

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ - ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ ИМ.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ВНИИР – филиала
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

А.С. Тайбинский

М.П.

«19» февраля 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
СЧЕТЧИКИ-РАСХОДОМЕРЫ МАССОВЫЕ КОРИОЛИСОВЫЕ КР

Методика поверки
МП 1724-1-2025

Зам. начальника научно-
исследовательского отдела
Р.Р. Миннуллин
Тел. отдела: +7(843) 272-12-02

Начальник научно-
исследовательского отдела
А.Г. Сладовский
Тел. отдела: +7(843) 272-03-63

г. Казань
2025 г.

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на счетчики-расходомеры массовые кориолисовые КР (далее – расходомеры).

Прослеживаемость расходомеров к Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой (далее – ГПС) для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (часть 1), согласно приказу Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, а также обеспечивается прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С ГЭТ 34-2020 в соответствии с ГПС для средств измерений температуры, согласно приказу Росстандарта от 19.11.2024 № 2712 и Государственному первичному эталону единицы плотности ГЭТ 18-2014 в соответствии с ГПС для средств измерений плотности, согласно приказу Росстандарта от 01.11.2019 № 2603.

В методике поверки реализован метод передачи единиц непосредственным сличением.

В результате поверки расходомеров должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений массового расхода жидкости ¹⁾ , т/ч	от 0,018 до 980
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости ¹⁾ , %	$\pm 0,10$; $\pm 0,15$; $\pm 0,20$; $\pm 0,25$; $\pm 0,50$
Диапазон измерений объемного расхода жидкости ¹⁾ , м ³ /ч	от 0,018 до 980
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости, %	$\pm 0,5$
Диапазон измерений плотности жидкости, кг/м ³	от 650 до 1100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении плотности жидкости, кг/м ³	± 1
Диапазон измерений температуры измеряемой среды, °С	от -40 до +155
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении температуры жидкости, °С	$\pm 0,5$
¹⁾ – конкретное значение указывается в паспорте	

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки выполняют следующие операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций при проведении первичной и периодической поверки

Наименование операции	Номер раздела	Проведение операции при	
		первичной поверки	периодической поверки
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки соблюдаются следующие условия, если не оговорено особо:

Измеряемая среда – жидкость (вода) с параметрами:

- температура, °С от +10 до +30
- давление, МПа, не более 1,6
- изменение температуры измеряемой среды в процессе одного измерения, °С, не более ±0,5
- изменение давления измеряемой среды в процессе одного измерения, МПа, не более ±0,1

Окружающая среда – воздух с параметрами:

- температура, °С от +10 до +30
- относительная влажность, %, не более 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7

3.2 Средства измерений, предназначенные для измерений условий окружающей среды и измеряемой среды, на момент поверки установки должны быть поверены, сведения о положительных результатах поверки должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

3.3 Для средств поверки соблюдаются условия эксплуатации, указанные в эксплуатационных документах.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

При проведении поверки специалисты должны соответствовать следующим требованиям:

- обладать навыками работы на применяемых средствах поверки;
- знать требования данного документа;
- обладать навыками работы по данному документу.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Метрологические и технические требования к средствам поверки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 10.1.1 Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и объема жидкости в потоке, массового расхода жидкости и объемного расхода жидкости	Государственный первичный специальный эталон единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 или вторичный эталон или рабочий эталон 1 разряда или рабочий эталон 2 разряда согласно ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, с необходимым диапазоном расхода жидкости, доверительные границы суммарной погрешности (пределы относительной погрешности) должны быть меньше пределов относительной погрешности средства измерений не менее чем в три раза.	Установки поверочные Эрмитаж, регистрационный номер 71416-18 (далее – эталон)

1	2	3
п 10.1.2 Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и объема жидкости в потоке, массового расхода жидкости и объемного расхода жидкости многократными измерениями	Государственный первичный специальный эталон единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 или вторичный эталон или рабочий эталон 1 разряда или рабочий эталон 2 разряда согласно ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, с необходимым диапазоном расхода жидкости, доверительные границы суммарной погрешности (пределы относительной погрешности) должны быть меньше пределов относительной погрешности средства измерений не менее чем в два раза.	Установки поверочные Эрмитаж, регистрационный номер 71416-18 (далее – эталон)
п. 10.2 Определение абсолютной погрешности расходомера при измерении температуры жидкости	Рабочий эталон единицы температуры 3 разряда согласно ГПС для средств измерений температуры, утвержденной Приказом Росстандарта от 19.11.2024 № 2712 с диапазоном значений соответствующим контрольным точкам при поверке, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1$ °C	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный ПТСВ, регистрационный номер 49400-12 (далее – эталон температуры)
п 10.3 Определение абсолютной погрешности расходомера при измерении плотности жидкости	Рабочий эталон единицы плотности согласно ГПС для средств измерений плотности, диапазон измерений плотности должен соответствовать диапазону средства измерений, утвержденной Приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603	Плотномеры МД-02, регистрационный номер 79829-20 (далее – эталон плотности)
Примечания: 1 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого расходомера с требуемой точностью; 2 Эталоны и средства измерений, используемые в качестве средств поверки, должны быть аттестованы или иметь действующие положительные сведения о поверке, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. 3 Допускается проводить поверку отдельных измерительных каналов расходомера (плотность, температура, масса (объем) жидкости в потоке, массовый (объемный) расход жидкости) на основании письменного заявления владельца расходомера, оформленного в произвольной форме, с соответствующим занесением информации в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие требования (условия):

- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и расходомера, приведенных в их эксплуатационных документах;
- правил техники безопасности, действующих на месте проведения поверки;
- правил по охране труда, действующих на месте проведения поверки.

6.2 К средствам поверки и расходомеру обеспечивают свободный доступ.

6.3 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость средств поверки и расходомера, а также снятие показаний с них.

6.4 При появлении течи жидкости и других ситуаций, нарушающих процесс проведения поверки, поверка должна быть прекращена или приостановлена до устранения неисправностей.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают соответствие расходомера следующим требованиям:

- внешний вид расходомера должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- комплектность и маркировка должны соответствовать эксплуатационным документам;
- на расходомере не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, препятствующих его применению;
- на расходомере должна быть реализована возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если внешний вид расходомера соответствует описанию и изображению, приведенному в описании типа, комплектность и маркировка расходомера соответствуют эксплуатационным документам, на расходомере отсутствуют внешние механические повреждения и дефекты, препятствующие его применению, на расходомере реализована возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства или отрицательным, если внешний вид расходомера не соответствует описанию и изображению, приведенному в описании типа и/или комплектность и маркировка расходомера не соответствуют эксплуатационным документам, на расходомере присутствуют внешние механические повреждения и/или дефекты, препятствующие его применению и/или на расходомере не реализована возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверяют выполнение условий разделов 3, 4, 5 и 6 настоящего документа;
- производят подготовку расходомера и средств поверки к работе согласно их эксплуатационных документов;
- производят монтаж расходомера в гидравлический контур эталона расхода в соответствии со схемой, указанной в руководстве по эксплуатации на расходомер;
- удаляют воздух из гидравлической системы;
- проверяют герметичность соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением. Систему считают герметичной, если при рабочем давлении в течение 5 минут не наблюдается течи и капель жидкости, а также отсутствует падение давления;
- подают питание на расходомер и контролируют его включение.

8.2 Опробование

При опробовании проверяют работоспособность расходомера путем увеличения или уменьшения расхода жидкости в пределах рабочего диапазона измерений.

При подаче расхода жидкости на эталоне расхода в пределах диапазона измерений расходомера фиксируют изменения показаний расходомера.

Допускается опробование расходомера совместить с определением метрологических характеристик.

Результат опробования считают положительным, если при увеличении или уменьшении расхода жидкости соответствующим образом изменяются показания расходомера или отрицательным, если при увеличении или уменьшении расхода жидкости соответствующим образом показания расходомера не изменяются. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

При проведении поверки выполняют операцию подтверждения соответствия программного обеспечения заявленным идентификационным данным.

Для подтверждения соответствия программного обеспечения проводят проверку номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения согласно руководству по эксплуатации.

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считают положительным, если наименование и номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения расходомера соответствует наименованию и номеру версии (идентификационному номеру), указанному в разделе «Программное обеспечение» описания типа на расходомер. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и объема жидкости в потоке, массового расхода жидкости и объемного расхода жидкости методом непосредственного сличения

Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и объема жидкости в потоке, массового расхода жидкости и объемного расхода жидкости проводят в соответствии с пунктом 10.1.1 (11.1.1) или в соответствии с пунктом 10.1.2 (11.1.2).

10.1.1 Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и объема жидкости в потоке, массового расхода жидкости и объемного расхода жидкости

10.1.1.1 Определение относительной погрешности при измерении массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости при использовании частотного и аналогового (токового) каналов

Данный пункт выполняется при наличии частотного канала и/или аналогового (токового) канала.

Определение относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости при использовании частотного канала и/или аналогового (токового) канала проводят путем сравнения показаний расходомера и эталона.

Определение относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости проводят по каждому каналу (частотному и аналоговому (токовому), при их наличии) при трех значениях расхода жидкости, выбранных в соответствии с таблицей 4. При каждом значении расхода жидкости выполняют не менее трех измерений. При каждом измерении обеспечивают время измерения не менее 30 секунд.

Таблица 4 – Значения расхода жидкости

Номер поверочной точки		
1	2	3
$Q_{\text{наим}}$	$0,5 \cdot (Q_{\text{наиб}} + Q_{\text{наим}})$	$Q_{\text{наиб}}$
$Q_{\text{наим}}$ – наименьший расход жидкости, т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$) $Q_{\text{наиб}}$ – наибольший расход жидкости, т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$) Расход устанавливается с допуском +10 % в поверочной точке с номером 1, ± 10 % в поверочной точке с номером 2 и -10 % в поверочной точке с номером 3.		

10.1.1.2 Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке при использовании импульсного канала и/или индикатора

Данный пункт выполняется при наличии импульсного канала и/или индикатора.

Определение относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке при использовании импульсного канала и/или индикатора проводят путем сравнения показаний расходомера и эталона.

Определение относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке проводят по импульсному каналу и индикатору (при их наличии) при трех значениях расхода жидкости, выбранных в соответствии с таблицей 4. При каждом значении расхода жидкости выполняют не менее трех измерений. При каждом измерении обеспечивают время измерения не менее 30 секунд.

10.1.2 Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и объема жидкости в потоке, массового расхода жидкости и объемного расхода жидкости многократными измерениями

10.1.2.1 Определение относительной погрешности при измерении массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости при использовании частотного и аналогового (токового) каналов

Данный пункт выполняется при наличии частотного канала и/или аналогового (токового) канала.

Определение относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости при использовании частотного канала и/или аналогового (токового) канала проводят путем сравнения показаний расходомера и эталона.

Определение относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости проводят по каждому каналу (частотному и аналоговому (токовому), при их наличии) при трех значениях расхода жидкости, выбранных в соответствии с таблицей 4. При каждом значении расхода жидкости выполняют не менее пяти измерений. При каждом измерении обеспечивают время измерения не менее 30 секунд.

10.1.2.2 Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке при использовании импульсного канала и/или индикатора

Данный пункт выполняется при наличии импульсного канала и/или индикатора.

Определение относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке при использовании импульсного канала и/или индикатора проводят путем сравнения показаний расходомера и эталона.

Определение относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке проводят по импульсному каналу и индикатору (при их наличии) при трех значениях расхода жидкости, выбранных в соответствии с таблицей 4. При каждом значении расхода жидкости выполняют не менее пяти измерений. При каждом измерении обеспечивают время измерения не менее 30 секунд.

10.2 Определение абсолютной погрешности расходомера при измерении температуры жидкости

Определение абсолютной погрешности расходомера при измерении температуры проводят методом сравнения с эталоном температуры в одной точке температуры, в диапазоне измерений температуры, указанного в паспорте расходомера.

Эталон температуры устанавливается вблизи расходомера. Проводят не менее трех измерений во время воспроизведения расхода жидкости с интервалом времени не менее 3 мин.

При невозможности установить эталон температуры в линию эталона расхода, расходомер закрывают с одной стороны заглушкой и поворачивают так, чтобы проточная полость была в вертикальном положении. Заполняют проточную полость расходомера жидкостью и погружают в жидкость эталон температуры. Проводят не менее трех измерений с интервалом времени не менее 3 мин. Абсолютную погрешность расходомера при измерении температуры жидкости определяют по формуле 41 (п.11.3).

10.3 Определение абсолютной погрешности расходомера при измерении плотности жидкости

Определение абсолютной погрешности расходомера при измерении плотности жидкости проводят методом сравнения результатов измерений расходомера с результатами измерений эталона плотности при расходе жидкости. Проводят не менее трех измерений во время воспроизведения расхода жидкости.

Допускается измерять плотность жидкости при нулевом расходе, заглушив один из фланцев датчика расходомера, после чего располагают датчик открытым фланцем вверх, для удаления остатков воздуха из полости расходомера (выдерживать не менее 5 минут). Заполняют полость датчика жидкостью и включают расходомер.

Значение плотности жидкости определяют по индикатору расходомера или по цифровому выходному сигналу.

При использовании ареометра помещают пробу в сосуд и определяют плотность жидкости. При использовании лабораторного плотномера, помещают пробу в плотномер и определяют ее плотность.

Допускается эталонное значение плотности определять в лаборатории по результатам измерений плотности жидкости, отобранной из емкости эталона (или из линии расходомера). Лабораторные измерения плотности выполняют при температуре жидкости, соответствующей показаниям расходомера во время измерений плотности. Абсолютную погрешность при измерении плотности жидкости определяют по формуле 42 (п. 11.4).

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и объема жидкости в потоке, массового расхода жидкости и объемного расхода жидкости

11.1.1 Определение относительной погрешности при измерении массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости при использовании частотного и аналогового (токового) каналов

11.1.1.1 Определение относительной погрешности при измерении массового расхода жидкости

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости по частотному каналу (при наличии) и по токовому каналу (при наличии).

Относительную погрешность расходомера при измерении массового расхода жидкости δ_{Q_M} , %, определяют по формуле

$$\delta_{Q_{M_{ji}}} = \left(\frac{Q_{M_{ji}} - Q_{M_{\text{э}ji}}}{Q_{M_{\text{э}ji}}} \right) \cdot 100, \quad (1)$$

где $Q_{M_{\text{э}ji}}$ – значение массового расхода жидкости по показаниям эталона, т/ч;

$Q_{M_{ji}}$ – значение массового расхода жидкости по показаниям расходомера, т/ч;

j, i – номер точки расхода и измерения.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости не превышает значений, приведенных в таблице 1 или отрицательным, если значение относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости, превышает значения, приведенные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

11.1.1.2 Определение относительной погрешности при измерении объемного расхода жидкости

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности расходомера при измерении объемного расхода жидкости по частотному каналу (при наличии) и по токовому каналу (при наличии).

Относительную погрешность расходомера при измерении объемного расхода жидкости δ_{Q_v} , %, определяют по формуле

$$\delta_{Q_{v_{ji}}} = \left(\frac{Q_{v_{ji}} - Q_{v_{\Delta_{ji}}}}{Q_{v_{\Delta_{ji}}}} \right) \cdot 100, \quad (2)$$

где $Q_{v_{\Delta_{ji}}}$ – значение объемного расхода жидкости по показаниям эталона, м³/ч;

$Q_{v_{ji}}$ – значение объемного расхода жидкости по показаниям расходомера, м³/ч;

j, i – номер точки расхода и измерения.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности расходомера при измерении объемного расхода жидкости не превышает значений, приведенных в таблице 1 или отрицательным, если значение относительной погрешности расходомера при измерении объемного расхода жидкости, превышает значения, приведенные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

11.1.2 Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке при использовании импульсного канала и индикатора

11.1.2.1 Определение метрологических характеристик при измерении массы жидкости в потоке

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке по импульсному каналу (при наличии) и по индикатору (при наличии).

Относительную погрешность расходомера при измерении массы жидкости в потоке δ_M , %, определяют по формуле

$$\delta_{M_{ji}} = \left(\frac{M_{ji} - M_{\Delta_{ji}}}{M_{\Delta_{ji}}} \right) \cdot 100, \quad (3)$$

где $M_{\Delta_{ji}}$ – значение массы жидкости в потоке по показаниям эталона, кг;

M_{ji} – значение массы жидкости в потоке по показаниям расходомера, кг;

j, i – номер точки расхода и измерения.

Результат положительным, если значение относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке не превышает значений, приведенных в таблице 1 или отрицательным, если значение относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке, превышает значения, приведенные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

11.1.2.2 Определение метрологических характеристик при измерении объема жидкости в потоке

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности расходомера при измерении объема жидкости в потоке по импульсному каналу (при наличии) и по индикатору (при наличии).

Относительную погрешность расходомера при измерении объема жидкости в потоке δ_V , %, определяют по формуле

$$\delta_{M_{ji}} = \left(\frac{V_{ji} - V_{\text{Э}ji}}{V_{\text{Э}ji}} \right) \cdot 100, \quad (4)$$

где $V_{\text{Э}ji}$ – значение объема жидкости в потоке по показаниям эталона, дм^3 ;
 V_{ji} – значение объема жидкости в потоке по показаниям расходомера, дм^3 ;
 j, i – номер точки расхода и измерения.

Результат положительным, если значение относительной погрешности расходомера при измерении объема жидкости в потоке не превышает значений, приведенных в таблице 1 или отрицательным, если значение относительной погрешности расходомера при измерении объема жидкости в потоке, превышает значения, приведенные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

11.2 Определение относительной погрешности при измерении массы жидкости в потоке и объема жидкости в потоке, массового расхода жидкости и объемного расхода жидкости многократными измерениями

11.1.2.1 Определение относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке по импульсному каналу (при наличии) и по индикатору (при наличии).

Отклонение показания расходомера от показания эталона при передаче единицы массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода при i -ом измерении $\delta(M)_{ji}$, % вычисляют по формуле

$$\delta(M)_{ji} = \left(\frac{M_{ji} - M_{\text{Э}ji}}{M_{\text{Э}ji}} \right) \cdot 100, \quad (5)$$

где M – масса жидкости в потоке по показаниям расходомера, кг;
 $M_{\text{Э}}$ – масса жидкости в потоке по показаниям эталона, кг;
 i – индекс измерения;
 j – индекс точки расхода.

Среднее арифметическое отклонение показаний расходомера от показаний эталона при измерении единицы массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода $\overline{\delta(M)}_j$, %, вычисляют по формуле

$$\overline{\delta(M)}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(M)_{ji}, \quad (6)$$

где n – количество измерений.

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (СКО) расходомера при измерении единицы массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода $S(\delta_M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(\delta_M)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(M)_{ji} - \overline{\delta(M)}_j)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (7)$$

СКО расходомера с учетом влияния эталона при измерении единицы массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода $S(M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(M)_j = \sqrt{S(M)_{\text{ЭТ}}^2 + S(\delta_M)_j^2}, \quad (8)$$

где $S(M)_{\text{ЭТ}}$ – СКО эталона при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке, % (берут из паспорта на эталон или из свидетельства о поверке (протокола поверки)).

Примечание – если у эталона не нормировано СКО при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $S(M)_{\text{ЭТ}}$, то СКО расходомера при измерении единицы массы жидкости в потоке $S(M)_j$ определяют без него.

Неисключенную систематическую погрешность (далее – НСП) расходомера при измерении единицы массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода $\Theta(M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta(M)_j = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(M)_{\text{ЭТ}}}{1,1}\right)^2 + \overline{\delta(M)}_j^2}, \quad (9)$$

где $\Theta(M)_{\text{ЭТ}}$ – НСП эталона при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке, % (берут из паспорта на эталон или из свидетельства о поверке (протокола поверки)).

Примечание – если у эталона не нормировано НСП эталона при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $\Theta(M)_{\text{ЭТ}}$, то допускается брать вместо НСП относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) эталона при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке $\delta(M)_{\text{ЭТ}}$.

СКО НСП расходомера при измерении единицы массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода $S_{\Theta}(M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta}(M)_j = \frac{\Theta(M)_j}{1,1\sqrt{3}}. \quad (10)$$

Суммарное СКО расходомера при измерении единицы массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода $S_{\Sigma}(M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma}(M)_j = \sqrt{S(M)_j^2 + S_{\Theta}(M)_j^2}. \quad (11)$$

Коэффициент, определяемый доверительной вероятностью P ($P=0,95$) и отношением случайных погрешностей и НСП в j -ой точке расхода $K_{\Sigma}(M)_j$, вычисляют по формуле

$$K_{\Sigma}(M)_j = \frac{t_{0,95} \cdot S(M)_j + \Theta(M)_j}{S(M)_j + S_{\Theta}(M)_j}, \quad (12)$$

где $t_{0,95}$ – коэффициент Стьюдента при $P=0,95$ и количестве измерений n .

Относительную погрешность расходомера при измерении массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода $\delta_{\Sigma}(M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(M)_j = \pm K_{\Sigma}(M)_j \cdot S_{\Sigma}(M)_j. \quad (13)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности расходомера при измерении массы жидкости в потоке превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.1.2.2 Определение относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости по частотному каналу (при наличии) и по токовому каналу (при наличии).

Отклонение показания расходомера от показания эталона при измерении единицы массового расхода жидкости в j -ой точке расхода, при i -ом измерении $\delta(Q_M)_{ji}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta(Q_M)_{ji} = \left(\frac{Q_{M_{ji}} - Q_{M_{\text{эт}ji}}}{Q_{M_{\text{эт}ji}}} \right) \cdot 100, \quad (14)$$

где Q_M – массовый расход жидкости по показаниям расходомера, т/ч;

$Q_{M_{\text{эт}}}$ – массовый расход жидкости по показаниям эталона, т/ч;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

Среднее арифметическое отклонение показаний расходомера от показаний эталона при измерении массового расхода жидкости в j -ой точке расхода $\overline{\delta(Q_M)_j}$, %, определяют по формуле

$$\overline{\delta(Q_M)_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(Q_M)_{ji}. \quad (15)$$

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (СКО) расходомера при измерении единицы массового расхода жидкости в j -ой точке расхода $S(\delta_{Q_M})_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(\delta_{Q_M})_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(Q_M)_{ji} - \overline{\delta(Q_M)_j})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (16)$$

СКО расходомера с учетом влияния эталона при измерении единицы массового расхода жидкости в j -ой точке расхода $S(Q_M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(Q_M)_j = \sqrt{S(Q_M)_{ЭТ}^2 + S(\delta_{Q_M})_j^2}, \quad (17)$$

где $S(Q_M)_{ЭТ}$ – СКО эталона при воспроизведении единицы массового расхода жидкости, % (берут из паспорта на эталон или из свидетельства о поверке (протокола поверки)).

Примечание – если у эталона не нормировано СКО при воспроизведении единицы массового расхода жидкости $S(Q_M)_{ЭТ}$, то СКО расходомера при измерении единицы массового расхода жидкости $S(Q_M)_j$ определяют без него;

НСП расходомера при измерении единицы массового расхода жидкости в j -ой точке расхода $\Theta(Q_M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta(Q_M)_j = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(Q_M)_{ЭТ}}{1,1} \right)^2 + \overline{\delta(Q_M)}^2}, \quad (18)$$

где $\Theta(Q_M)_{ЭТ}$ – НСП эталона при воспроизведении единицы массового расхода жидкости, % (берут из паспорта на эталон или из свидетельства о поверке (протокола поверки)).

Примечание – если у эталона не нормировано НСП эталона при воспроизведении единицы массового расхода жидкости $\Theta(Q_M)_{ЭТ}$, то допускается брать вместо НСП относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) эталона при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости $\delta(Q_M)_{ЭТ}$.

СКО НСП расходомера при измерении единицы массового расхода жидкости в j -ой точке расхода $S_{\Theta}(Q_M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta}(Q_M)_j = \frac{\Theta(Q_M)_j}{1,1\sqrt{3}}. \quad (19)$$

Суммарное СКО расходомера при измерении единицы массового расхода жидкости в j -ой точке расхода $S_{\Sigma}(Q_M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma}(Q_M)_j = \sqrt{S(Q_M)_j^2 + S_{\Theta}(Q_M)_j^2}. \quad (20)$$

Коэффициент, определяемый доверительной вероятностью P ($P=0,95$) и отношением случайных погрешностей и НСП в j -ой точке расхода, $K_{\Sigma}(Q_M)_j$, вычисляют по формуле

$$K_{\Sigma}(Q_M)_j = \frac{t_{0,95} \cdot S(Q_M)_j + \Theta(Q_M)_j}{S(Q_M)_j + S_{\Theta}(Q_M)_j}. \quad (21)$$

Относительную погрешность расходомера при измерении массового расхода жидкости в j -ой точке расхода $\delta_{\Sigma}(Q_M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(Q_M)_j = \pm K_{\Sigma}(Q_M)_j \cdot S_{\Sigma}(Q_M)_j. \quad (22)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.1.2.3 Определение относительной погрешности расходомера при измерении объема жидкости в потоке

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности расходомера при измерении объема жидкости в потоке по импульсному каналу (при наличии) и по индикатору (при наличии).

Отклонение показания расходомера от показания эталона при передаче единицы объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода при i -ом измерении $\delta(V)_{ji}$, % вычисляют по формуле

$$\delta(V)_{ji} = \left(\frac{V_{ji} - V_{\text{ЭТ}ji}}{V_{\text{ЭТ}ji}} \right) \cdot 100, \quad (23)$$

где V – объем жидкости в потоке по показаниям расходомера, дм^3 ;

$V_{\text{ЭТ}}$ – объем жидкости в потоке по показаниям эталона, дм^3 ;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

Среднее арифметическое отклонение показаний расходомера от показаний эталона при измерении единицы объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода $\overline{\delta(V)}_j$, %, вычисляют по формуле

$$\overline{\delta(V)}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(V)_{ji}, \quad (24)$$

где n – количество измерений.

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (СКО) расходомера при измерении единицы объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода $S(\delta_V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(\delta_V)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(V)_{ji} - \overline{\delta(V)_j})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (25)$$

СКО расходомера с учетом влияния эталона при измерении единицы объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода $S(V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(V)_j = \sqrt{S(V)_{\text{ЭТ}}^2 + S(\delta_V)_j^2}, \quad (26)$$

где $S(V)_{\text{ЭТ}}$ – СКО эталона при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке, % (берут из паспорта на эталон или из свидетельства о поверке (протокола поверки)).

Примечание – если у эталона не нормировано СКО при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $S(V)_{\text{ЭТ}}$, то СКО расходомера при измерении единицы объема жидкости в потоке $S(V)_j$ определяют без него.

Неисключенную систематическую погрешность (далее – НСП) расходомера при измерении единицы объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода $\Theta(V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta(V)_j = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(V)_{\text{ЭТ}}}{1,1}\right)^2 + \overline{\delta(V)_j}^2}, \quad (27)$$

где $\Theta(V)_{\text{ЭТ}}$ – НСП эталона при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке, %, (берут из паспорта на эталон или из свидетельства о поверке (протокола поверки)).

Примечание – если у эталона не нормировано НСП эталона при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $\Theta(V)_{\text{ЭТ}}$, то допускается брать вместо НСП относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) эталона при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке $\delta(V)_{\text{ЭТ}}$.

СКО НСП расходомера при измерении единицы объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода $S_{\Theta}(V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta}(V)_j = \frac{\Theta(V)_j}{1,1\sqrt{3}}. \quad (28)$$

Суммарное СКО расходомера при измерении единицы объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода $S_{\Sigma}(V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma}(V)_j = \sqrt{S(V)_j^2 + S_{\Theta}(V)_j^2}. \quad (29)$$

Коэффициент, определяемый доверительной вероятностью P ($P=0,95$) и отношением случайных погрешностей и НСП в j -ой точке расхода $K_{\Sigma}(V)_j$, вычисляют по формуле

$$K_{\Sigma}(V)_j = \frac{t_{0,95} \cdot S(V)_j + \Theta(V)_j}{S(V)_j + S_{\Theta}(V)_j}, \quad (30)$$

где $t_{0,95}$ – коэффициент Стьюдента при $P=0,95$ и количестве измерений n .

Относительную погрешность расходомера при измерении объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода $\delta_{\Sigma}(V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(V)_j = \pm K_{\Sigma}(V)_j \cdot S_{\Sigma}(V)_j. \quad (31)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности расходомера при измерении объема жидкости в потоке не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности расходомера при измерении объема жидкости в потоке превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.1.2.4 Определение относительной погрешности расходомера при измерении объемного расхода жидкости

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности расходомера при измерении объемного расхода жидкости по частотному каналу (при наличии) и по токовому каналу (при наличии).

Отклонение показания расходомера от показания эталона при измерении единицы объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода, при i -ом измерении $\delta(Q_V)_{ji}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta(Q_V)_{ji} = \left(\frac{Q_{V_{ji}} - Q_{V_{\text{ЭТ}}_{ji}}}{Q_{V_{\text{ЭТ}}_{ji}}} \right) \cdot 100, \quad (32)$$

где Q_V – объемный расход жидкости по показаниям расходомера, м³/ч;

$Q_{V_{\text{ЭТ}}}$ – объемный расход жидкости по показаниям эталона, м³/ч;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

Среднее арифметическое отклонение показаний расходомера от показаний эталона при измерении объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода $\overline{\delta(Q_V)_j}$, %, определяют по формуле

$$\overline{\delta(Q_V)_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(Q_V)_{ji}. \quad (33)$$

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (СКО) расходомера при измерении единицы объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода $S(\delta_{Q_V})_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(\delta_{Q_V})_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(Q_V)_{ji} - \overline{\delta(Q_V)_j})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (34)$$

СКО расходомера с учетом влияния эталона при измерении единицы объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода $S(Q_V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(Q_V)_j = \sqrt{S(Q_V)_{\text{ЭТ}}^2 + S(\delta_{Q_V})_j^2}, \quad (35)$$

где $S(Q_V)_{\text{ЭТ}}$ – СКО эталона при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости, % (берут из паспорта на эталон или из свидетельства о поверке (протокола поверки)).

Примечание – если у эталона не нормировано СКО при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $S(Q_V)_{\text{ЭТ}}$, то СКО расходомера при измерении единицы объемного расхода жидкости $S(Q_V)_j$ определяют без него;

НСП расходомера при измерении единицы объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода $\Theta(Q_V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta(Q_V)_j = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(Q_V)_{\text{ЭТ}}}{1,1} \right)^2 + \overline{\delta(Q_V)}^2}, \quad (36)$$

где $\Theta(Q_V)_{\text{ЭТ}}$ – НСП эталона при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости, % (берут из паспорта на эталон или из свидетельства о поверке (протокола поверки)).

Примечание – если у эталона не нормировано НСП эталона при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $\Theta(Q_V)_{\text{ЭТ}}$, то допускается брать вместо НСП относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) эталона при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости $\delta(Q_V)_{\text{ЭТ}}$.

СКО НСП расходомера при измерении единицы объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода $S_{\Theta}(Q_V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta}(Q_V)_j = \frac{\Theta(Q_V)_j}{1,1\sqrt{3}}. \quad (37)$$

Суммарное СКО расходомера при измерении единицы объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода $S_{\Sigma}(Q_V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma}(Q_V)_j = \sqrt{S(Q_V)_j^2 + S_{\Theta}(Q_V)_j^2}. \quad (38)$$

Коэффициент, определяемый доверительной вероятностью P ($P=0,95$) и отношением случайных погрешностей и НСП в j -ой точке расхода, $K_{\Sigma}(Q_V)_j$, вычисляют по формуле

$$K_{\Sigma}(Q_V)_j = \frac{t_{0,95} \cdot S(Q_V)_j + \Theta(Q_V)_j}{S(Q_V)_j + S_{\Theta}(Q_V)_j}. \quad (39)$$

Относительную погрешность расходомера при измерении объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода $\delta_{\Sigma}(Q_V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(Q_V)_j = \pm K_{\Sigma}(Q_V)_j \cdot S_{\Sigma}(Q_V)_j. \quad (40)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности расходомера при измерении объемного расхода жидкости не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности расходомера при измерении объемного расхода жидкости превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.3 Определение абсолютной погрешности при измерении температуры жидкости

Абсолютную погрешность расходомера при измерении температуры жидкости Δt , °C, вычисляют по формуле:

$$\Delta t = t_{pi} - t_{zi}, \quad (41)$$

где t_p – значение температуры жидкости по показаниям расходомера, °C;
 t_z – значение температуры жидкости по показаниям эталона температуры, °C;
 i – индекс измерения.

Результат считают положительным, если значение абсолютной погрешности расходомера при измерении температуры жидкости не превышает значений, приведенных в таблице 1 или отрицательным, если значение абсолютной погрешности расходомера при измерении температуры жидкости превышают значения, приведенные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

11.4 Определение абсолютной погрешности при измерении плотности жидкости

Абсолютную погрешность расходомера при измерении плотности жидкости $\Delta\rho$, кг/м³, вычисляют по формуле:

$$\Delta\rho = \rho_{pi} - \rho_{эi}, \quad (42)$$

где ρ_p – значение плотности жидкости по показаниям расходомера, кг/м³;
 $\rho_э$ – значение плотности жидкости по показаниям эталона плотности, кг/м³;
 i – индекс измерения.

Результат считают положительным, если значение абсолютной погрешности расходомера при измерении плотности жидкости не превышает значений, приведенных в таблице 1 или отрицательным, если значение абсолютной погрешности расходомера при измерении плотности жидкости превышают значения, приведенные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты измерений и вычислений вносят в протокол поверки произвольной формы. Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, предусмотренным действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

12.2 При положительных результатах поверки по заявлению заказчика оформляется свидетельство о поверке, в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений. Знак поверки наносится на пломбу, установленную с помощью проволоки, проведенную через специальные отверстия, расположенные на корпусе вторичного преобразователя и на свидетельство о поверке (при его наличии).

12.3 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 в области обеспечения единства измерений.