измерений объёмного расхода $\delta_{Q_{\text{изм}}}$, %, определяется по формуле (4) и вычисляется программой поверки QLink автоматически.

$$\delta_{Q_{\text{изм}}} = \frac{Q_{\text{изм}} - Q_d}{Q_d} \cdot 100, \quad (4)$$

Относительная погрешность измерений объёмного расхода $\delta_{Q'}$, %, для условий поверки с учётом дополнительной погрешности определяется по формуле (5) и вычисляется программой поверки QLink автоматически.

$$\delta_{Q'} = \delta Q \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{t - t_0}{10} + 0,1 \cdot \frac{t_B - t_1}{10} \right) \cdot 100, \quad (5)$$

где δQ – пределы допускаемой относительной основной погрешности измерений объёмного расхода для данной модификации расходомера, %;

0,1 – коэффициент для расчёта дополнительной погрешности, вызванной отклонением температуры окружающей среды от значения температуры градуировки на каждые 10 °С в рабочем диапазоне температур;

t – температура окружающей среды, соответствующая условиям проведения испытания, °С;

t_0 – температура градуировки окружающей среды, °С;

0,2 – коэффициент для расчёта дополнительной погрешности, вызванной отклонением температуры измеряемой среды от значения температуры градуировки на каждые 10 °С в рабочем диапазоне температур;

t_v – температура измеряемой среды, соответствующая условиям проведения испытания, °С;

t_1 – температура градуировки измеряемой среды, °С.

Повторить проверку для имитационных точек: «2 точка», «3 точка», «4 точка», «максимум».

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значения относительной погрешности измерений объёмного расхода не превышают пределов, указанных в таблице 1.

10. Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

10.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. При проведении поверки имитационным методом в сведениях о результатах поверки расходомера в разделе «дополнительные сведения» указать «поверка имитационным методом».

10.3 Положительные результаты поверки удостоверяются отметкой в формуляре (паспорте) и (или) дополнительно по заявлению владельца свидетельством о поверке, оформленным в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

10.4 Знак поверки на СИ не наносится.

10.5 При отрицательных результатах поверки СИ к эксплуатации не допускают и дополнительно по заявлению владельца оформляют извещение о непригодности в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

Разработали:

Начальник отдела 208 ФГБУ «ВНИИМС»

Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

А.А. Сулин