

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 филиала
по развитию ВНИИР – филиала
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

_____ А.С. Тайбинский



_____ 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ ЭЛЕМЕР-ПУ

Методика поверки

МП 1349-1-2021

Начальник отдела НИО-1

_____ Р.А. Корнеев

Тел. отдела: +7(843) 272-12-02

Казань

2021

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на установки поверочные ЭЛЕМЕР-ПУ (далее – установки).

Прослеживаемость установки 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 для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (часть 1 и/или часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256. В методике поверки реализованы методы передачи единиц величин сличением при помощи эталона сравнения, непосредственным сличением и методом косвенных измерений.

2 Перечень операций поверки

При проведении поверки выполняют следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица № 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
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

Примечание: первичную и периодическую поверки установок с индексом точности 1 проводят сличением при помощи эталона сравнения.

3 Требования к условиям проведения поверки

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

Измеряемая среда – жидкость (вода питьевая, смесь водоглицериновая, смесь водогликолевая)¹⁾ с параметрами:

– температура, °С²⁾ от +10 до +30
– давление, МПа, не более 2,5

Окружающая среда – воздух с параметрами:

– температура, °С²⁾ от +10 до +40
– относительная влажность, % от 30 до 80
– атмосферное давление, кПа от 86 до 107

Попадание воздуха в измерительный участок установок не допускается.

Примечания:

1) – зависит от исполнения установки;

2) – для установок с индексом точности 1 при применении весовых устройств температура окружающего воздуха и измеряемой среды – от +15 °С до +25 °С.

3.2 Средства измерений, предназначенные для измерений условий окружающей среды, на момент поверки установки должны иметь действующие сведения о положительных результатах поверки средств измерений, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

3.3 Все средства измерений, входящие в состав установки, предназначенные для измерений параметров жидкости, а также (в случае их наличия) опциональные средства измерений параметров окружающей среды, калибраторы температуры, калибраторы давления на момент поверки установки должны иметь действующие сведения о положительных результатах поверки средств измерений, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

При проведении поверки специалисты должны соответствовать следующим требованиям:

– знать требования руководства по эксплуатации на установку и на применяемые средства поверки;

– знать требования данного документа.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Метрологические и технические требования к средствам поверки приведены в таблице 2

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Наименование средства поверки	Характеристики
1	2
Государственный первичный специальный эталон (далее – эталон) единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 (для установок с индексом точности 1)	Изложены в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений
Вторичный эталон (далее – эталон) согласно ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256 (для установок с индексом точности 2)	Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) при передаче единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости от 0,04 % до 0,055 % с необходимым диапазоном расходов
Рабочий эталон 1-го разряда (далее – эталон) согласно ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256 (для установок с индексом точности 3)	Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) при передаче единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости от 0,06 % до 0,1 % с необходимым диапазоном расходов
Рабочий эталон 2-го разряда (далее – эталон) согласно ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256 (для установок с индексом точности 4)	Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) при передаче единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости от 0,1 % вкл. до 0,3 % с необходимым диапазоном расходов
Рабочий эталон единицы массы 4 разряда согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2818 (далее – эталон массы)	Гири класса точности M ₁ в необходимом количестве
Калибратор многофункциональный модели MC5-R, регистрационный № 22237-08 (далее – калибратор)	Диапазоны измерения (воспроизведения) ±25 В, ±25 мА, от 1 Гц до 20 кГц
Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/3, регистрационный № 32359-06 (далее – частотомер)	Диапазон измеряемых частот от 0,001 Гц до 20 кГц, временных интервалов от 1 с до 1000 с

1	2
Измеритель плотности жидкости вибрационный ВИП-2МР, регистрационный № 27163-09 (далее – плотномер)	Пределы измерений от 0,65 до 2 г/см ³
<p>Примечания:</p> <p>1 Допускается вместо рабочего эталона единицы массы 4-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.18 № 2818 использовать следующий набор средств поверки: рабочий эталон единицы массы 3 разряда с номинальным значением 20 кг в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.18 № 2818, компаратор массы на 20 кг с среднеквадратическим отклонением $\pm 0,11$ г и балластный груз с номинальной массой 20 кг и в количестве, необходимым для выполнения пункта 10.5 (далее – балластный груз);</p> <p>2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью;</p> <p>3 Допускается проводить поверку установки, используемой для измерений (воспроизведения) меньшего числа единиц величин (масса жидкости в потоке и/или объем жидкости в потоке и/или объемный расход жидкости и/или массовый расход жидкости) и/или с меньшим диапазоном измерений (воспроизведения) единиц величин (массы и/или объема жидкости в потоке, массового и/или объемного расходов жидкости) на основании письменного заявления владельца установки, оформленного в произвольной форме, с соответствующим занесением информации в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.</p>	

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие требования (условия):

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

6.2 К средствам поверки и установке обеспечивают свободный доступ.

6.3 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость средств поверки и установки, 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 установки следующим требованиям:

– комплектность и маркировка установки должны соответствовать эксплуатационным документам;

– на установке не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, препятствующих ее применению;

– на установке должна быть возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если комплектность и маркировка установки соответствует эксплуатационным документам, на установке отсутствуют внешние механические повреждения и дефекты, препятствующие ее применению, на установке присутствует возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства или отрицательным, если комплектность и маркировка установки не соответствуют эксплуатационным документам, на установке присутствуют внешние механические повреждения и/или дефекты, препятствующие ее применению, и/или на установке отсутствует 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:

- проверка выполнения условий разделов 3, 4, 5 и 6 настоящего документа;
- подготовка к работе установки и средств поверки согласно их эксплуатационным документам;
- проверка герметичности соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением.
- удаление воздуха из трубопроводов установки после заполнения водой согласно руководству по эксплуатации установки.

8.2 Опробование

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

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

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

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Операцию подтверждения соответствия программного обеспечения (далее – ПО) заявленным идентификационным данным выполняют с использованием персонального компьютера (далее – ПК), входящего в состав установки, и ПО установки.

Для определения идентификационных данных ПО установки необходимо:

- запустить ПО установки;
- считать с монитора ПК идентификационные данные ПО;
- сравнить полученные данные с идентификационными данными ПО, указанными в разделе «Программное обеспечение» описания типа на установки.

Результат подтверждения соответствия ПО считают положительным, если полученные идентификационные данные ПО установки: идентификационное наименование ПО и номер версии (идентификационный номер ПО) соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа на установку или отрицательным, если полученные идентификационные данные ПО установки: идентификационное наименование ПО и номер версии (идентификационный номер ПО) не соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа на установку. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение погрешности измерительного канала интервалов времени измерений

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массового и/или объемного расходов жидкости методом косвенных измерений.

Определение погрешности измерительного канала интервалов времени измерений осуществляют при помощи частотомера.

Собирают схему, указанную в руководстве по эксплуатации на установки (Приложение А).

При определении погрешности измерительного канала интервалов времени измерений частотомер включают в режим измерений временных интервалов и синхронизируют его работу с сигналом «старт» и «стоп» установки, которые формируют интервал времени измерений.

Измерения проводятся при работе установки в режиме поверки средств измерений (допускается проводить измерения без наличия расхода жидкости). При измерении задаются временные интервалы, равные 30, 100 и 600 с.

Фиксируют показания частотомера и установки. Количество измерений должно быть не менее пяти.

10.2 Определение погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов

Определение относительной погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов осуществляется при помощи калибратора и частотомера.

Собирают схему, указанную в руководстве по эксплуатации на установку (Приложение А).

На калибраторе устанавливают последовательно значения частоты выходного сигнала равные 100, 5000 и 10000 Гц (для расходомера берут его наименьшее, среднее и наибольшее значение рабочей частоты из эксплуатационных документов).

Измерения проводятся в режиме поверки средства измерений с частотно-импульсным сигналом. Интервал измерений выбирают так, чтобы набранное количество импульсов было не менее 10000.

После команды «начать измерение» автоматизированная система измерений, управления и контроля (далее – АСИУК) обрабатывает команду «старт», которая разрешает подсчет импульсов выбранным измерительным каналом частотно-импульсных сигналов и одновременно разрешает прохождение импульсов с калибратора на выбранный измерительный канал частотно-импульсных сигналов и частотомер. После истечения необходимого интервала времени АСИУК обрабатывает команду «стоп», которая прекращает подсчет импульсов выбранным измерительным каналом частотно-импульсных сигналов и одновременно запрещает прохождение импульсов с калибратора на выбранный измерительный канал частотно-импульсных сигналов и частотомер.

Набранное количество импульсов АСИУК сравнивают с количеством импульсов по показаниям частотомера. Измерения повторяют не менее 5 раз на каждой частоте следования импульсов.

Операцию проводят для каждого измерительного канала частотно-импульсных сигналов установки.

10.3 Определение погрешности измерительного канала аналоговых сигналов

Собирают схему, указанную в руководстве по эксплуатации на установки (Приложение А).

Предварительно активируют первый измерительный канал аналоговых сигналов и выбирают тип сигнала, диапазон измерений.

Подготавливают калибратор к работе в режиме воспроизведения соответствующей аналоговой величины и подсоединяют его к входным клеммам соответствующего измерительного канала аналоговых сигналов. На калибраторе последовательно устанавливают значения величины, соответствующие пяти равноудаленным точкам измерений, включая верхний и нижний значения диапазона измерений аналогового сигнала.

Допускается смещать точки измерений аналогового сигнала на значение $\pm 10\%$ от выбранной точки.

С устройства индикации установки считывают результаты измерений поверяемым измерительным каналом.

Операцию проводят для каждого измерительного канала аналоговых сигналов установки.

10.4 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости сличением при помощи эталона сравнения или непосредственным сличением

10.4.1 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости сличением при помощи эталона сравнения

Для каждого средства измерений установки (весовые устройства и/или расходомеры), в зависимости от его диапазона расходов, выбирают следующие точки расхода: $Q_{\text{наим}}$, $(Q_{\text{наим}} + Q_{\text{наиб}})/2$, $Q_{\text{наиб}}$ (допускается в силу особенностей установки смещать точки расхода $\pm 10\%$). В случае если расход превышает 300 т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$), то точку $Q_{\text{наиб}}$ выбирают равной 300 т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$). В случае если наименьший расход меньше 0,1 т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$), то точку $Q_{\text{наим}}$ выбирают равной 0,1 т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$).

После транспортировки эталона сравнения (далее – ЭС) к месту расположения установки устанавливаются поочередно расходомеры эталона сравнения (далее – РЭС) в измерительный стол поверяемой установки. Проводят электрические соединения, запускают программное обеспечение согласно эксплуатационному документу на блок измерительный эталона сравнения.

После монтажа РЭС, перед началом измерений, необходимо провести процедуру установки нуля «Zero» РЭС согласно эксплуатационному документу (в случае применения массовых расходомеров в качестве РЭС).

Исходя из выбранных точек расхода, поочередно устанавливают расходы с допуском $\pm 5\%$ от номинального значения.

При поверке по массе и объему жидкости в потоке, массовому и объемному расходу на каждой точке расхода соответствующего РЭС проводят не менее 7 измерений.

10.4.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости непосредственным сличением

Для каждого расходомера, входящего в состав установки, в зависимости от его диапазона расходов, выбираются следующие точки расхода: $Q_{\text{наим}}$, $(Q_{\text{наим}} + Q_{\text{наиб}})/2$, $Q_{\text{наиб}}$ (допускается в силу особенностей установки смещать точки расхода $\pm 10\%$).

Количество измерений в каждой точке расхода должно быть не менее 7. Расход устанавливается с допуском $\pm 10\%$.

Допускается для проведения поверки установки при применении расходомеров применять весовые устройства, входящие в состав установки (при их наличии), при условии, что установка при применении весовых устройств предварительно прошла п. 10.4.1 и п. 11.4 или п. 10.5.1 и 11.5.1 с положительным результатом (с необходимой для проведения поверки относительной погрешностью (доверительной границей суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении) необходимой единицы величины при применении весовых устройств).

10.5 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости методом косвенных измерений

10.5.1 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств

Данный пункт выполняется только при наличии весовых устройств в составе установки.

Определение относительной погрешности весовых устройств

Относительную погрешность весовых устройств (далее – ВУ) определяют последовательным нагружением гирь (в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.18 №2818) и/или балластного груза, равномерно размещая на платформе весовых устройств. Груз может устанавливаться непосредственно в/на весовую емкость.

Примечание: в случае использования компаратора массы на 20 кг, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.18 № 2818, с СКО $\pm 0,11$ г и балластного груза, балластный груз предварительно пронумеровывают и определяют действительную массу каждого груза.

Количество измерений должно быть не менее пяти в каждой точке нагружения.

Если для нагружения гирями ВУ требуется съем накопительной емкости с ВУ, то необходимо положить на ВУ массу, равную массе накопительной емкости, и обнулить показания ВУ.

Измерения проводят в пяти равноудаленных точках нагружения, включая наименьшую точку нагружения (наименьший предел взвешивания ВУ) и наибольшую точку нагружения (наибольший предел взвешивания ВУ), пределы взвешивания ВУ берут из эксплуатационных документов на установку. Допускается смещать точки нагружения $\pm 10\%$ от точки нагружения ВУ.

Нагружать ВУ свыше 50% верхнего значения рабочего диапазона взвешивания допускается способом последовательных замещений. Для этого ВУ нагружают гирями до нагрузки не менее 50% верхнего значения рабочего диапазона взвешивания. Затем гири снимают, весы обнуляют, а в весовой бак в качестве балласта наливают такое же количество воды. Массу воды определяют по показаниям ВУ. Замещение гирь водой проводят необходимое число раз вплоть до верхнего значения рабочего диапазона взвешивания. При этом каждый цикл нагружения водой начинают с полностью разгруженного и обнуленного состояния весов. За истинное значение нагрузки, создаваемой водой, принимают показание весов за вычетом абсолютной погрешности, вычисленной в данной точке при предыдущем цикле нагружения гирями.

Определение погрешности измерительного канала массы жидкости, обусловленной работой переключателя потока

В зависимости от диапазона расхода жидкости для каждого переключателя потока, входящего в состав установки, выбирают следующие точки расхода: наименьший ($Q_{\text{Мнаим}}$), т/ч, наибольший ($Q_{\text{Мнаиб}}$), т/ч и 0,5 от суммы наибольшего и наименьшего расходов ($0,5 \cdot (Q_{\text{Мнаиб}} + Q_{\text{Мнаим}})$), т/ч.

Допускается смещать точки расхода на значение $\pm 5\%$ от выбранной точки.

Для каждой точки расхода выбирают не менее 5 значений интервала времени измерений, в течение которого жидкость поступает в весовое устройство: наибольшее (τ_1 , с), наименьшее (τ_5 , с), средние арифметические значения ($\tau_2 = 0,5 \cdot (\tau_1 + \tau_3)$, с), ($\tau_3 = 0,5 \cdot (\tau_1 + \tau_5)$, с) и ($\tau_4 = 0,5 \cdot (\tau_3 + \tau_5)$, с).

Для каждой точки интервала времени измерений проводят не менее 11 измерений.

Для каждой точки расхода визуально убеждаются в отсутствии разбрызгивания и перетекания переключателя потока.

При каждом измерении записывают значения массы жидкости в потоке, массового расхода жидкости и интервала времени измерений, рассчитывают их средние арифметические значения.

Определение погрешности измерительного канала плотности воды и воздуха.

С помощью плотномера измеряется плотность жидкости установки при 20 °С и атмосферном давлении и заносят данное значение в АСИУК установки.

10.5.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении расходомеров

Данный пункт выполняется при наличии расходомеров в составе установки.

Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении расходомеров проводят путем сличения показаний расходомеров и показаний, полученных непосредственным сличением с эталоном (далее – ЭТ) более высокой точности.

Относительную погрешность расходомера определяют на 3 равноудаленных точках расхода, включая наименьшую и наибольшую точки расхода для расходомера в зависимости от рабочего диапазона расходомера, указанного в паспорте установки.

Расход задается с точностью $\pm 5\%$. При каждом значении расхода проводят не менее 5 измерений. Время измерений не менее 30 с, набранное количество импульсов с расходомера за время измерения должно быть не менее 10000.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Определение погрешности измерительного канала интервалов времени измерений

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массового и/или объемного расходов жидкости методом косвенных измерений.

Погрешность измерительного канала интервалов времени измерений $\delta_{\text{ВК}ji}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{ВК}ji} = \frac{t_{ji} - t_{\text{ЭТ}ji}}{t_{\text{ЭТ}ji}} \cdot 100, \quad (1)$$

где t – время по показаниям установки, с;
 $t_{\text{ЭТ}}$ – время по показаниям частотомера, с;
 i – индекс измерения;
 j – индекс точки.

Фиксируют наибольшее значение $\delta_{\text{ВК}}$ из серии измерений.

11.2 Определение погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов

Погрешность измерительного канала частотно-импульсных сигналов $\delta_{\text{ЧК}ji}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{ЧК}ji} = \left(\frac{N_{ji} - N_{\text{ЭТ}ji}}{N_{\text{ЭТ}ji}} \right) \cdot 100, \quad (2)$$

где N – количество импульсов по показаниям установки;
 $N_{\text{ЭТ}}$ – количество импульсов по показаниям частотомера;
 i – индекс измерения;
 j – индекс точки.

Фиксируют наибольшее значение $\delta_{\text{ЧК}}$ из серии измерений.

Примечание: погрешность измерительного канала частотно-импульсных сигналов $\delta_{\text{ЧК}}$, %, равна погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов к которым подключаются расходомеры, входящие в состав установки $\delta_{\text{РС ЧК}}$, %.

11.3 Определение погрешности измерительного канала аналоговых сигналов

Приведенную погрешность измерительного канала аналоговых сигналов $\delta_{\text{АК}ji}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{АК}ji} = \frac{C_{ji} - C_{\text{ЭТ}ji}}{C_{\text{В}} - C_{\text{Н}}} \cdot 100, \quad (3)$$

где C – значение аналогового сигнала по показаниям установки;
 $C_{\text{ЭТ}}$ – значение аналогового сигнала по показаниям калибратора;
 $C_{\text{В}}, C_{\text{Н}}$ – верхний и нижний пределы диапазона измерений аналогового сигнала;
 i – индекс измерения;
 j – индекс точки.

Фиксируют наибольшее значение $\delta_{\text{АК}}$ из серии измерений.

11.4 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости сличением при помощи эталона сравнения или непосредственным сличением

11.4.1 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при применении весовых устройств и/или расходомеров при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке.

Отклонение показания установки 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

$$\delta(V)_{ji} = \left(\frac{V_{ji} - V_{\text{ЭТ(ЭС)ji}}}{V_{\text{ЭТ(ЭС)ji}}} \right) \cdot 100, \quad (4)$$

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

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

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

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

$$\overline{\delta(V)}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(V)_{ji}, \quad (5)$$

где n – количество измерений.

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (СКО) установки при передаче единицы объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода $S(V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(V)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(V)_{ji} - \overline{\delta(V)}_j)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (6)$$

Среднее арифметическое значение объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода \overline{V}_j , дм^3 , вычисляют по формуле

$$\overline{V}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{ji}. \quad (7)$$

СКО установки при измерении объема жидкости в потоке $S(V)_{\text{УИ}j}$, %, в точках расхода вычисляются по формуле

$$S(V)_{\text{УИ}j} = \frac{1}{\bar{V}_j} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{ji} - \bar{V}_j)^2}{n(n-1)}} \cdot 100. \quad (8)$$

СКО установки при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $S(V)$, %, вычисляются по формуле

$$S(V) = \sqrt{S(V)_{\text{ЭТ}}^2 + S(V)_{\text{ЭС}}^2 + S(V)_{j \max}^2 + S(V)_{\text{УИ}j \max}^2}, \quad (9)$$

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));

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

\max – индекс наибольшего из значений.

Примечания:

1. Если у эталона не нормировано СКО при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $S(V)_{\text{ЭТ}}$, то СКО установки при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $S(V)$ определяют без него.

2. При непосредственном сличении СКО ЭС при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $S(V)_{\text{ЭС}}$ отсутствует.

3. Значение $S(V)_{\text{ЭС}}$ не должно превышать 1/10 расширенной неопределенности измерений установки при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке, указанной в Государственной поверочной схеме для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. № 256.

Неисключенную систематическую погрешность (далее – НСП) установки при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $\Theta(V)$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta(V) = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(V)_{\text{ЭТ}}}{1,1}\right)^2 + \Theta(V)_{\text{ЭС}}^2 + \overline{\delta(V)_{j \max}^2} + \delta_{\text{ЧК(АК)}}^2}, \quad (10)$$

где $\Theta(V)_{\text{ЭТ}}$ – НСП эталона при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке, % (берут из паспорта на эталон);

$\Theta(V)_{\text{ЭС}}$ – НСП ЭС при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке, % (берут из паспорта на эталон);

$\delta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3).

Примечания:

1. Допускается вместо НСП эталона при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $\Theta(V)_{ЭТ}$ брать относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) эталона при измерении объема жидкости в потоке $\delta(V)_{ЭТ}$.

2. При непосредственном сличении НСП ЭС при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $\Theta(V)_{ЭС}$ отсутствует.

СКО НСП установки при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $S_{\Theta}(V)$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta}(V) = \frac{\Theta(V)}{1,1\sqrt{3}}. \quad (11)$$

Суммарное СКО установки при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $S_{\Sigma}(V)$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma}(V) = \sqrt{S(V)^2 + S_{\Theta}(V)^2}. \quad (12)$$

Коэффициент, определяемый доверительной вероятностью P ($P=0,95$) и отношением случайных погрешностей и НСП, $K_{\Sigma}(V)$, вычисляют по формуле

$$K_{\Sigma}(V) = \frac{t_{0,95} \cdot S(V) + \Theta(V)}{S(V) + S_{\Theta}(V)}, \quad (13)$$

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

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке $\delta_{\Sigma}(V)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(V) = \pm K_{\Sigma}(V) \cdot S_{\Sigma}(V). \quad (14)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств и/или при применении расходомеров не превышают значений, указанных в таблице 3 или отрицательным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств и/или при применении расходомеров превышают значения, указанные в таблице 3. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.4.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости.

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при применении весовых устройств и/или расходомеров при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости.

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

$$\delta(Q_V)_{ji} = \left(\frac{Q_{V_{ji}} - Q_{V_{ЭТ(ЭС)_{ji}}}}{Q_{V_{ЭТ(ЭС)_{ji}}}} \right) \cdot 100, \quad (15)$$

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

$Q_{V_{ЭТ(ЭС)}}$ – объемный расход жидкости по показаниям эталона (ЭС), м³/ч;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

Среднее арифметическое отклонение показаний установки от показаний эталона при передаче единицы объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода, %, определяют по формуле

$$\overline{\delta(Q_V)_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(Q_V)_{ji}. \quad (16)$$

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (СКО) установки при передаче единицы объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода $S(Q_V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(Q_V)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(Q_V)_{ji} - \overline{\delta(Q_V)_j})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (17)$$

Среднее арифметическое значение объемного расхода жидкости в j -ой точке расхода $\overline{Q_{V_j}}$, м³/ч, вычисляют по формуле

$$\overline{Q_{V_j}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{V_{ji}}. \quad (18)$$

СКО установки при измерении объемного расхода жидкости $S(Q_V)_{\text{УИ}j}$, %, в точках расхода вычисляют по формуле

$$S(Q_V)_{\text{УИ}j} = \frac{1}{\overline{Q_{V_j}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{V_{ji}} - \overline{Q_{V_j}})^2}{n(n-1)}} \cdot 100. \quad (19)$$

СКО установки при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $S(Q_V)$, %, вычисляют по формуле

$$S(Q_V) = \sqrt{S(Q_V)_{ЭТ}^2 + S(Q_V)_{ЭС}^2 + S(Q_V)_{j \max}^2 + S(Q_V)_{УИj \max}^2}, \quad (20)$$

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

$S(Q_V)_{ЭС}$ – СКО ЭС при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости, % (берут из паспорта на эталон или из свидетельства о поверке (протокола поверки));

max – индекс наибольшего из значений.

Примечания:

1. Если у эталона не нормировано СКО при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $S(Q_V)_{ЭТ}$, то СКО установки при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $S(Q_V)$ определяют без него.

2. При непосредственном сличении СКО ЭС при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $S(Q_V)_{ЭС}$ отсутствует.

3. Значение $S(Q_V)_{ЭС}$ не должно превышать 1/10 расширенной неопределенности измерений установки при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости, указанной в Государственной поверочной схеме для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. № 256.

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

$$\Theta(Q_V) = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(Q_V)_{ЭТ}}{1,1}\right)^2 + \Theta(Q_V)_{ЭС}^2 + \overline{\delta(Q_V)_{j \max}^2} + \delta_{ЧК(АК)}^2}, \quad (21)$$

где $\Theta(Q_V)_{ЭТ}$ – НСП эталона при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости, % (берут из паспорта на эталон);

$\Theta(Q_V)_{ЭС}$ – НСП ЭС при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости, % (берут из паспорта на эталон);

$\delta_{ЧК(АК)}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3).

Примечания:

1. Допускается вместо НСП эталона при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $\Theta(Q_V)_{ЭТ}$ брать относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) эталона при измерении объемного расхода жидкости $\delta(Q_V)_{ЭТ}$.

2. При непосредственном сличении НСП ЭС при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $\Theta(Q_V)_{ЭС}$ отсутствует.

СКО НСП установки при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $S_{\Theta}(Q_V)$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta}(Q_V) = \frac{\Theta(Q_V)}{1,1\sqrt{3}}. \quad (22)$$

Суммарное СКО установки при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $S_{\Sigma}(Q_V)$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma}(Q_V) = \sqrt{S(Q_V)^2 + S_{\Theta}(Q_V)^2}. \quad (23)$$

Коэффициент, определяемый доверительной вероятностью P ($P=0,95$) и отношением случайных погрешностей и $K_{\Sigma}(Q_V)$ НСП, вычисляют по формуле

$$K_{\Sigma}(Q_V) = \frac{t_{0,95} \cdot S(Q_V) + \Theta(Q_V)}{S(Q_V) + S_{\Theta}(Q_V)}. \quad (24)$$

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости $\delta_{\Sigma}(Q_V)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(Q_V) = \pm K_{\Sigma}(Q_V) \cdot S_{\Sigma}(Q_V). \quad (25)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении весовых устройств и/или при применении расходомеров не превышают значений, указанных в таблице 3 или отрицательным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении весовых устройств и/или при применении расходомеров превышают значения, указанные в таблице 3. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.4.3 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств.

Отклонение показания установки 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

$$\delta(M)_{ji} = \left(\frac{M_{ji} - M_{\text{ЭТ(ЭС)ji}}}{M_{\text{ЭТ(ЭС)ji}}} \right) \cdot 100, \quad (26)$$

где M – масса жидкости в потоке по показаниям установки, кг;
 $M_{\text{ЭТ(ЭС)}}$ – масса жидкости в потоке по показаниям эталона (ЭС), кг;
 i – индекс измерения;
 j – индекс точки расхода.

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

$$\overline{\delta(M)}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(M)_{ji}, \quad (27)$$

где n – количество измерений.

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (СКО) установки при передаче единицы массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода $S(M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(M)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(M)_{ji} - \overline{\delta(M)}_j)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (28)$$

Среднее арифметическое значение массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода \overline{M}_j , кг, вычисляют по формуле

$$\overline{M}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_{ji}. \quad (29)$$

СКО установки при измерении массы жидкости в потоке установки $S(M)_{уиj}$, %, в точках расхода вычисляют по формуле

$$S(M)_{уиj} = \frac{1}{\overline{M}_j} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{ji} - \overline{M}_j)^2}{n(n-1)}} \cdot 100. \quad (30)$$

СКО установки при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $S(M)$, %, вычисляют по формуле

$$S(M) = \sqrt{S(M)_{ЭТ}^2 + S(M)_{ЭС}^2 + S(M)_{j \max}^2 + S(M)_{уиj \max}^2}, \quad (31)$$

где $S(M)_{ЭТ}$ – СКО эталона при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке, % (берут из паспорта на эталон);

$S(M)_{ЭС}$ – СКО ЭС при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке, % (берут из паспорта на эталон);

max – индекс наибольшего из значений.

Примечания:

1. Если у эталона не нормировано СКО при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $S(M)_{ЭТ}$, то СКО установки при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $S(M)$ определяют без него.

2. При непосредственном сличении СКО ЭС при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $S(M)_{ЭС}$ отсутствует.

3. Значение $S(M)_{ЭС}$ не должно превышать 1/10 расширенной неопределенности измерений установки при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке, указанной в Государственной поверочной схеме для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. № 256.

НСП установки при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $\Theta(M)$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta(M) = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(M)_{ЭТ}}{1,1}\right)^2 + \Theta(M)_{ЭС}^2 + \overline{\delta(M)}_{j \max}^2 + \delta_{ЧК(АК)}^2}, \quad (32)$$

где $\Theta(M)_{ЭТ}$ – НСП эталона при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке, % (берут из паспорта на эталон);

$\Theta(M)_{ЭС}$ – НСП ЭС при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке, % (берут из паспорта на эталон);

$\delta_{ЧК(АК)}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3).

Примечания:

1. Допускается вместо НСП эталона при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $\Theta(M)_{ЭТ}$ брать относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) эталона при измерении массы жидкости в потоке $\delta(M)_{ЭТ}$.

2. При непосредственном сличении НСП ЭС при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $\Theta(M)_{ЭС}$ отсутствует.

СКО НСП установки при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $S_{\Theta}(M)$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta}(M) = \frac{\Theta(M)}{1,1\sqrt{3}}. \quad (33)$$

Суммарное СКО установки при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке $S_{\Sigma}(M)$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma}(M) = \sqrt{S(M)^2 + S_{\Theta}(M)^2}. \quad (34)$$

Коэффициент, определяемый доверительной вероятностью P ($P=0,95$) и отношением случайных погрешностей и НСП, $K_{\Sigma}(M)$, вычисляют по формуле

$$K_{\Sigma}(M) = \frac{t_{0,95} \cdot S(M) + \Theta(M)}{S(M) + S_{\Theta}(M)}, \quad (35)$$

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

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке $\delta_{\Sigma}(M)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(M) = \pm K_{\Sigma}(M) \cdot S_{\Sigma}(M). \quad (36)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств и/или при применении расходомеров не превышают значений, указанных в таблице 3 или отрицательным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств и/или при применении расходомеров превышают значения, указанные в таблице 3. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.4.4 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости.

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении весовых устройств.

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

$$\delta(Q_M)_{ji} = \left(\frac{Q_{M_{ji}} - Q_{M_{ЭТ(ЭС)_{ji}}}}{Q_{M_{ЭТ(ЭС)_{ji}}} \right) \cdot 100, \quad (37)$$

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

$Q_{M_{ЭТ(ЭС)}}$ – массовый расход жидкости по показаниям эталона (ЭС), т/ч;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

Среднее арифметическое отклонение показаний установки от показаний эталона при передаче единицы массового расхода жидкости в j -ой точке расхода, %, определяют по формуле

$$\overline{\delta(Q_M)_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(Q_M)_{ji}. \quad (38)$$

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (СКО) установки при передаче единицы массового расхода жидкости в j -ой точке расхода $S(Q_M)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(Q_M)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(Q_M)_{ji} - \overline{\delta(Q_M)_j})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (39)$$

Среднее арифметическое значение массового расхода жидкости в j -ой точке расхода $\overline{Q_{Mj}}$, т/ч, вычисляют по формуле

$$\overline{Q_{Mj}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Mji}. \quad (40)$$

СКО установки при измерении массового расхода жидкости $S(Q_M)_{\text{УИ}j}$, %, в точках расхода вычисляют по формуле

$$S(Q_M)_{\text{УИ}j} = \frac{1}{\overline{Q_{Mj}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Mji} - \overline{Q_{Mj}})^2}{n(n-1)}} \cdot 100. \quad (41)$$

СКО установки при воспроизведении единицы массового расхода жидкости $S(Q_M)$, %, вычисляют по формуле

$$S(Q_M) = \sqrt{S(Q_M)_{\text{ЭТ}}^2 + S(Q_M)_{\text{ЭС}}^2 + S(Q_M)_{j \max}^2 + S(Q_M)_{\text{УИ}j \max}^2}, \quad (42)$$

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

$S(Q_M)_{\text{ЭС}}$ – СКО ЭС при воспроизведении единицы массового расхода жидкости, % (берут из паспорта на эталон или из свидетельства о поверке (протокола поверки));

max – индекс наибольшего из значений.

Примечания:

1. Если у эталона не нормировано СКО при воспроизведении единицы массового расхода жидкости $S(Q_M)_{\text{ЭТ}}$, то СКО установки при воспроизведении единицы массового расхода жидкости $S(Q_M)$ определяют без него.

2. При непосредственном сличении СКО ЭС при воспроизведении единицы массового расхода жидкости $S(Q_M)_{\text{ЭС}}$ отсутствует.

3. Значение $S(Q_M)_{\text{ЭС}}$ не должно превышать 1/10 расширенной неопределенности измерений установки при воспроизведении единицы массового расхода жидкости, указанной в Государственной поверочной схеме для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. № 256.

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

$$\Theta(Q_M) = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(Q_M)_{ЭТ}}{1,1}\right)^2 + \Theta(Q_M)_{ЭС}^2 + \overline{\delta(Q_M)_{j \max}^2} + \delta_{ЧК(АК)}^2}, \quad (43)$$

где $\Theta(Q_M)_{ЭТ}$ – НСП эталона при воспроизведении единицы массового расхода жидкости, % (берут из паспорта на эталон);

$\Theta(Q_M)_{ЭС}$ – НСП ЭС при воспроизведении единицы массового расхода жидкости, % (берут из паспорта на эталон);

$\delta_{ЧК(АК)}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3).

Примечания:

1. Допускается вместо НСП эталона при воспроизведении единицы массового расхода жидкости $\Theta(Q_M)_{ЭТ}$ брать относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) эталона при измерении массового расхода жидкости $\delta(Q_M)_{ЭТ}$.

2. При непосредственном сличении НСП ЭС при воспроизведении единицы массового расхода жидкости $\Theta(Q_M)_{ЭС}$ отсутствует.

СКО НСП установки при воспроизведении единицы массового расхода жидкости $S_{\Theta}(Q_M)$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta}(Q_M) = \frac{\Theta(Q_M)}{1,1\sqrt{3}}. \quad (44)$$

Суммарное СКО установки при воспроизведении единицы массового расхода жидкости $S_{\Sigma}(Q_M)$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma}(Q_M) = \sqrt{S(Q_M)^2 + S_{\Theta}(Q_M)^2}. \quad (45)$$

Коэффициент, определяемый доверительной вероятностью P ($P=0,95$) и отношением случайных погрешностей и $K_{\Sigma}(Q_M)$ НСП, вычисляют по формуле

$$K_{\Sigma}(Q_M) = \frac{t_{0,95} \cdot S(Q_M) + \Theta(Q_M)}{S(Q_M) + S_{\Theta}(Q_M)}. \quad (46)$$

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости $\delta_{\Sigma}(Q_M)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(Q_M) = \pm K_{\Sigma}(Q_M) \cdot S_{\Sigma}(Q_M). \quad (47)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении весовых устройств и/или при применении расходомеров не превышают значений, указанных в таблице 3 или отрицательным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении весовых устройств и/или при применении расходомеров превышают значения, указанные в таблице 3. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение			
	1	2	3	4
Индекс точности установки				
Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) установок при измерении (воспроизведении единиц) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости при применении весовых устройств ¹⁾ , %	от ±0,040	от	от	от
	вкл.	±0,06	±0,10	±0,30
	до	вкл.	вкл.	вкл.
	±0,055	до	до	до
	вкл.	±0,10	±0,30	±1,00
Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) установок при измерении (воспроизведении единиц) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости при применении весовых устройств ¹⁾ , %	от ±0,045	от	от	от
	вкл.	±0,06	±0,10	±0,30
	до	вкл.	вкл.	вкл.
	±0,055	до	до	до
	вкл.	±0,10	±0,30	±1,00
Пределы допускаемой относительной погрешности установок (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении расходомеров массовых ¹⁾ , %	–	от ±0,065	от ±0,10	от ±0,30
		вкл.	вкл.	вкл.
		до	до	до
		±0,10	±0,30	±1,00
Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) установок при измерении (воспроизведении единиц) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости при применении расходомеров объемных ¹⁾ , %	–	–	от ±0,15	от ±0,30
			вкл.	вкл.
			до	до
			±0,30	±1,00

¹⁾ – конкретное значение указывается в эксплуатационных документах на установку

11.5 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости методом косвенных измерений

11.5.1 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при применении весовых устройств (только при наличии весовых устройств в составе установки) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке по формуле 73 и/или при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости по формуле 74 и/или при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке по формуле 75 и/или при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости по формуле 76.

Относительную погрешность весовых устройств $\delta_{\text{ВУ}ji}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{ВУ}ji} = \left(\frac{M_{ji} - M_{\text{ЭТ}ji}}{M_{\text{ЭТ}ji}} \right) \cdot 100, \quad (48)$$

где M – масса по показаниям ВУ, кг;
 $M_{\text{ЭТ}}$ – значение эталона массы, кг;
 i – индекс измерения;
 j – индекс точки расхода.

Данный пункт повторяют для каждого весового устройства, входящего в состав установки. Фиксируют наибольшее значение $\delta_{\text{ВУ}}$ из серии измерений.

Определение погрешности измерительного канала массы жидкости, обусловленной работой переключателя потока

Составляют десять систем уравнений, каждая из которых состоит из двух линейных алгебраических уравнений с двумя неизвестными

$$1-2 \begin{cases} \overline{M}_{1j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{1j} - M_{\text{ПП}1j} \\ \overline{M}_{2j} = \overline{Q}_{M2j} \cdot \overline{\tau}_{2j} - M_{\text{ПП}2j} \end{cases}, \quad (49)$$

$$1-3 \begin{cases} \overline{M}_{1j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{1j} - M_{\text{ПП}1j} \\ \overline{M}_{3j} = \overline{Q}_{M3j} \cdot \overline{\tau}_{3j} - M_{\text{ПП}3j} \end{cases}, \quad (50)$$

$$1-4 \begin{cases} \overline{M}_{1j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{1j} - M_{\text{ПП}1j} \\ \overline{M}_{4j} = \overline{Q}_{M4j} \cdot \overline{\tau}_{4j} - M_{\text{ПП}4j} \end{cases}, \quad (51)$$

$$1-5 \begin{cases} \overline{M}_{1j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{1j} - M_{\text{ПП}1j} \\ \overline{M}_{5j} = \overline{Q}_{M5j} \cdot \overline{\tau}_{5j} - M_{\text{ПП}5j} \end{cases}, \quad (52)$$

$$2-3 \begin{cases} \overline{M}_{2j} = \overline{Q}_{M2j} \cdot \overline{\tau}_{2j} - M_{\text{пп}2j} \\ \overline{M}_{3j} = \overline{Q}_{M3j} \cdot \overline{\tau}_{3j} - M_{\text{пп}3j} \end{cases}, \quad (53)$$

$$2-4 \begin{cases} \overline{M}_{2j} = \overline{Q}_{M2j} \cdot \overline{\tau}_{2j} - M_{\text{пп}2j} \\ \overline{M}_{4j} = \overline{Q}_{M4j} \cdot \overline{\tau}_{4j} - M_{\text{пп}4j} \end{cases}, \quad (54)$$

$$2-5 \begin{cases} \overline{M}_{2j} = \overline{Q}_{M2j} \cdot \overline{\tau}_{2j} - M_{\text{пп}2j} \\ \overline{M}_{5j} = \overline{Q}_{M5j} \cdot \overline{\tau}_{5j} - M_{\text{пп}5j} \end{cases}, \quad (55)$$

$$3-4 \begin{cases} \overline{M}_{3j} = \overline{Q}_{M3j} \cdot \overline{\tau}_{3j} - M_{\text{пп}3j} \\ \overline{M}_{4j} = \overline{Q}_{M4j} \cdot \overline{\tau}_{4j} - M_{\text{пп}4j} \end{cases}, \quad (56)$$

$$3-5 \begin{cases} \overline{M}_{3j} = \overline{Q}_{M3j} \cdot \overline{\tau}_{3j} - M_{\text{пп}3j} \\ \overline{M}_{5j} = \overline{Q}_{M5j} \cdot \overline{\tau}_{5j} - M_{\text{пп}5j} \end{cases}, \quad (57)$$

$$4-5 \begin{cases} \overline{M}_{4j} = \overline{Q}_{M4j} \cdot \overline{\tau}_{4j} - M_{\text{пп}4j} \\ \overline{M}_{5j} = \overline{Q}_{M5j} \cdot \overline{\tau}_{5j} - M_{\text{пп}5j} \end{cases}. \quad (58)$$

Для решения систем уравнений принимают допущения, что массы воды, не попавшие в ВУ, для $\overline{\tau}_{1j}$, $\overline{\tau}_{2j}$, $\overline{\tau}_{3j}$, $\overline{\tau}_{4j}$ и $\overline{\tau}_{5j}$ равны ($M_{\text{пп}1j} = M_{\text{пп}2j} = M_{\text{пп}3j} = M_{\text{пп}4j} = M_{\text{пп}5j}$), а в системах уравнений 1-2, 1-3, 1-4 и 1-5 значение \overline{Q}_{M1} «истинное», где искомые величины определяют путем подстановки \overline{Q}_{M1} во второе уравнение каждой системы, в системах уравнений 2-3, 2-4 и 2-5 значение \overline{Q}_{M2} «истинное», где искомые величины определяют путем подстановки \overline{Q}_{M2} во второе уравнение каждой системы, в системах уравнений 3-4 и 3-5 значение \overline{Q}_{M3} «истинное», где искомые величины определяют путем подстановки \overline{Q}_{M3} во второе уравнение каждой системы; в системе уравнений 4-5 значение \overline{Q}_{M4} «истинное», где искомую величину определяют путем подстановки \overline{Q}_{M4} во второе уравнение данной системы.

Массу воды, не попавшую в весовое устройство, в j-ой точке $\overline{M}_{\text{пп}j}$, кг, вычисляют по формулам

$$\overline{M}_{\text{пп}j} = \frac{M_{\text{пп}(1-2)j} + M_{\text{пп}(1-3)j} + M_{\text{пп}(1-4)j} + M_{\text{пп}(1-5)j} + \dots + M_{\text{пп}(4-5)j}}{10}, \quad (59)$$

$$M_{\text{пп}(1-2)j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{2j} - \overline{M}_{2j}, \quad (60)$$

$$M_{\text{пп}(1-3)j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{3j} - \overline{M}_{3j}, \quad (61)$$

$$M_{\text{пп}(1-4)j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{4j} - \overline{M}_{4j}, \quad (62)$$

$$M_{\text{ПП}(1-5)_j} = \overline{Q_{M1j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - \overline{M_{5j}}, \quad (63)$$

$$M_{\text{ПП}(2-3)_j} = \overline{Q_{M2j}} \cdot \overline{\tau_{3j}} - \overline{M_{3j}}, \quad (64)$$

$$M_{\text{ПП}(2-4)_j} = \overline{Q_{M2j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - \overline{M_{4j}}, \quad (65)$$

$$M_{\text{ПП}(2-5)_j} = \overline{Q_{M2j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - \overline{M_{5j}}, \quad (66)$$

$$M_{\text{ПП}(3-4)_j} = \overline{Q_{M3j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - \overline{M_{4j}}, \quad (67)$$

$$M_{\text{ПП}(3-5)_j} = \overline{Q_{M3j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - \overline{M_{5j}}, \quad (68)$$

$$M_{\text{ПП}(4-5)_j} = \overline{Q_{M4j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - \overline{M_{5j}}. \quad (69)$$

Погрешность измерительного канала массы жидкости $\delta_{\text{ПП}}$, %, обусловленную работой переключателя потока, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{ПП}_j} = \frac{\overline{M_{\text{ПП}_j}}}{M_{\text{наим}_j}} \cdot 100. \quad (70)$$

Фиксируется наибольшее полученное значение $\delta_{\text{ПП}}$, %, из серии измерений.

Определение погрешности измерительного канала плотности воды и воздуха

Относительную погрешность измерения плотности жидкости при атмосферном давлении $\delta_{\text{ГДЖА}}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{ГДЖА}} = \frac{1,1 \cdot \sqrt{A^2 \cdot \frac{\Delta_{t_{\text{ж}}}^2}{1,1} + \frac{\Delta_{\rho_{\text{ж}}}^2}{1,1}}}{\rho_{\text{ж}_{\text{наим}}}} \cdot 100, \quad (71)$$

где A – значение приращения плотности жидкости на $0,1$ °С;

$\Delta_{t_{\text{ж}}}$ – абсолютная погрешность измерения температуры жидкости установки;

$\Delta_{\rho_{\text{ж}}}$ – абсолютная погрешность средства измерений плотности жидкости;

$\Delta_{t_{\text{ж}}}, \Delta_{\rho_{\text{ж}}}$ – значения погрешностей указаны в эксплуатационных документах на конкретное средство измерений;

$\rho_{\text{ж}_{\text{наим}}}$ – наименьшее значение плотности жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Примечание: значение приращения A определяется в соответствии с таблицей зависимости плотности жидкости от температуры лабораторным способом.

Фиксируют рассчитанное значение $\delta_{\text{ГДЖА}}$.

Относительную погрешность измерения плотности жидкости при избыточном давлении в трубопроводе $\delta_{\text{ПЖД}}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{ПЖД}} = \frac{1,1 \cdot \sqrt{B^2 \cdot \frac{\Delta_{t_{\text{ж}}}^2}{1,1} + C^2 \cdot \frac{\Delta_{P_{\text{ж}}}^2}{1,1} + \frac{\Delta_{\rho_{\text{ж}}}^2}{1,1}}}{P_{\text{ж}_{\text{наим}}}} \cdot 100, \quad (72)$$

где B – значение приращения плотности жидкости на 0,1 °С;
 C – значение приращения плотности жидкости на 0,1 МПа;
 $\Delta_{t_{\text{ж}}}$ – абсолютная погрешность измерения температуры жидкости установки;
 $\Delta_{P_{\text{ж}}}$ – абсолютная погрешность измерения избыточного давления жидкости установки;
 $\Delta_{\rho_{\text{ж}}}$ – абсолютная погрешность средства измерений плотности жидкости;
 $\Delta_{t_{\text{ж}}}$, $\Delta_{P_{\text{ж}}}$, $\Delta_{\rho_{\text{ж}}}$ – значения погрешностей, указаны в эксплуатационных документах на конкретное средство измерений;
 $P_{\text{ж}_{\text{наим}}}$ – наименьшее значение плотности жидкости, кг/м³.

Примечание: значения приращений B и C определяются в соответствии с таблицей зависимости плотности жидкости от температуры и давления лабораторным способом.

Фиксируют рассчитанное значение $\delta_{\text{ПЖД}}$.

Погрешность определения плотности воздуха $\delta_{\text{ПВ}}$ не превышает 0,004 % (пределы допускаемой абсолютной погрешности средств измерений температуры и влажности окружающей среды, и атмосферного давления, входящих в состав установки, при измерении: температуры окружающей среды Δ_T не более $\pm 0,5$ °С; влажности окружающей среды Δ_h не более ± 5 %, атмосферного давления Δ_{P_a} не более 0,5 гПа).

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке $\delta_{\Sigma}(M)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(M) = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{ВУ}}^2 + \delta_{\text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\text{ПП}}^2 + \delta_{\text{ПВ}}^2 + \delta_{\text{ПЖА}}^2}, \quad (73)$$

где $\delta_{\text{ВУ}}$ – наибольшая погрешность, %, весовых устройств, полученная по формуле 48;
 $\delta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3);
 $\delta_{\text{ПП}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала массы жидкости, обусловленная работой переключателя потока, полученная по формуле 70;
 $\delta_{\text{ПВ}}$ – погрешность определения плотности воздуха, равная 0,004 %;
 $\delta_{\text{ПЖА}}$ – относительная погрешность измерения плотности жидкости при атмосферном давлении, %, полученная по формуле 71.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 3 или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 3.

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости $\delta_{\Sigma}(Q_M)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(Q_M) = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{ВУ}}^2 + \delta_{\text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\text{ПП}}^2 + \delta_{\text{ВК}}^2 + \delta_{\text{ПВ}}^2 + \delta_{\text{ГДЖА}}^2}, \quad (74)$$

где $\delta_{\text{ВУ}}$ – наибольшая погрешность, %, весовых устройств, полученная по формуле 48;

$\delta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3);

$\delta_{\text{ПП}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала массы жидкости, обусловленная работой переключателя потока, полученная по формуле 70;

$\delta_{\text{ВК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала времени измерений, полученная по п.11.1;

$\delta_{\text{ПВ}}$ – погрешность определения плотности воздуха, равная 0,004 %;

$\delta_{\text{ГДЖА}}$ – относительная погрешность измерения плотности жидкости при атмосферном давлении, %, полученная по формуле 71.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 3 или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массового расхода жидкости при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 3.

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке $\delta_{\Sigma}(V)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(V) = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{ВУ}}^2 + \delta_{\text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\text{ПП}}^2 + \delta_{\text{ПВ}}^2 + \delta_{\text{ПЖД}}^2}, \quad (75)$$

где $\delta_{\text{ВУ}}$ – наибольшая погрешность, %, весовых устройств, полученная по формуле 48;

$\delta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3);

$\delta_{\text{ПП}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала массы жидкости, обусловленная работой переключателя потока, полученная по формуле 70;

$\delta_{\text{ПВ}}$ – погрешность определения плотности воздуха, равная 0,004 %;

$\delta_{\text{ПЖД}}$ – относительная погрешность измерения плотности жидкости при избыточном давлении в трубопроводе, %, полученная по формуле 72.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 3 или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 3.

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости $\delta_{\Sigma}(Q_V)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(Q_V) = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{ВУ}}^2 + \delta_{\text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\text{ПП}}^2 + \delta_{\text{ВК}}^2 + \delta_{\text{ПВ}}^2 + \delta_{\text{ПЖД}}^2}, \quad (76)$$

где $\delta_{\text{ВУ}}$ – наибольшая погрешность, %, весовых устройств, полученная по формуле 48;

$\delta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3);

$\delta_{\text{ПП}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала массы жидкости, обусловленная работой переключателя потока, полученная по формуле 70;

$\delta_{\text{ВК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала времени измерений, полученная по п.11.1;

$\delta_{\text{ПВ}}$ – погрешность определения плотности воздуха, равная 0,004 %;

$\delta_{\text{ПЖД}}$ – относительная погрешность измерения плотности жидкости при избыточном давлении в трубопроводе, %, полученная по формуле 72.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расходов жидкости при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 3 или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расходов жидкости при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 3.

11.5.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении расходомеров

Данный пункт выполняется при наличии расходомеров в составе установки.

11.5.2.1 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости при применении расходомеров

11.5.2.1.1 Определение относительной погрешности расходомеров при измерении объема жидкости в потоке

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) объема жидкости в потоке и/или объемного расхода жидкости при применении расходомеров.

Относительную погрешность расходомеров при измерении объема жидкости в потоке в j -ой точке расхода при i -ом измерении $\delta(V)_{PCji}$, % вычисляют по формуле

$$\delta(V)_{PCji} = \left(\frac{V_{ji} - V_{ЭТji}}{V_{ЭТji}} \right) \cdot 100, \quad (77)$$

где V – объем жидкости в потоке, измеренный расходомером, дм^3 ;

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

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

Фиксируют наибольшее полученное значение из серии измерений.

11.5.2.1.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении расходомеров

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении расходомеров.

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке $\delta_{\Sigma}(V)$, %, при применении расходомеров вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(V) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta(V)_{\text{ЭТ}}^2 + \delta(V)_{\text{РС}}^2 + \delta_{\text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\text{РС ЧК}}^2}, \quad (78)$$

где $\delta(V)_{\text{ЭТ}}$ – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности, расширенная неопределенность измерений) эталона при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке, %;

$\delta(V)_{\text{РС}}$ – наибольшая погрешность расходомеров при измерении объема жидкости в потоке, %;

$\delta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3);

$\delta_{\text{РС ЧК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов (к которым подключаются расходомеры, входящие в состав установки), полученная по п.11.2.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении расходомеров не превышает значения, указанные в таблице 3 или отрицательным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении расходомеров превышает значения, указанные в таблице 3. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.5.2.1.3 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении расходомеров

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении расходомеров.

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости $\delta_{\Sigma}(Q_V)$, %, при применении расходомеров вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(Q_V) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta(Q_V)_{\text{ЭТ}}^2 + \delta(V)_{\text{РС}}^2 + \delta_{\text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\text{ВК}}^2 + \delta_{\text{РС ЧК}}^2}, \quad (79)$$

где $\delta(Q_V)_{\text{ЭТ}}$ – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности, расширенная неопределенность измерений) эталона при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости, %;

$\delta(V)_{\text{РС}}$ – наибольшая погрешность расходомеров при измерении объемного расхода жидкости, %;

$\delta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3);

$\delta_{\text{вк}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала времени измерений, полученная по п. 11.1;

$\delta_{\text{рчк}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов (к которым подключаются расходомеры, входящие в состав установки), полученная по п.11.2.

Результат считается положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении расходомеров не превышает значения, указанные в таблице 3 или отрицательным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении расходомеров превышает значения, указанные в таблице 3. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.5.2.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости при применении расходомеров

11.5.2.2.1 Определение относительной погрешности расходомеров при измерении массы жидкости в потоке

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости при применении расходомеров.

Относительную погрешность расходомеров при измерении массы жидкости в потоке в j -ой точке расхода при i -ом измерении $\delta(M)_{\text{рч}ji}$, % вычисляют по формуле

$$\delta(M)_{\text{рч}ji} = \left(\frac{M_{ji} - M_{\text{эт}ji}}{M_{\text{эт}ji}} \right) \cdot 100, \quad (80)$$

где M – масса жидкости в потоке, измеренная расходомером, кг;

$M_{\text{эт}}$ – масса жидкости в потоке по показаниям ЭТ, кг;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

Фиксируют наибольшее полученное значение из серии измерений.

11.5.2.2.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении расходомеров

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении расходомеров.

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке $\delta_{\Sigma}(M)$, %, при применении расходомеров вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(M) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta(M)_{\text{ЭТ}}^2 + \delta(M)_{\text{РС}}^2 + \delta_{\text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\text{РС ЧК}}^2}, \quad (81)$$

где $\delta(M)_{\text{ЭТ}}$ – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности, расширенная неопределенность измерений) эталона при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке, %;

$\delta(M)_{\text{РС}}$ – наибольшая погрешность расходомеров при измерении массы жидкости в потоке, %;

$\delta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3);

$\delta_{\text{РС ЧК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов (к которым подключаются расходомеры, входящие в состав установки), полученная по п.11.2.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении расходомеров не превышает значения, указанные в таблице 3 или отрицательным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении расходомеров превышает значения, указанные в таблице 3. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.5.2.2.3 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении расходомеров

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении расходомеров.

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости $\delta_{\Sigma}(Q_M)$, %, при применении расходомеров вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(Q_M) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta(Q_M)_{\text{ЭТ}}^2 + \delta(M)_{\text{РС}}^2 + \delta_{\text{ЧК}}^2 + \delta_{\text{ВК}}^2 + \delta_{\text{РС ЧК(АК)}}^2}, \quad (82)$$

где $\delta(Q_M)_{\text{ЭТ}}$ – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности, расширенная неопределенность измерений) эталона при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости, %;

$\delta(M)_{\text{РС}}$ – наибольшая погрешность расходомеров при измерении массового расхода жидкости, %;

$\delta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по п.11.2 (п.11.3);

$\delta_{\text{ВК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала времени измерений, полученная по п.11.1;

$\delta_{\text{РС ЧК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов (к которым подключаются расходомеры, входящие в состав установки), полученная по п.11.2.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении расходомеров не превышает значения, указанные в таблице 3 или отрицательным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении расходомеров превышает значения, указанные в таблице 3. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.6 Проверка соответствия средства измерений обязательным требованиям к эталону

При положительных результатах поверки установка в зависимости от пределов допускаемой относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) и измеряемой среды (жидкости), указанных в паспорте на установку, при применении весовых устройств может соответствовать вторичному эталону или рабочему эталону 1 разряда/2 разряда/3 разряда единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости в соответствии с ГПС (часть 1 и/или часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256, при применении расходомеров может соответствовать рабочему эталону 1 разряда/2 разряда/3 разряда единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости в соответствии с ГПС (часть 1 и/или часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты измерений и вычислений вносят в протокол поверки в соответствии с формой, указанной в Приложении А.

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.

12.2 При положительных результатах поверки по заявлению заказчика оформляют свидетельство о поверке, подтверждающее соответствие установки обязательным требованиям к эталонам в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, к которому прилагают протокол поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (при его наличии) или в паспорт установки, а также на пломбы, установленные на фланцевые соединения расходомеров, входящих в состав установки (при их наличии).

12.3 При отрицательных результатах поверки установку к применению не допускают, по заявлению заказчика выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

Приложение А
обязательное

Форма протокола поверки средства измерений

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____

Стр. ____ из ____

Наименование средства измерений: _____
Тип, модель, изготовитель: _____
Заводской номер: _____
Наименование и адрес заказчика: _____

Методика поверки: _____
Место проведения поверки: _____
Поверка выполнена с применением: _____

Условия проведения поверки:
Температура окружающей среды _____
Атмосферное давление _____
Относительная влажность _____

Результаты поверки:

- 1 Внешний осмотр средства измерений: (положительный/отрицательный, пункт 7) _____
- 2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений: (положительный/отрицательный, пункт 8) _____
- 3 Проверка программного обеспечения: (положительный/отрицательный, пункт 9) _____
- 4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям: _____

Таблица А.1 – Определение погрешности измерительного канала интервалов времени измерений

№ изм	t, c	t, c	$t_{ЭТ}, c$	$\delta_{ВК}, \%$	max $\delta_{ВК}, \%$
1					
...					
i					
1					
...					
i					
1					
...					
i					

Таблица А.9 – Обработка полученных данных

№ изм.	$Q_{\text{ном}},$ м ³ /ч	$\delta(V),$ %	$\delta(Q_V),$ %	$\delta(M),$ %	$\delta(Q_M),$ %	$\delta(V),$ %	$\delta(Q_V),$ %	$\delta(M),$ %	$\delta(Q_M),$ %
1	1								
...									
<i>i</i>									
1	...								
...									
<i>i</i>									
1	<i>j</i>								
...									
<i>i</i>									

Продолжение таблицы А.9

$Q_{\text{ном}},$ м ³ /ч	$S(V),$ %	$S(Q_V),$ %	$S(V)_{\text{уи}},$ %	$S(Q_V)_{\text{уи}},$ %	$S(V),$ %	$S(Q_V),$ %	$\Theta(V),$ %	$\Theta(Q_V),$ %	$S_{\Theta}(V),$ %	$S_{\Theta}(Q_V),$ %	$S_{\Sigma}(V),$ %	$S_{\Sigma}(Q_V),$ %	$K_{\Sigma}(V),$ %	$K_{\Sigma}(Q_V),$ %	$\delta_{\Sigma}(V),$ %	$\delta_{\Sigma}(Q_V),$ %
1																
...																
<i>j</i>																
$Q_{\text{ном}},$ т/ч	$S(M),$ %	$S(Q_M),$ %	$S(M)_{\text{уи}},$ %	$S(Q_M)_{\text{уи}},$ %	$S(M),$ %	$S(Q_M),$ %	$\Theta(M),$ %	$\Theta(Q_M),$ %	$S_{\Theta}(M),$ %	$S_{\Theta}(Q_M),$ %	$S_{\Sigma}(M),$ %	$S_{\Sigma}(Q_M),$ %	$K_{\Sigma}(M),$ %	$K_{\Sigma}(Q_M),$ %	$\delta_{\Sigma}(M),$ %	$\delta_{\Sigma}(Q_M),$ %
1																
...																
<i>j</i>																

Результат: (положительный/отрицательный) _____

Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке методом косвенных измерений

Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств

Таблица А.10 – Определение относительной погрешности весовых устройств

$M_{ном}, т/ч$	№ изм.	$M, кг$	$M_{ЭТ}, кг$	$\delta_{ВУ}, \%$
1	1			
	...			
	i			
...	1			
	...			
	i			
j	1			
	...			
	i			

Определение погрешности измерительного канала массы жидкости, обусловленной работой переключателя потока

Таблица А.11 – Результаты измерений

№ изм.	$\tau, с$	$M, кг$	$Q_M, т/ч$	$\bar{M}, кг$	$\bar{\tau}, с$	$\bar{Q}_M, т/ч$
1						
...						
i						
№ изм.	$\tau, с$	$M, кг$	$Q_M, т/ч$	$\bar{M}, кг$	$\bar{\tau}, с$	$\bar{Q}_M, т/ч$
1						
...						
i						
№ изм.	$\tau, с$	$M, кг$	$Q_M, т/ч$	$\bar{M}, кг$	$\bar{\tau}, с$	$\bar{Q}_M, т/ч$
1						
...						
i						
№ изм.	$\tau, с$	$M, кг$	$Q_M, т/ч$	$\bar{M}, кг$	$\bar{\tau}, с$	$\bar{Q}_M, т/ч$
1						
...						
i						
№ изм.	$\tau, с$	$M, кг$	$Q_M, т/ч$	$\bar{M}, кг$	$\bar{\tau}, с$	$\bar{Q}_M, т/ч$
1						
...						
i						

Таблица А.12 – Обработка полученных данных

$M_{ПП}, \text{ кг}$										$\overline{M_{ПП}}, \text{ кг}$	$\delta_{ПП}, \%$
1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5		

Таблица А.13 – Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости

$\delta_{ГЖА}, \%$	$\delta_{ВК}, \%$	$\delta_{ЧК(АК)}, \%$	$\delta_{ВУ}, \%$	$\delta_{ПП}, \%$	$\delta_{ПВ}, \%$	$\delta_{\Sigma(M)}, \%$	$\delta_{\Sigma(Q_M)}, \%$

Таблица А.14 – Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости

$\delta_{ГЖД}, \%$	$\delta_{ВК}, \%$	$\delta_{ЧК(АК)}, \%$	$\delta_{ВУ}, \%$	$\delta_{ПП}, \%$	$\delta_{ПВ}, \%$	$\delta_{\Sigma(V)}, \%$	$\delta_{\Sigma(Q_V)}, \%$

Результат: (положительный/отрицательный) _____

Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении расходомеров

Таблица А.15 – Исходные данные

$\delta_{ЧК}$	$\delta_{ЧК(АК)}$	$\delta_{ВК}$	$\delta(V)_{ЭТ}$	$\delta(Q_V)_{ЭТ}$	$\delta(M)_{ЭТ}$	$\delta(Q_M)_{ЭТ}$

№ изм	$Q_{ж}$ м³/ч	t , с	$t_{ЭТ}$, с	$V_{ж}$ дм³	$V_{ЭТ}$ дм³	M , кг	$M_{ЭТ}$, кг	Q_V , м³/ч	$Q_{VЭТ}$, м³/ч	Q_M , т/ч	$Q_{MЭТ}$, т/ч	$\delta(V)_{РС}$, %	$\delta(M)_{РС}$, %	$\delta_{\Sigma(V)}$, %	$\delta_{\Sigma(Q_V)}$, %	$\delta_{\Sigma(M)}$, %	$\delta_{\Sigma(Q_M)}$, %

Результат: (положительный/отрицательный) _____

