

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии»

Государственный научный метрологический центр

ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по развитию

ФГУП «ВНИИР»


А.С. Тайбинский

«12» 07 2019 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные автоматизированные УПРС+

Методика поверки

МП 0993-1-2019

Начальник НИО-1


Р.А. Корнеев

тел. отдела: (843) 272-12-02

г. Казань
2019

Содержание

1	Операции поверки.....	3
2	Средства поверки.....	3
3	Требования безопасности.....	4
4	Условия поверки.....	4
5	Подготовка к поверке.....	4
6	Проведение поверки.....	5
6.1	Внешний осмотр.....	5
6.2	Опробование.....	5
6.3	Подтверждение соответствия идентификационных данных программного обеспечения.....	5
6.4	Определение метрологических характеристик.....	6
6.4.1	Проверка диапазона воспроизведения расхода.....	6
6.4.2	Определение относительной погрешности весовых устройств.....	6
6.4.3	Определение относительной погрешности мерников.....	7
6.4.4	Определение метрологических характеристик ТПУ.....	12
6.4.5	Критерии точности.....	23
6.4.6	Определение относительной погрешности канала измерения временных интервалов.....	24
6.4.7	Определение относительной погрешности переключателей потока.....	24
6.4.8	Определение относительной погрешности измерения плотности измеряемой среды.....	26
6.4.9	Определение относительной погрешности частотно-импульсных измерительных каналов.....	27
6.4.10	Определение приведенной погрешности аналоговых измерительных каналов.....	27
6.4.11	Определение относительной погрешности расходомеров при измерении массы (объема) и массового (объемного) расхода жидкости.....	28
6.4.12	Определение относительной погрешности установки при измерении массы и объема, массового и объемного расходов жидкости при использовании весовых устройств.....	29
6.4.13	Определение относительной погрешности установки при измерении объема и объемного расходов жидкости при использовании ТПУ.....	30
6.4.14	Определение относительной погрешности установки при измерении объема и объемного расходов жидкости при использовании мерников.....	31
6.4.15	Определение относительной погрешности установки при измерении массового и объемного расходов, массы и объема жидкости при использовании расходомеров.....	31
6.5	Определение метрологических характеристик методом сличения.....	31
6.5.1	Определение метрологических характеристик методом сличения при помощи эталона сравнения.....	32
6.5.2	Определение метрологических характеристик методом непосредственного сличения.....	32
6.6	Обработка результатов измерений.....	32
6.6.1	Обработка результатов измерений при поверке по массе жидкости в потоке и массовому расходу жидкости.....	32
6.6.2	Обработка результатов измерений при поверке по объему жидкости в потоке и объемному расходу жидкости.....	35
7	Оформление результатов поверки.....	37
	Приложение А Коэффициент, учитывающий изменение вместимости мерника от изменения его температуры.....	38

Настоящая инструкция распространяется на установки поверочные автоматизированные УПРС+ (далее – установка), предназначенные для измерений, воспроизведения, хранения и передачи единиц массы и/или объема жидкости в потоке, массового и/или объемного расходов жидкости, и устанавливает методику и последовательность их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении первичной или периодической поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (п. 6.1);
- опробование (п. 6.2);
- подтверждение соответствия идентификационных данных программного обеспечения (п. 6.3);
- определение метрологических характеристик установки методом сличения (п. 6.5).

Допускается при периодической поверке установок с индексами точности по весовым устройствам и/или ТПУ и/или мерникам 2, 3, 4, установок с индексами точности по расходомерам 1, 2, 3 проводить поверку по следующим пунктам:

- внешний осмотр (п. 6.1);
- опробование (п. 6.2);
- подтверждение соответствия идентификационных данных программного обеспечения (п. 6.3);
- определение метрологических характеристик установки (п. 6.4).

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства:

- государственный первичный специальный эталон единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2017;
- вторичные эталоны, рабочие эталоны 1-го и 2-го разрядов согласно 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 07.02.2018 № 256;
- рабочий эталон единицы массы 4 разряда согласно государственной поверочной схеме для средств измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 №2818.
- калибратор многофункциональный модели MC5-R, диапазоны воспроизведения/измерения сигналов напряжения постоянного тока: ± 500 мВ/500 мВ, ± 12 В/ ± 50 В; силы постоянного тока: (0 – 25) мА, ± 25 мА/ ± 100 мА, сопротивления (1 – 4000) Ом/(0 – 4000) Ом, частоты сигналов синусоидальной и прямоугольной формы: от 0,0028 Гц до 50 кГц, диапазон воспроизведения последовательности импульсов, диапазон счета импульсов: (0 – 9999999) имп. (регистрационный № 18624-99);
- частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/3, диапазон измеряемых частот от 0,001 Гц до 20 кГц, временных интервалов от 20 нс до 7000 с (регистрационный № 32359-06);
- измеритель плотности жидкостей вибрационный ВИП-2МР, диапазон измерений плотности от 0,65 до 2 г/см³, ПГ $\pm 0,0001$ г/см³ (регистрационный № 27163-09).

2.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых установок с требуемой точностью.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 При проведении поверки соблюдаются следующие требования:

- правил техники безопасности и пожарной безопасности, действующих на предприятии;
- правил технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки, приведенных в их эксплуатационных документах;
- правил безопасности при эксплуатации поверяемой установки, приведенных в ее эксплуатационной документации.

3.2 Рабочее давление измеряемой среды применяемых при поверке средств поверки, указанное в их эксплуатационной документации, должно быть больше или равно наибольшему давлению, которое может иметь место при поверке.

3.3 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую инструкцию, руководство по эксплуатации поверяемой установки, средств поверки, и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

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

Окружающая среда с параметрами:

- температура окружающей среды, °С.....(20 ± 5);
- относительная влажность окружающей среды, %от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа.....от 86 до 107.

Измеряемая среда – вода по СанПиН 2.1.4.1074-2001 с параметрами:

- температура, °С.....(20 ± 5);
- избыточное давление, МПа.....от 0 до 2;
- изменение температуры измеряемой среды в процессе одного измерения, °С, не более.....± 0,2;
- изменение давления измеряемой среды в процессе одного измерения, МПа, не более.....± 0,05.

Допускается в качестве измеряемой среды при поверке использовать жидкость (воду), которая для поверяемой установки является рабочей.

Допускается в качестве измеряемой среды при поверке установок на базе мерников использовать воду подземных и поверхностных источников, имеющую мутность не более 1500 мг/дм³ (по ГОСТ 3351-74).

Попадание воздуха в измерительный участок установок не допускается.

4.2 Все средства измерений, предназначенные для измерений параметров измеряемой среды, входящие в состав установки, за исключением средств измерений, поверяемых в составе установки, и поверка которых может быть совмещена с поверкой установки, на момент поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке, и срок окончания действия свидетельств о поверке должен быть не менее ¾ интервала между поверками.

4.3 Допускается проводить периодическую поверку установок, используемых для измерений (воспроизведения) меньшего числа величин (массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости), с уменьшением количества измеряемых (воспроизводимых) величин на основании письменного заявления владельца средства измерений, оформленного в произвольной форме. В свидетельстве о поверке при этом должна быть сделана соответствующая запись с указанием наименований измеряемых (воспроизводимых) величин.

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверка выполнения условий разделов 2, 3 и 4 настоящей инструкции;
- подготовка к работе установки и средств поверки согласно их эксплуатационным документам;

– проверка герметичности фланцевых соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением. Систему считают герметичной, если при рабочем давлении в течение пяти минут не наблюдается течи и капель поверочной жидкости, а также отсутствует падение давления по манометру (преобразователю давления);

– удаление воздуха из трубопроводов системы согласно руководству по эксплуатации установки.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

– комплектность и маркировка должны соответствовать эксплуатационным документам;
– не должна быть нарушена целостность защитного заземления;
– внешние неисправности в электрических соединениях между составными частями установки должны отсутствовать;

– на установке не должно быть внешних механических повреждений, влияющих на ее работоспособность.

При наличии в составе установки мерников дополнительно проверяют:

– отсутствие нарушения лакокрасочного покрытия (при наличии);
– четкость изображений, надписей на маркировочной табличке (при наличии), числовых отметок, рисок на шкале горловины мерника или уровневой трубки;
– отсутствие дефектов на прозрачной части горловины мерника или уровневой трубки, препятствующих наблюдению за уровнем жидкости.

При наличии в составе установки ТПУ дополнительно проверяют:

– отсутствие нарушения лакокрасочного покрытия (при наличии);
– отсутствие механических повреждений и дефектов (вмятин, трещин и т. п.), препятствующих нормальной эксплуатации ТПУ;
– целостность шлангов (при наличии) для подключения ТПУ;
– четкость изображений, надписей на маркировочной табличке (при наличии);
– надежность монтажа и правильность подключения всех средств измерения и вспомогательного оборудования;
– наличие и надежность заземления, отсутствие его внешних повреждений.

6.2 Опробование

Опробование установки производят в соответствии с разделом руководства по эксплуатации «Подготовка установки к использованию» (пункт «Подготовка к использованию и опробование»).

Результаты поверки по данной операции считаются положительными, если при опробовании не выявлено несоответствие требованиям, установленным в руководстве по эксплуатации установки.

6.3 Подтверждение соответствия идентификационных данных программного обеспечения

Операцию подтверждения соответствия программного обеспечения заявленным идентификационным данным выполняют с использованием персонального компьютера и программного обеспечения установки.

Для определения идентификационных данных программного обеспечения установки необходимо:

– запустить программное обеспечение установки;
– считать идентификационное наименование и номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения.

Результат подтверждения соответствия идентификационных данных программного обеспечения считается положительным, если считанные идентификационные данные программного обеспечения установки (идентификационное наименование и номер версии

(идентификационный номер) программного обеспечения) соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа установок поверочных автоматизированных УПРС+.

6.4 Определение метрологических характеристик

6.4.1 Проверка диапазона воспроизведения расхода

Данную операцию проводят путем воспроизведения расхода при помощи системы создания, стабилизации и регулирования расхода и давления измеряемой среды, и измерения данного расхода средствами измерений в составе установки в точках, соответствующих нормируемым наименьшему и наибольшему значениям.

При поверке установки для выполнения операций по управлению системой создания, стабилизации и регулирования расхода и давления измеряемой среды в составе установки, закрытия и открытия запорно-регулирующей и запорной арматуры, формирующих гидравлический тракт, считывания результатов измерений эталонных расходомеров следует пользоваться присутствующими в базовом окне программы элементами состояния, управления, индикации соответствующих исполнительных устройств и средств измерений (датчиков) или при отсутствии приводов у формирующих гидравлический тракт запорно-регулирующей и запорной арматуры осуществлять управление исполнительными механизмами вручную.

Диапазон расхода, воспроизводимый установкой, определяется его наименьшим $Q_{\text{наим}}$ и наибольшим $Q_{\text{наиб}}$ значениями расхода на соответствующих измерительных линиях:

– верхний предел определяется наибольшим значением расхода, зафиксированным средством измерения (суммой показаний средств измерений) расхода, находящимся (находящихся) в соответствующей линии установки;

– нижний предел определяется наименьшим значением расхода, зафиксированным средством измерения расхода, находящимся в соответствующей линии установки.

Для проведения данной операции поверки согласно руководству по эксплуатации установки посредством системы создания, стабилизации и регулирования расхода и давления измеряемой среды поочередно воспроизводят нормированные для поверяемой установки наименьший и наибольший расходы измеряемой среды в соответствующих измерительных линиях установки, и в течение времени не менее 100 секунд с интервалом 5-10 секунд регистрируют значения расходов по индикатору соответствующего средства (соответствующих средств) измерений или по элементам индикации соответствующего средства (соответствующих средств) измерений в базовом окне программы.

Результаты поверки считаются положительными, если показания средств измерений стабильны в каждой точке расхода, а их среднеарифметические значения (суммы среднеарифметических значений) соответствуют указанным в руководстве по эксплуатации нормированным данным диапазонов измерений для каждой измерительной линии, в ином случае результат считается отрицательным.

6.4.2 Определение относительной погрешности весовых устройств

Данный пункт выполняется при наличии весовых устройств в составе установки.

Определение относительной погрешности весовых устройств проводят в пяти равномерно распределенных по диапазону измерения массы конкретного весового устройства точках с допусаемым отклонением не более $\pm 5\%$, включая крайние, последовательным нагружением балластного груза. Количество измерений должно быть не менее пяти в каждой точке нагружения.

В качестве балластного груза используется набор гирь класса точности M_1 с номинальным значением массы каждой гири 20 кг. Допускается в качестве балластного груза использовать специально изготовленный набор металлических дисков, колец, стержней, пластин квадратной, прямоугольной, круглой формы с номинальной массой по 20 кг, конструкция которых обеспечивает удобное, рациональное расположение груза на весовом устройстве и возможность передачи единицы массы от рабочих эталонов 3 разряда согласно государственной поверочной схеме для средств измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 № 2818.

Предварительно балластный груз (позлементно) пронумеровывают и с помощью компаратора массы и гири класса точности F₂ номинальной массой 20 кг определяют действительную массу каждого груза (гири). Допускается отдельную гирю класса точности F₂ номинальной массой 20 кг заменять комбинацией гирь класса точности F₂ суммарной массой 20 кг. Допускается в качестве балластного груза использовать аттестованные рабочие эталоны единицы массы 4 разряда) согласно государственной поверочной схеме для средств измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 № 2818.

Если для нагружения гирями требуется снятие (демонтаж) накопительной емкости (весового бака) с платформы (с тензодатчиков) весового устройства, то массу этой накопительной емкости (весового бака) необходимо компенсировать, установив на весовое устройство груз массой, близкой к массе накопительной емкости (весового бака) в сборе за вычетом вспомогательной платформы (при наличии), устанавливаемой на весовое устройство вместо накопительной емкости (весового бака), и обнулив показания весового устройства.

При проведении поверки, насколько это возможно, нагрузка должна постепенно возрастать при нагружении или постепенно уменьшаться при разгрузке. Грузы (гири) устанавливают на вспомогательную установочную или подвесную платформу, распределяя нагрузку равномерно и симметрично относительно тензодатчиков на столько, на сколько это возможно. После каждого нагружения по окончании стабилизации считывают показание весового устройства.

Допускается устанавливать балластный груз непосредственно в (на) накопительную емкость (весовой бак) весового устройства, если конструкция накопительной емкости (весового бака) рассчитана на данную нагрузку. При этом следует обеспечить безопасность работ и исключить динамические нагрузки на весовое устройство (тензодатчики).

Относительную погрешность весового устройства $\delta_{в\gamma}$, %, определяют по формуле:

$$\delta_{в\gamma} = \frac{(M_{в} - M_{г})}{M_{г}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $M_{в}$ – масса по показаниям весового устройства, кг;

$M_{г}$ – масса рабочего эталона массы (условное или номинальное значение), кг.

При наличии у поверяемого весового устройства нескольких нормированных погрешностей в диапазоне измерений относительную погрешность весовых устройств определяют во всех таких точках с допуском отклонением не более $\pm 2\%$ по формуле (1).

За относительную погрешность весового устройства принимают ее максимальное значение в серии измерений во всех контрольных точках в соответствующих поддиапазонах.

6.4.3 Определение относительной погрешности мерников

Данный пункт выполняется при наличии мерников в составе установки.

Определение относительной погрешности производится для каждого мерника, входящего в состав установки, и для каждого номинального объема.

При определении относительной погрешности (вместимости) мерников должны соблюдаться следующие условия:

– изменение температуры воды во время поверки одного мерника для установок с индексами точности по мерникам 1 и 2: не более $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, с индексом точности 3: не более $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, с индексом точности 4: не более $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– изменение температуры окружающего воздуха во время поверки одного мерника для установок с индексами точности по мерникам 1 и 2: не более $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, с индексами точности 3 и 4: не более $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– изменение атмосферного давления во время поверки одного мерника для установок с индексами точности по мерникам 1 и 2: не более $\pm 10\text{ мм рт. ст. } (\pm 1,4\text{ кПа})$, с индексами точности 3 и 4: не нормируется;

– пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении температуры воды и воздуха для установок с индексами точности по мерникам 1 и 2: $\pm 0,05$ °С, с индексами точности 3 и 4: $\pm 0,5$ °С;

– измеряемая среда – вода по СанПиН 2.1.4.1074-2001. Допускается использовать воду подземных и поверхностных источников, имеющую мутность не более 30 мг/дм³ (по ГОСТ 3351-74), при определении вместимости мерника методом взвешивания в нем воды на эталонных весах (пп. 6.4.3.1, 6.4.3.2) и не более 1500 мг/дм³ – объемным методом (п. 6.4.3.3);

– соотношение пределов допускаемой относительной погрешности поверяемого мерника и относительной погрешности эталонного средства измерения объема жидкости (эталонного мерника, ТПУ, расходомеров или весов в объемном эквиваленте) в точке, соответствующей номинальной вместимости поверяемого мерника, должно быть не более 1/3.

Примечание – допускается соотношение пределов допускаемой относительной погрешности поверяемого мерника и относительной погрешности эталонного средства измерения объема жидкости (эталонного мерника или весов в объемном эквиваленте) в точке, соответствующей номинальной вместимости поверяемого мерника, более 1/3 при выполнении одного из условий (50) – (53) по п. 6.4.5 в зависимости от исполнения установки.

В зависимости от исполнения установки определение вместимости мерников возможно:

1) методом взвешивания воды в мернике на эталонных весах в составе или не в составе установки с переключателем потока (п. 6.4.3.1, 6.4.3.2);

2) объемным методом с помощью эталонных мерников в составе или не в составе установки с переключателем потока или без него (п. 6.4.3.3).

6.4.3.1 Определение вместимости мерника (не имеющего шкалы) методом взвешивания воды в мернике на эталонных весах

Операцию определения вместимости производят для всех мерников, входящих в состав установки. Поверку мерников, имеющих несколько номинальных вместимостей, производят на каждой из них, рассматривая каждую номинальную вместимость как отдельный мерник.

При определении вместимости мерника с помощью эталонных весов возможны два случая:

I Предел взвешивания эталонных весов позволяет взвешивать воду непосредственно в поверяемом мернике.

II Предел взвешивания эталонных весов не позволяет взвешивать воду непосредственно в поверяемом мернике.

В случае I (когда предел взвешивания эталонных весов позволяет взвешивать воду непосредственно в поверяемом мернике) необходимо выполнить следующие действия:

а) измерить температуру окружающего воздуха и атмосферное давление в помещении, предназначенном для проведения поверки, а также температуру воды в резервуаре. Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

б) пустой смоченный мерник установить на весы и обнулить их. Предварительно проконтролировать вертикальность горловины по уровню или отвесу и при необходимости выполнить регулировку.

в) заполнить мерник водой до отметки номинальной вместимости или до перелива при горловине с водосливом.

г) по истечении 10 мин. выдержки измерить температуру воды в мернике и зафиксировать в протоколе поверки температуру t системы «вода-мерник» (далее – система), принимая температуру мерника равной температуре воды, восстановить уровень воды на отметке вместимости.

д) произвести измерение массы мерника. Результат измерений занести в протокол.

- е) слить воду из мерника, открыв сливной кран, или установив мерник в положение «горловина снизу». После слива воды из поверяемого мерника сплошной струей выдержать время 1 мин. на слив капель и закрыть сливной кран или вернуть мерник в положение «горловина сверху».
- ж) повторить операции по перечислениям а) – е).

Вместимость j -го мерника V_{ij} , дм^3 , при температуре t , по результатам взвешивания на эталонных весах определяют по формуле:

$$V_{ij} = 1000 \cdot \frac{M_{\text{изм}ij} \cdot \rho_{\text{ж}aij}}{\rho_{\text{ж}aij} - \rho_{\text{a}ij}}, \quad (2)$$

где $M_{\text{изм}ij}$ – результат i -го измерения массы воды в j -м мернике, кг;

$\rho_{\text{ж}aij}$ – плотность воды при атмосферном давлении, принимаемая как функция от температуры, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\rho_{\text{a}ij}$ – плотность воздуха, принимаемая как функция от температуры и атмосферного давления, $\text{кг}/\text{м}^3$;

i – порядковый номер измерения;

j – порядковый номер мерника (при наличии в составе установки нескольких мерников).

Действительную вместимость j -го мерника $V_{20(i)j}$, дм^3 , соответствующую температуре 20°C , при i -ом измерении вычисляют по формуле:

$$V_{20(i)j} = n \cdot V_{ij}, \quad (3)$$

где n – коэффициент, учитывающий изменение вместимости мерника от изменения его температуры (см. Приложение А).

Разность между результатами двух измерений вместимости поверяемого j -го мерника не должна превышать половины значения его допускаемой абсолютной погрешности:

$$|V_{20(1)j} - V_{20(2)j}| \leq 0,5 \cdot \Delta V_{\text{доп}j}, \quad (4)$$

где $V_{20(1)j}$ – действительная вместимость j -го мерника при первом измерении, дм^3 ;

$V_{20(2)j}$ – действительная вместимость j -го мерника при втором измерении, дм^3 ;

$\Delta V_{\text{доп}j}$ – значение допускаемой абсолютной погрешности j -го мерника на отметке номинальной вместимости, дм^3 .

Допускаемую абсолютную погрешность $\Delta V_{\text{доп}j}$, дм^3 , j -го мерника на отметке номинальной вместимости определяют по формуле:

$$\Delta V_{\text{доп}j} = \frac{\delta_j \cdot V_{\text{ном}j}}{100}, \quad (5)$$

где δ_j – предел допускаемой относительной погрешности j -го мерника, %;

$V_{\text{ном}j}$ – номинальная вместимость j -го мерника, дм^3 .

Действительную вместимость j -го мерника по результатам двух измерений определяют по формуле:

$$V_{20(1,2)j} = \frac{V_{20(1)j} + V_{20(2)j}}{2}. \quad (6)$$

Относительную погрешность δ_j , %, поверяемого j -го мерника вычисляют по формуле:

$$\delta_j = \frac{V_{номj} + V_{20(1,2)j}}{V_{20(1,2)j}} \cdot 100. \quad (7)$$

Примечание – В случае совпадения результатов определения действительной вместимости мерника V_{20} при первом измерении с результатами предыдущей поверки допускается второе измерение (перечисление ж)) не проводить, действительная вместимость мерника принимается по результатам первого измерения.

Во II случае (когда предел взвешивания эталонных весов не позволяет взвешивать воду непосредственно в поверяемом мернике) взвешивание следует производить в несколько приемов, используя установленную на весах вспомогательную емкость, вместимость которой не менее вместимости эталонного мерника. При этом необходимо выполнить следующие действия:

а) измерить температуру окружающего воздуха и атмосферное давление в помещении, предназначенном для проведения поверки, а также температуру воды в резервуаре. Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

б) по истечении 10 мин. выдержки измерить температуру воды в мернике и зафиксировать в протоколе поверки температуру t системы вода-мерник (далее – система), принимая температуру мерника равной температуре воды, восстановить уровень воды на отметке вместимости.

в) вспомогательную емкость установить на весы и обнулить их.

г) заполнить вспомогательную емкость водой из поверяемого мерника, взвесить и записать результат измерения в протокол. При этом следует контролировать соблюдение условий поверки по изменению температуры воды и воздуха и иные требования по п. 6.4.3 (вводная часть).

д) слить воду из вспомогательной емкости.

е) повторить действия для случая II по перечислениям в), г), д) до полного слива воды из мерника. По окончании слива последней дозы сплошной струей выдержать время 1 мин. на слив капель и закрыть сливной кран, а при его отсутствии установить мерник в положение «горловина сверху».

Массу воды в поверяемом мернике определяют путем арифметического суммирования масс воды при каждом взвешивании доз по формуле:

$$M_{измij} = \sum_2^k M_{измijk}, \quad (8)$$

где $M_{измijk}$ – результат измерения массы k -й дозы воды в j -м мернике при i -ом определении его вместимости, кг.

Дальнейшие расчеты по определению вместимости мерника и расчету погрешности произвести по формулам (2) – (7).

6.4.3.2 Определение вместимости мерника со шкалой на горловине на любой отметке шкалы с помощью эталонных весов

Вместимость мерника со шкалой на горловине на любой отметке шкалы определяют как сумму (разность) номинальной вместимости мерника и вместимости его горловины от отметки номинальной вместимости до выбранной отметки.

Суммируют вместимости при выбранной отметке, расположенной выше отметки номинальной вместимости. Разность используют при выбранной отметке, расположенной ниже отметки номинальной вместимости.

Для определения вместимости мерника со шкалой на горловине на любой отметке шкалы необходимо выполнить следующие действия:

а) определить вместимость мерника на отметке номинальной вместимости, выполнив действия п. 6.4.3.1 по перечислениям а) – ж) для случая *I* или по перечислениям а) – е) для случая *II* в зависимости от вместимости мерника и пределов взвешивания эталонных весов.

б) определить вместимость горловины: заполнить поверяемый мерник водой выше отметки конечного значения шкалы (верхняя отметка шкалы). По истечении 10 мин. выдержки измерить температуру воды в мернике и зафиксировать температуру *t* системы в протоколе, принимая температуру мерника равной температуре воды.

в) слить воду из мерника до отметки конечного значения шкалы.

г) установить на весы вспомогательную емкость и обнулить их.

д) слить (отобрать) воду из мерника во вспомогательную емкость от отметки конечного значения шкалы до отметки номинальной вместимости. Взвесить слитую воду и занести результат измерения в протокол. При взвешивании следует контролировать соблюдение условий поверки по изменению температуры воды и воздуха и иные требования по п. 6.4.3 (вводная часть).

е) слить воду из вспомогательной емкости, установить ее на весы и обнулить показания.

ж) из поверяемого мерника от отметки номинальной вместимости до отметки начального значения шкалы слить воду во вспомогательную емкость, взвесить и занести результат измерения в протокол. При взвешивании следует контролировать соблюдение условий поверки по изменению температуры воды и воздуха и иные требования по п. 6.4.3 (вводная часть).

Допускается определять вместимость горловины методом налива.

з) полученные при измерениях значения массы воды переводят в значения объема при 20 °С по формулам:

$$V_{r20+(j)} = 1000 \cdot \frac{M_{гизмj(+)} \cdot \rho_{жaj}}{\rho_{жaj} - \rho_{aj}} \cdot n; \quad (9)$$

$$V_{r20-(j)} = 1000 \cdot \frac{M_{гизмj(-)} \cdot \rho_{жaj}}{\rho_{жaj} - \rho_{aj}} \cdot n, \quad (10)$$

где $V_{r20+(j)}$ – вместимость горловины *j*-го мерника от отметки конечного значения шкалы до отметки номинальной вместимости, дм^3 ;

$M_{гизмj(+)}$ – результат измерения массы воды, слитой из *j*-го мерника во вспомогательную емкость от отметки конечного значения шкалы до отметки номинальной вместимости, кг;

$V_{r20-(j)}$ – вместимость горловины *j*-го мерника от отметки номинальной вместимости до отметки начального значения шкалы, дм^3 ;

$M_{гизмj(-)}$ – результат измерения массы воды, слитой из *j*-го мерника во вспомогательную емкость от отметки номинальной вместимости до отметки начального значения шкалы, кг.

и) действительную вместимость мерника, соответствующую температуре 20 °С, на конечной отметке шкалы рассчитывают по формуле:

$$V_{20\text{кон}(j)} = V_{\text{ном}20(j)} + V_{r20+(j)}, \quad (11)$$

к) действительную вместимость мерника, соответствующую температуре 20 °С, на начальной отметке шкалы рассчитать по формуле:

$$V_{20\text{нач}(j)} = V_{\text{ном}20(j)} - V_{r20-(j)}, \quad (12)$$

л) цену деления шкалы горловины определяют как частное от деления вместимости горловины на число делений по формуле:

$$C_{20j} = \frac{V_{r20+(j)} + V_{r20-(j)}}{k_j}, \quad (13)$$

где k_j – число делений шкалы j -го мерника в промежутке между отметкой начального значения и отметкой конечного значения шкалы.

6.4.3.3 Определение вместимости мерника (не имеющего шкалы) объемным методом

1) Для определения вместимости мерника (не имеющего шкалы) объемным методом с помощью эталонных мерников в составе или не в составе установки с переключателем потока или без него необходимо выполнить следующие действия:

а) измерить температуру окружающего воздуха и атмосферное давление в помещении, предназначенном для проведения поверки, а также температуру воды в резервуаре. Результаты измерений зафиксировать в протоколе.

б) перед заполнением эталонный и поверяемый мерники установить по уровню или отвесу, обеспечив вертикальность горловины.

в) после заполнения эталонного или поверяемого мерника убедиться, что уровень воды окончательно установлен, а после опорожнения мерников убедиться, что вода полностью удалена. Для этого после слива сплошной струей выполнить выдержку на слив капель 1 мин. для мерников в составе установок с индексом точности по мерникам 1, 2 и 30 с – для мерников в составе установок с индексом точности по мерникам 3 и 4 и закрывают сливной кран. Мерники без сливного крана вернуть в положение «горловина сверху».

г) если в поверяемом по методу налива мернике или в эталонном мернике при поверке по методу слива установившийся уровень воды не совпадает с отметкой вместимости, то с помощью эталонных колб и/или мерных стаканов и/или пипеток долить (отлить) воду до совмещения ее уровня с отметкой вместимости.

д) вместимость мерника V_{ij} , дм^3 , при температуре t определить по формуле:

$$V_{ij} = V_{эти} \pm \Delta V, \quad (14)$$

где $V_{эти}$ – объем воды из эталонного мерника при температуре t , дм^3 ;

+ ΔV – объем добавленной воды дм^3 ;

- ΔV – объем отобранной воды дм^3 .

е) действительную вместимость поверяемых мерников на отметке номинальной вместимости определяют дважды. Разность между результатами двух измерений не должна превышать половины значения допускаемой абсолютной погрешности поверяемого мерника (условие в соответствии с выражением (4)).

Действительную вместимость мерника по результатам двух измерений определяют по формуле (6).

Относительную погрешность δ_j , %, j -го поверяемого мерника вычисляют по формуле (7).

6.4.4 Определение метрологических характеристик ТПУ

Данный пункт выполняется при наличии ТПУ в составе установки.

Определение метрологических характеристик ТПУ включает следующие операции:

а) определение вместимости ТПУ (пункт 6.4.4.1);

б) определение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности (пункт 6.4.4.2);

в) определение границы суммарной систематической составляющей погрешности (пункт 6.4.4.3);

г) определение относительной погрешности ТПУ (пункт 6.4.4.4);

д) проверка отсутствия протечек измеряемой среды (пункт 6.4.4.5).

Определение метрологических характеристик ТПУ проводят для следующих условий:

- вместимость ТПУ определяют, как правило, для нормальных условий (температура окружающего воздуха 20 °С, давление атмосферного воздуха 101,3 кПа).
- вместимость системы хранения и подготовки измеряемой среды должна превышать не менее чем в 2 раза максимальную вместимость ТПУ;
- конструкция (организация) системы хранения и подготовки измеряемой среды, системы создания расхода и давления этой среды при воспроизведении расхода должны исключать захват воздуха в замкнутый (активный) гидравлический тракт;
- для двунаправленных ТПУ определяют суммарную вместимость, соответствующую движениям поршня в прямом и обратном направлении;

Примечание – для двунаправленных ТПУ допускается определять вместимость отдельно для каждого направления движения поршня при наличии такой функциональной возможности.

- для ТПУ с двумя парами детекторов вместимость определяют для каждой пары детекторов;
- давление измеряемой среды на выходе ТПУ должно быть не менее 0,1 МПа;
- значение поверочного расхода, при котором определяют метрологические характеристики ТПУ, должно не менее, чем в два раза превышать значение расхода, при котором производят контроль отсутствия протечек;
- значения расхода должны находиться в пределах диапазона, в котором нормируются метрологические характеристики ТПУ;

Примечание – Допускается выбирать одно или оба значения расхода меньше нижнего предела диапазона расходов ТПУ, приведенного в эксплуатационной документации.

- отклонение поверочного расхода от установленного значения за время одного измерения не должно превышать $\pm 2,5\%$;
- изменение температуры жидкости за время одного измерения не должно превышать 0,2 °С;
- измеряемая среда – вода по СанПиН 2.1.4.1074-2001. Допускается использовать воду подземных и поверхностных источников, имеющую мутность не более 30 мг/дм³ (по ГОСТ 3351-74) при определении вместимости ТПУ методом взвешивания вытесненной из ТПУ воды при движении поршня по калиброванному участку от одного детектора до другого на эталонных весах (пп. 6.4.4.1.1, перечисление 1)) и не более 1500 мг/дм³ – объемным методом с помощью мерников (п. 6.4.4.1.1, перечисление 2));

Примечание – При недостаточной вместимости весового бака эталонных весов допускается использование вспомогательного накопительного резервуара (емкости). Его вместимость должна не менее чем в 1,2 раза превышать вместимость ТПУ. Конструкция (геометрия) накопительной емкости должна исключать выплескивание воды при ее наполнении и обеспечивать слив воды в весовой бак эталонных весов.

- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры жидкости для установок любых индексов точности по ТПУ: $\pm 0,2$ °С с дискретностью (ценой деления): не более 0,1 °С;
- пределы допускаемой приведенной погрешности измерения избыточного давления жидкости для установок любых индексов точности по ТПУ: $\pm 0,5\%$;
- соотношение пределов допускаемой относительной погрешности ТПУ и относительной погрешности эталонного средства измерения объема жидкости (эталонного мерника, эталонной ТПУ или весов в объемном эквиваленте, эталонного расходомера-счетчика жидкости) в точке, соответствующей номинальной вместимости поверяемой ТПУ, должно быть не более 1/3;

Примечание – Допускается соотношение пределов допускаемой относительной погрешности поверяемой ТПУ и относительной погрешности эталонного средства измерения объема жидкости (эталонного мерника, эталонной ТПУ, эталонных весов в объемном эквиваленте, эталонных расходомеров-счетчиков жидкости) в точке, соответствующей номинальной вместимости поверяемой ТПУ, более 1/3 при выполнении одного из условий (50) – (53) по п. 6.4.5 в зависимости от исполнения установки.

– при определении вместимости ТПУ с помощью эталонных мерников их вместимость выбирают, исходя из вместимости ТПУ, чтобы при измерении объема воды получить наименьшее целое число заполнений мерника;

Примечания

1 Допускается применять мерники различной вместимости.

2 Если мерник имеет шкалу на горловине, то предварительно определяют объем воды, который нужно наливать, чтобы при всех измерениях уровень воды находился в пределах шкалы.

3 Если мерник не имеет шкалы, то его заполняют до отметки номинальной вместимости.

6.4.4.1 Определение метрологических характеристик ТПУ

6.4.4.1.1 Определение вместимости ТПУ

Операцию определения вместимости производят для всех ТПУ, входящих в состав установки. Поверку ТПУ, имеющих несколько калиброванных участков, каждый из которых имеет свой базовый объем, производят для каждого объема, рассматривая его как отдельную ТПУ.

В зависимости от исполнения установки определение вместимости ТПУ возможно:

3) с помощью эталонных весов (в составе или не в составе установки с переключателем потока);

4) с помощью эталонных мерников (в составе или не в составе установки с переключателем потока или без него);

5) с помощью эталонных расходомеров-счетчиков жидкости (в составе или не в составе установки).

1) Вместимость ТПУ с помощью эталонных весов определяют путем взвешивания воды, вытесненной поршнем из ТПУ непосредственно в весовой бак эталонных весов при прохождении поршня по калиброванному участку ТПУ от первого детектора до второго при выбранном расходе воды или через вспомогательную накопительную емкость.

Предварительно учитывают замечания и проверяют условия, которые необходимо соблюдать при определении метрологических характеристик ТПУ (п. 6.4.4, вводная часть).

Для определения вместимости ТПУ с помощью эталонных весов выполняют следующие действия:

а) после проведения подготовительных операций при установившемся выбранном расходе производят пуск поршня ТПУ;

Примечание – При использовании вспомогательного накопительного резервуара (емкости) во время поверки перед первым измерением и при перерывах между измерениями более 1 часа накопительную емкость предварительно смачивают. Для чего наливают в нее воду в количестве, примерно равном вместимости ТПУ, сливают воду и выдерживают емкость в течение 2 мин.

б) в процессе одного измерения в протоколе фиксируют значения следующих величин:

– температуры и давления воды на входе ($t_{\text{вх}}$ и $P_{\text{вх}}$) и выходе ($t_{\text{вых}}$ и $P_{\text{вых}}$) ТПУ в моменты прохождения поршня соответствующих детекторов;

– плотности воды ρ_0 ;

– времени переключения переключателя потока в прямом (на весовой бак) $T_{\text{пр}}$ и обратном $T_{\text{обр}}$ направлении;

– интервала времени между импульсами выходного сигнала датчика положения переключателя потока при переключении его в прямом и обратном направлении (интервал времени между двумя переключениями переключателя потока) $T_{изм}$;

в) с помощью эталонных весов производят измерение массы воды, вытесненной поршнем ТПУ непосредственно в весовой бак весов, или при использовании вспомогательной накопительной емкости вытесненную в нее поршнем ТПУ воду наливают в весовой бак эталонных весов и производят измерение ее массы;

г) при недостаточной вместимости весового бака эталонных весов (только в случае использования вспомогательной накопительной емкости) допускается проводить измерения массы вытесненной поршнем ТПУ в накопительную емкость воды порциями до полного ее опорожнения; после слива последней порции воды выдерживают 2 мин. и закрывают сливной кран накопительной емкости;

д) повторяют действия по перечислениям а) – в) еще шесть раз;

Примечания

1 При поверке двунаправленных ТПУ описанные действия производят и при обратном направлении движения поршня. При этом вместимость ТПУ определяется как сумма вместимостей при прямом и обратном направлении движения поршня.

2 Если вместимость накопительной емкости достаточна, допускается определять суммарную вместимость ТПУ сразу за оба направления движения поршня.

е) определяют среднее значение вместимости ТПУ V_{20} , дм^3 , в нормальных условиях с учетом влияния при измерениях выталкивающей силы воздуха при взвешивании, температуры и давления воды на вместимость ТПУ и объем воды в ТПУ, разновременности переключения переключателя потока по формуле:

$$V_{20} = \bar{V} \cdot \left(1 + \beta_{жс} \cdot (\bar{t}_y - \bar{t}_0) - 3 \cdot \alpha_T \cdot (\bar{t}_y - 20) - F \cdot \bar{P}_y - \frac{0,95 \cdot D_{укал} \cdot \bar{P}_y}{E \cdot S} \right), \quad (15)$$

где \bar{V} – среднее значение вместимости ТПУ в условиях поверки, дм^3 ;

$\beta_{жс}$ – коэффициент объемного расширения жидкости, $(^\circ\text{C})^{-1}$, для воды $\beta_{жс} = 2,6 \cdot 10^{-4}$ ($1/^\circ\text{C}$);

\bar{t}_y – среднее значение температуры воды в ТПУ за период поверки, $^\circ\text{C}$;

\bar{t}_0 – среднее значение температуры жидкости за время измерений, $^\circ\text{C}$;

α_T – коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, $1/^\circ\text{C}$;

F – коэффициент сжимаемости жидкости, $1/\text{МПа}$, для воды $F = 4,91 \cdot 10^{-4}$ ($1/\text{МПа}$);

\bar{P}_y – среднее значение давления жидкости в ТПУ за период поверки, МПа ;

$D_{укал}$ – условный диаметр калиброванного участка ТПУ, мм ;

E – модуль упругости материала стенок ТПУ;

S – толщина стенок ТПУ, мм .

Среднее значение вместимости ТПУ в условиях поверки \bar{V} , дм^3 :

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (16)$$

где n – количество измерений ($n = 7$);

V_i – вместимость ТПУ при i -ом измерении в условиях поверки, дм^3 :

$$V_i = (K_{Ti} \cdot K_{Bi} \cdot M_{Bi}), \quad (17)$$

где K_{Ti} – коэффициент, учитывающий разновременность переключения переключателя потока при i -ом измерении, отн.;

K_{Bi} – коэффициент, учитывающий выталкивающую силу воздуха при i -ом измерении, $\text{дм}^3/\text{кг}$;

M_{Bi} – показания эталонных весов при i -ом измерении, кг.

Коэффициент, учитывающий разновременность переключения переключателя потока при i -ом измерении K_{Ti} :

$$K_{Ti} = \left(1 + \frac{T_{npi} - T_{обри}}{T_{изм.i}} \right), \quad (18)$$

где T_{npi} , $T_{обри}$ – время переключения переключателя потока в прямом (на весовой бак) и обратном направлении соответственно, с;

$T_{изм.i}$ – интервал времени между импульсами выходного сигнала датчика положения переключателя потока при переключении его в прямом и обратном направлении (время измерения, интегрирования), с.

Коэффициент, учитывающий выталкивающую силу воздуха при i -ом измерении K_{Bi} , $\text{дм}^3/\text{кг}$:

$$K_{Bi} = \left(\frac{1}{\rho_{wi} - \rho_{ai}} \right), \quad (19)$$

где ρ_{wi} – плотность воды при i -ом измерении, $\text{кг}/\text{дм}^3$;

ρ_{ai} – плотность атмосферного воздуха при i -ом измерении, $\text{кг}/\text{дм}^3$;

Среднее значение температуры воды в ТПУ за период поверки \bar{t}_y , °С:

$$\bar{t}_y = \frac{\sum_{i=1}^n t_{yi}}{n}, \quad (20)$$

где t_{yi} – среднее значение температуры воды в ТПУ за одно измерение, °С:

$$t_{yi} = \frac{t_{уехi} + t_{уыхi}}{2}, \quad (21)$$

где $t_{уехi}$ – температура жидкости на входе ТПУ в начале прохода поршня при i -ом измерении, °С;

$t_{уыхi}$ – температура жидкости на выходе ТПУ в конце прохода поршня при i -ом измерении, °С.

Среднее значение температуры жидкости за время измерений, \bar{t}_0 , °С:

$$\bar{t}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{t}_{0i}}{n}, \quad (22)$$

где $\overline{t_{0i}}$ – средняя температура воды при i -ом измерении, °С:

$$\overline{t_{0i}} = \frac{\sum_{j=1}^r \left(\frac{m_{ij}}{\rho_{ei}} \cdot t_{yi} \right)}{\sum_{j=1}^r \left(\frac{m_{ij}}{\rho_{ei}} \right)}, \quad (23)$$

где m_{ij} – масса j -ой порции воды при i -ом измерении (при взвешивании порциями), кг;
 r – количество порций;
 j – индекс порции.

Среднее значение давления жидкости в ТПУ за период поверки $\overline{P_y}$, МПа:

$$\overline{P_y} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{yi}}{n}, \quad (24)$$

где P_{yi} – среднее значение давления воды в ТПУ за одно измерение, МПа:

$$P_{yi} = \frac{P_{yвхi} + P_{yвыхi}}{2}, \quad (25)$$

где $P_{yвхi}$ – давление жидкости на входе ТПУ в начале прохода поршня при i -ом измерении, °С;

$P_{yвыхi}$ – давление жидкости на выходе ТПУ в конце прохода поршня при i -ом измерении, °С.

При использовании вспомогательной накопительной емкости и порционном взвешивании объема воды (в случае по перечислению г)) вместимость ТПУ при i -ом измерении V_i в условиях поверки, м³:

$$V_i = \frac{\sum_{j=1}^r V_{ij}}{n}, \quad (26)$$

где r – количество порций;

j – индекс порции;

V_{ij} – объем j -ой порции при i -ом измерении в условиях поверки, м³:

$$V_{ij} = K_{Ti} \cdot (K_{Bij} \cdot M_{Bij}), \quad (27)$$

где $(K_{Bij} \cdot M_{Bij})$ – результат измерения массы j -ой порции при i -ом измерении, кг,

K_{Bij} – коэффициент учитывающий выталкивающую силу воздуха при взвешивании j -ой порции при i -ом измерении в условиях поверки, дм³/кг;

M_{Bij} – показания весов при взвешивании j -ой порции при i -ом измерении в условиях поверки, кг.

Далее среднее значение вместимости ТПУ в условиях поверки \overline{V} , м³, определяется по формуле (16), среднее значение вместимости ТПУ V_{20} в нормальных условиях – по формуле (15).

Примечания

1 Плотность воды может быть определена:

а) методом расчета по эмпирической формуле с коррекцией до значения плотности используемой воды с учетом температуры по результатам прямых измерений плотности воды лабораторным или поточным плотномером (пикнометром) с точностью не хуже $0,1 \text{ кг/м}^3$ (измерение плотности воды и ввод корректирующего коэффициента следует провести непосредственно перед поверкой ТПУ);

б) методом прямых измерений плотности воды с отбором пробы погружным ареометром или лабораторным плотномером (пикнометром) с точностью не хуже $0,1 \text{ кг/м}^3$ (измерения проводятся каждый раз после взвешивания воды или ее порции).

2 Измерение плотности воды погружным ареометром производится следующим образом:

– после вытеснения поршнем ТПУ из калиброванного участка всего объема воды в весовой бак эталонных весов или после полного слива воды из накопительной емкости (при ее использовании) в весовой бак эталонных весов проверяют герметичность сливной арматуры весового бака и производят измерение массы;

– после взвешивания стеклянный цилиндр, предназначенный для измерения плотности жидкости, погружают в воду в весовом баке до заполнения, выдерживают под водой в течение 3 мин. и вынимают;

– чистый сухой ареометр медленно и осторожно погружают (вертикально) в цилиндр с водой так, чтобы он не задевал его стенок (погруженный в воду ареометр должен плавать вертикально и свободно, не соприкасаясь со стенками цилиндра);

– выдерживают ареометр в воде 3 мин. для выравнивания их температуры;

– после полного успокоения ареометра снимают отсчет показаний по шкале на прямой линии пересечения стержня с нижним краем мениска;

3 При измерении плотности по п. 2 настоящих Примечаний одновременно определяют температуру воды термометром с ценой деления шкалы не более $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ (при невозможности совместного погружения в цилиндр ареометра и термометра температуру воды измеряют до и после погружения ареометра, принимая в расчет среднее из двух показаний термометра);

4 Плотность атмосферного воздуха рассчитывается программными средствами установки по эмпирической формуле;

5 При использовании средств измерений температуры и давления с визуальным отсчетом допускается фиксировать температуру t_{yi} и давление P_{yi} один раз в процессе прохождения поршня.

2) Вместимость ТПУ с помощью эталонных мерников определяют методом прямых измерений объема воды, вытесненной поршнем из ТПУ непосредственно в эталонный мерник при прохождении поршня по калиброванному участку ТПУ от первого детектора до второго при выбранном расходе воды или через вспомогательную накопительную емкость.

Предварительно учитывают замечания и проверяют условия, которые необходимо соблюдать при определении метрологических характеристик ТПУ (п. 6.4.4, вводная часть).

Для определения вместимости ТПУ с помощью эталонных мерников выполняют следующие действия:

а) после проведения подготовительных операций при установившемся выбранном расходе производят пуск поршня ТПУ;

Примечание – При использовании вспомогательного накопительного резервуара (емкости) во время поверки перед первым измерением (перед пуском поршня) и при перерывах между измерениями более 1 часа накопительную емкость предварительно смачивают. Для чего наливают в нее воду в количестве, примерно равном вместимости ТПУ, сливают воду и выдерживают емкость в течение 2 мин.

б) в процессе одного измерения в протоколе фиксируют значения следующих величин:

– температуры и давления воды на входе ($t_{вх}$ и $P_{вх}$) и выходе ($t_{вых}$ и $P_{вых}$) ТПУ в

моменты прохождения поршня соответствующих детекторов;

– значения времени переключения переключателя потока в прямом (на весовой бак) $T_{пр}$ и обратном $T_{обр}$ направлении;

– интервал времени между импульсами выходного сигнала датчика положения переключателя потока при переключении его в прямом и обратном направлении (интервал времени между двумя переключениями переключателя потока) $T_{изм}$;

в) из накопительной емкости вытесненную поршнем ТПУ воду наливают в мерник определенный ранее объем воды или при отсутствии у мерника шкалы заполняют его до отметки номинальной вместимости;

г) выдерживают заполненный мерник 0,5 мин., проверяют герметичность сливного крана и определяют объем воды в мернике (по шкале или отметке номинальной вместимости) и ее температуру (принимают среднее значение из показаний термометров, установленных в мернике);

Примечание – Если уровень воды в мернике окажется выше отметки номинальной вместимости, то допускается слить излишек воды, измерить ее объем (мерниками, колбами, цилиндрами) и прибавить его к номинальной вместимости мерника, или вылить излишек обратно в накопительную емкость.

д) значения температуры и объема воды в мернике фиксируют в протоколе;

е) сливают воду из мерника и, выдержав 1 мин. после стекания воды, закрывают сливной кран;

ж) производят описанные операции до полного опорожнения накопительной емкости;

з) после слива последней порции воды выдерживают 2 мин. и закрывают сливной кран накопительной емкости;

и) повторяют измерения еще шесть раз;

Примечания

1 Если уровень воды при последнем заполнении мерника окажется ниже отметки номинальной вместимости мерника, то ее объем определяют эталонными мерниками меньшей вместимости, колбами и цилиндрами, сливая воду из мерника или доливая его до отметки номинальной вместимости. В последнем случае объем воды в мернике определяют вычитанием объема долитой воды из номинальной вместимости.

2 При поверке двунаправленных ТПУ описанные действия производят и при обратном направлении движения поршня.

3 Если вместимость накопительной емкости достаточна, допускается определять суммарную вместимость ТПУ сразу за оба направления движения поршня (при наличии у установки такой функции).

к) определяют среднее значение вместимости ТПУ в нормальных условиях V_{20} по формуле:

$$V_{20} = \bar{V} \cdot \bar{K}_{\text{тем}}, \quad (28)$$

где \bar{V} – среднее значение вместимости ТПУ в условиях поверки, м³;

$\bar{K}_{\text{тем}}$ – среднее значение коэффициента, учитывающего влияние разности температуры воды в ТПУ и мернике, влияние температуры и давления воды на вместимость ТПУ, влияние давления воды в ТПУ на объем воды в ней и влияние температуры на объем мерника.

Среднее значение вместимости ТПУ в условиях поверки \bar{V} , м³:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (29)$$

где V_i – вместимость ТПУ при i -ом измерении в условиях поверки, м³:

$$V_i = K_T \cdot \sum_{j=1}^r V_{ij}, \quad (30)$$

где K_T – коэффициент, учитывающий разновременность переключения переключателя потока, рассчитывается по формуле (18).

Среднее значение коэффициента, учитывающего влияние разности температуры воды в ТПУ и мернике, влияние температуры и давления воды на вместимость ТПУ, влияние давления воды в ТПУ на объем воды в ней и влияние температуры на объем мерника \bar{K}_{ipm} :

$$\bar{K}_{ipm} = 1 + \beta_{жс} \cdot (\bar{t}_y - \bar{t}_{0m}) - 3 \cdot \alpha_T \cdot (\bar{t}_y - 20) + 3 \cdot \alpha_m \cdot (\bar{t}_{0m} - 20) - F \cdot \bar{P}_y - \frac{0,95 \cdot D_{укал} \cdot \bar{P}_y}{E \cdot S}, \quad (31)$$

где $\beta_{жс}$ – коэффициент объемного расширения жидкости, (1/°C), для воды $\beta_{жс} = 2,6 \cdot 10^{-4}$ (1/°C);
 \bar{t}_y – среднее значение температуры воды в ТПУ за период поверки, °C:

$$\bar{t}_y = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{t}_{yi}}{n}, \quad (32)$$

где \bar{t}_{yi} – среднее значение температуры воды в ТПУ за одно измерение, °C.

Среднее значение температуры воды в ТПУ за одно измерение \bar{t}_{yi} , °C:

$$\bar{t}_{yi} = \frac{t_{уакxi} + t_{увькxi}}{2}, \quad (33)$$

где $t_{уакxi}$ – температура жидкости на входе ТПУ в начале прохода поршня при i -ом измерении, °C;

$t_{увькxi}$ – температура жидкости на выходе ТПУ в конце прохода поршня при i -ом измерении, °C,

\bar{t}_{0m} – среднее значение температуры воды в мернике за период поверки, °C:

$$\bar{t}_{0m} = \frac{\sum_{j=1}^r \bar{t}_{0mj}}{n}, \quad (34)$$

где \bar{t}_{0mj} – среднее значение температуры воды в мернике при i -ом измерении:

$$\bar{t}_{0mj} = \frac{\sum_{j=1}^r V_{ij} \cdot t_{ijm}}{\sum_{j=1}^r V_{ij}}, \quad (35)$$

где V_{ij} – объем воды в мернике при i -ом измерении и j -ом заполнении, м³;

t_{ijm} – температура воды в мернике при i -ом измерении и j -ом заполнении, м³;

r – количество порций воды для заполнений мерника при i -ом измерении.

α_T – коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, 1/°C;

α_m – коэффициент линейного расширения материала стенок мерника, $1/^\circ\text{C}$;
 F – коэффициент сжимаемости жидкости, $1/\text{МПа}$, для воды $F = 4,91 \cdot 10^{-4}$ ($1/\text{МПа}$);
 \bar{P}_y – среднее значение давления жидкости в ТПУ за период поверки, МПа.

Среднее значение давления жидкости в ТПУ за период поверки \bar{P}_y , МПа:

$$\bar{P}_y = \frac{\sum_{j=1}^n P_y}{n}, \quad (36)$$

где n – количество измерений при поверке ($n = 7$);

P_y – среднее значение давления воды в ТПУ за одно измерение, МПа:

$$P_y = \frac{P_{y_{\text{вх}}} + P_{y_{\text{вых}}}}{2}, \quad (37)$$

где $P_{y_{\text{вх}}}$ – давление жидкости на входе ТПУ в начале прохода поршня, МПа;

$P_{y_{\text{вых}}}$ – давление жидкости на выходе ТПУ в конце прохода поршня, МПа.

3) Вместимость ТПУ с помощью эталонных расходомеров-счетчиков жидкости определяют методом прямых измерений расходомерами-счетчиками жидкости объема воды, вытесненной поршнем из ТПУ при прохождении поршня по калиброванному участку ТПУ от первого детектора до второго при выбранном расходе воды,

Предварительно учитывают замечания и проверяют условия, которые необходимо соблюдать при определении метрологических характеристик ТПУ, в части требований, предъявляемых к расходомерам-счетчикам жидкости (п. 6.4.4, вводная часть).

Для определения вместимости ТПУ с помощью расходомеров-счетчиков жидкости выполняют следующие действия:

а) после проведения подготовительных операций при установившемся выбранном расходе производят пуск поршня ТПУ;

б) в процессе одного измерения в протоколе фиксируют значения следующих величин:

– температуры и давления воды на входе ($t_{y_{\text{вх}}}$ и $P_{y_{\text{вх}}}$) и выходе ($t_{y_{\text{вых}}}$ и $P_{y_{\text{вых}}}$) ТПУ в моменты прохождения поршня соответствующих детекторов;

– значения времени переключения переключателя потока в прямом (на весовой бак) $T_{\text{пр}}$ и обратном $T_{\text{обр}}$ направлении;

– интервал времени между импульсами выходного сигнала датчика положения переключателя потока при переключении его в прямом и обратном направлении (интервал времени между двумя переключениями переключателя потока) $T_{\text{изм}}$;

в) с помощью эталонных расходомеров-счетчиков жидкости производят измерение объема воды, вытесненной поршнем ТПУ;

г) повторяют действия по перечислениям а) – в) еще шесть раз;

д) определяют среднее значение вместимости ТПУ в нормальных условиях V_{20} по формуле:

$$V_{20} = \bar{V} \cdot \left(1 + \beta_{ж} \cdot (\bar{t}_y - \bar{t}_0) - 3 \cdot \alpha_T \cdot (\bar{t}_y - 20) - F \cdot \bar{P}_y - \frac{0,95 \cdot D_{\text{укал}} \cdot \bar{P}_y}{E \cdot S} \right), \quad (38)$$

где \bar{V} – среднее значение вместимости ТПУ в условиях поверки, м^3 :

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (39)$$

где V_i – вместимость ТПУ при i -ом измерении в условиях поверки, м³.
 Вместимость ТПУ при i -ом измерении в условиях поверки V_i , м³:

$$V_i = K_T \cdot \sum_{j=1}^r V_{ij}, \quad (40)$$

где K_T – коэффициент, учитывающий разновременность переключения переключателя потока, рассчитывается по формуле (18).

6.4.4.2 Определение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности

Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности определяется по формуле, %:

$$S_0 \left(\overset{\circ}{\Delta} \right) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n-1}} \cdot \frac{100}{\bar{V}}. \quad (41)$$

6.4.4.3 Определение границы суммарной систематической составляющей погрешности

Определение границы суммарной систематической составляющей погрешности, %, определяется следующим образом:

– при поверке ТПУ с помощью эталонных весов:

$$\theta_{\Sigma 0} = k \cdot \sqrt{\theta_B^2 + \theta_D^2 + \theta_t^2}, \quad (42)$$

где θ_B – НСП весовых устройств (или предел допускаемой относительной погрешности), %;

θ_D – НСП канала измерения плотности жидкости (или предел допускаемой относительной погрешности плотномера (пикнометра, ареометра)), %;

θ_t – НСП канала измерения температуры (или предел допускаемой относительной погрешности средства измерения температуры), %;

k – поправочный коэффициент, $k = 1,1$.

– при поверке ТПУ с помощью мерников:

$$\theta_{\Sigma 0} = k \cdot \sqrt{\theta_M^2 + \theta_t^2}, \quad (43)$$

где θ_M – НСП мерников (или предел допускаемой относительной погрешности), %.

– при поверке ТПУ с помощью расходомеров-счетчиков жидкости:

$$\theta_{\Sigma 0} = k \cdot \sqrt{\theta_{\text{эрсж}}^2 + \theta_t^2}, \quad (44)$$

где $\theta_{\text{эрсж}}$ – НСП расходомеров-счетчиков жидкости (или предел допускаемой относительной погрешности), %.

6.4.4.4 Определение относительной погрешности ТПУ

Относительную погрешность ТПУ, %, определяют по формуле:

$$\Delta^0 = 1,1 \cdot \left(\theta_{\Sigma 0} + t_{0,99} \cdot S_0(\bar{V}_0) \right), \quad (45)$$

$$\text{где } S_0(\bar{V}_0) = \frac{S_0(\Delta^0)}{\sqrt{n}}.$$

6.4.4.5 Проверка отсутствия протечек измеряемой среды

Для проверки отсутствия протечек измеряемой среды выполняют следующие действия:

а) на меньшем значении расхода, выбранном для проверки отсутствия протечек, производят три измерения вместимости ТПУ;

б) по формулам (15), (28) или (38) определяют среднее значение вместимости ТПУ по произведенным измерениям $V_{опр}$ и относительное отклонение вместимости при различных расходах Δ_{np} , % по формуле:

$$\Delta_{np} = \frac{V_{опр} - V_0}{V_0} \cdot 100, \quad (46)$$

в) соблюдение условия

$$|\Delta_{np}| \leq 0,35 \cdot \Delta_p, \quad (47)$$

свидетельствует об отсутствии протечек.

6.4.5 Критерии точности

При определении вместимости поверяемых мерников (вместимости ТПУ) при использовании эталонных средств измерения с соотношением погрешностей поверяемого мерника (ТПУ) и эталонного средства измерения от 1/3 до 3/2 выполняют следующие действия:

– в зависимости от характеристик поверяемого мерника (ТПУ), эталонных средств проверки и их конструктивных особенностей, определить вместимость поверяемого мерника способом, описанным в п. 6.4.3.1, 6.4.3.2, 6.4.3.3 (вместимость ТПУ одним из трех способов, описанных в п. 6.4.4.1);

– рассчитать коэффициент коррекции по формуле:

$$K_{V20i} = \frac{V_{эм20i}}{V_{нсу20i}}, \quad (48)$$

где $V_{эм20i}$ – результат i -ого измерения объема воды, приведенного к температуре 20 °С, эталонным мерником (эталонной ТПУ, эталонным расходомером-счетчиком жидкости) или результат i -ого измерения объема воды, приведенного к температуре 20 °С, эталонными весами, дм^3 ;

$V_{нсу20i}$ – результат i -ого измерения объема воды, приведенной к температуре 20 °С, поверяемым мерником (ТПУ, расходомером-счетчиком жидкости), дм^3 .

– рассчитать среднее квадратичное отклонение результатов определений коэффициентов коррекции S_V , %, по формуле:

$$S_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{V20i} - \bar{K}_{V20})^2}{n}} \cdot \frac{100}{\bar{K}_{V20}}, \quad (49)$$

где \bar{K}_{V20} – среднее арифметическое значение коэффициента коррекции;
 n – количество измерений.

– проверить выполнение условия:

– для установок с индексом точности по мерникам 1:

$$S_V \leq 0,02 \%, \quad (50)$$

– для установок с индексом точности по мерникам (ТПУ) 2:

$$S_V \leq 0,03 \%, \quad (51)$$

– для установок с индексом точности по мерникам (ТПУ) 3:

$$S_V \leq 0,04 \%, \quad (52)$$

– для установок с индексом точности по мерникам (ТПУ) 4:

$$S_V \leq 0,10 \%. \quad (53)$$

6.4.6 Определение относительной погрешности канала измерения временных интервалов

Относительную погрешность канала измерения временных интервалов определяют с помощью частотомера в режиме измерения временных интервалов с синхронизацией сигналами «старт» и «стоп», предусмотренных на установке, и которые формируют интервал измерения.

С помощью программно-аппаратных средств установки поочередно задают временные интервалы измерений 30, 100, 600 с и фиксируют показания частотомера и установки. Количество измерений должно быть не менее пяти (допускается проводить измерения без наличия расхода жидкости).

Относительную погрешность канала измерения временных интервалов, $\delta_{вк}$, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{вкij} = \frac{t_{устij} - t_{чij}}{t_{чij}} \cdot 100, \quad (54)$$

где $t_{устij}$ – i -ое время, измеренное установкой в j -ой точке, с.

$t_{чij}$ – i -ое время, измеренное частотомером в j -ой точке, с.

За относительную погрешность канала измерения временных интервалов принимают ее максимальное значение в серии измерений.

6.4.7 Определение относительной погрешности переключателей потока

Данный пункт выполняется только при наличии весовых устройств и/или мерников и/или ТПУ с переключателями потока в составе установки.

6.4.7.1 В зависимости от диапазона расхода жидкости для каждого переключателя потока, входящего в состав установки, выбирают следующие точки расхода: наименьший ($Q_{M(V)наим}$), т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$), наибольший ($Q_{M(V)наиб}$), т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$) и 0,5 от суммы наибольшего и наименьшего расходов ($0,5 \cdot (Q_{M(V)наиб} + Q_{M(V)наим})$), т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$).

В зависимости от диапазона количества (массы и (или) объема) жидкости в потоке для каждого весового устройства (мерника), входящего в состав установки, выбирают пять равноудаленных точек количества, включая наименьшую ($M(V)наим$, т (м^3)) и наибольшую ($M(V)наиб$, т (м^3)).

6.4.7.2 Допускается смещать точки расхода и количества на значение $\pm 5\%$ от выбранного.

6.4.7.3 Визуально убеждаются в отсутствии эффектов в переключателе потока, связанных с разбрызгиванием и перетеканием.

Для каждой точки количества на каждой расходной точке проводят не менее 11 (одиннадцати) измерений.

При каждом измерении фиксируют значения массы (объем) жидкости, поступившей в накопительную емкость, массового (объемного) расхода жидкости и времени измерений, рассчитывают их средние значения.

Относительную погрешность измерительного канала массы (объема) воды, обусловленную работой переключателя потока, нестабильностью расхода и режимом работы установки, δ_{m} , в j -ой точке количества, %, вычисляют по формулам:

$$\begin{cases} \overline{Q_{M(V)1j}} = \frac{(\overline{M(V)_{изм1}})_j}{\overline{\tau_{1j}}} , \\ M(V)_{m(1-2)j} = \overline{Q_{M(V)1j}} \cdot \overline{\tau_{2j}} - \overline{M(V)_{изм2j}} \end{cases} , \quad (55)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M(V)1j}} = \frac{(\overline{M(V)_{изм1}})_j}{\overline{\tau_{1j}}} , \\ M(V)_{m(1-3)j} = \overline{Q_{M(V)1j}} \cdot \overline{\tau_{3j}} - \overline{M(V)_{изм3j}} \end{cases} , \quad (56)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M(V)1j}} = \frac{(\overline{M(V)_{изм1}})_j}{\overline{\tau_{1j}}} , \\ M(V)_{m(1-4)j} = \overline{Q_{M(V)1j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - \overline{M(V)_{изм4j}} \end{cases} , \quad (57)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M(V)1j}} = \frac{(\overline{M(V)_{изм1}})_j}{\overline{\tau_{1j}}} , \\ M(V)_{m(1-5)j} = \overline{Q_{M(V)1j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - \overline{M(V)_{изм5j}} \end{cases} , \quad (58)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M(V)2j}} = \frac{(\overline{M(V)_{изм2}})_j}{\overline{\tau_{2j}}} , \\ M(V)_{m(2-3)j} = \overline{Q_{M(V)2j}} \cdot \overline{\tau_{3j}} - \overline{M(V)_{изм3j}} \end{cases} , \quad (59)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M(V)2j}} = \frac{(\overline{M(V)_{изм2}})_j}{\overline{\tau_{2j}}} , \\ M(V)_{m(2-4)j} = \overline{Q_{M(V)2j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - \overline{M(V)_{изм4j}} \end{cases} , \quad (60)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M(V)2_j}} = \frac{\overline{(M(V)_{изм 2})_j}}{\overline{\tau_{2_j}}} \\ M(V)_{nn(2-5)_j} = \overline{Q_{M(V)2_j}} \cdot \overline{\tau_{5_j}} - \overline{M(V)_{изм 5_j}} \end{cases}, \quad (61)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M(V)3_j}} = \frac{\overline{(M(V)_{изм 3})_j}}{\overline{\tau_{3_j}}} \\ M(V)_{nn(3-4)_j} = \overline{Q_{M(V)3_j}} \cdot \overline{\tau_{4_j}} - \overline{M(V)_{изм 4_j}} \end{cases}, \quad (62)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M(V)3_j}} = \frac{\overline{(M(V)_{изм 3})_j}}{\overline{\tau_{3_j}}} \\ M(V)_{nn(3-5)_j} = \overline{Q_{M(V)3_j}} \cdot \overline{\tau_{5_j}} - \overline{M(V)_{изм 5_j}} \end{cases}, \quad (63)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M(V)4_j}} = \frac{\overline{(M(V)_{изм 4})_j}}{\overline{\tau_{4_j}}} \\ M(V)_{nn(4-5)_j} = \overline{Q_{M(V)4_j}} \cdot \overline{\tau_{5_j}} - \overline{M(V)_{изм 5_j}} \end{cases}, \quad (64)$$

$$\overline{M(V)_{m_j}} = \frac{M(V)_{m(1-2)_j} + M(V)_{m(1-3)_j} + M(V)_{m(1-4)_j} + M(V)_{m(1-5)_j} + \dots + M(V)_{m(4-5)_j}}{10}, \quad (65)$$

$$\delta_{nn_j} = \frac{\overline{M(V)_{m_j}}}{M(V)_{наим_j}} \cdot 100, \quad (66)$$

Фиксируется наибольшее полученное значение δ_{nn} , % из серии измерений.

6.4.8 Определение относительной погрешности измерения плотности измеряемой среды

Данный пункт выполняется только при наличии весовых устройств в составе установки и/или при наличии массовых (кориолисовых) расходомеров в составе установки, с которых считываются результаты измерения количества (расхода) измеряемой среды в единицах массы (массового расхода), а результаты измерения количества (расхода) измеряемой среды в единицах объема (объемного расхода) формируются косвенным методом (при наличии измерений в данных единицах).

Относительную погрешность измерения плотности воды при избыточном давлении в трубопроводе $\delta_{\rho_{ж}}$, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{\rho_{ж}} = \frac{(1,1 \cdot \sqrt{A^2 \cdot \frac{\Delta^2_{t_{ж}}}{1,1} + B^2 \cdot \frac{\Delta^2_{P_{ж}}}{1,1} + \frac{\Delta^2_{\rho_{ж}}}{1,1}})}{\rho_{ж, мин}} \cdot 100, \quad (67)$$

где A – значение приращения плотности измеряемой среды на 0,1 °С;
 B – значение приращения плотности измеряемой среды на 0,1 МПа;

Δ_{t_x} – пределы допускаемой абсолютной погрешности канала измерения температуры измеряемой среды средством измерения температуры в составе установки, °С.

Δ_{p_x} – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения избыточного давления измеряемой среды средством измерения давления в составе установки, МПа.

Δ_{ρ_x} – пределы допускаемой абсолютной погрешности средства измерения плотности воды, кг/м³.

$\rho_{ж,мин}$ – минимальная плотность измеряемой среды в рабочем диапазоне температур, кг/м³ (допускается брать из таблиц стандартных справочных данных или из справочников для измеряемой среды, используемой при поверке установки).

Примечание – Значения пределов допускаемых погрешностей Δ_{t_x} , Δ_{p_x} , Δ_{ρ_x} указаны в эксплуатационных документах на конкретное средство измерений.

Фиксируют рассчитанное значение $\delta_{рож}$.

6.4.9 Определение относительной погрешности частотно-импульсных измерительных каналов

Данный пункт выполняется при наличии в системе управления, сбора и обработки информации установки частотно-импульсных измерительных каналов.

Предварительно активируют первый частотно-импульсный измерительный канал.

Подготавливают калибратор электрических сигналов к работе в режиме воспроизведения частоты прямоугольных импульсов (полярность импульсов – положительная, амплитуда импульсов – от 5 до 24 В) и подсоединяют его к входным клеммам первого частотно-импульсного измерительного канала. На калибраторе последовательно устанавливают значения частоты выходного сигнала равные 100, 5000 и 10000 Гц.

С экрана монитора (дисплея) в соответствующем окне (поле индикации) считывают результаты измерений частоты поверяемым частотно-импульсным измерительным каналом.

Последовательно повторяют описанные действия для всех частотно-импульсных измерительных каналов.

Относительную погрешность частотно-импульсных измерительных каналов $\delta_{чкs}$, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{чкik} = \frac{f_{изmik} - f_{эт}}{f_{эт}} \cdot 100, \quad (68)$$

где $f_{эт}$ – эталонное значение частоты, Гц;

$f_{изmi}$ – значение частоты, измеренное k -м частотно-импульсным измерительным каналом, Гц;

i – номер измерения;

k – номер частотно-импульсного измерительного канала.

За относительную погрешность частотно-импульсных измерительных каналов принимают ее максимальное значение в серии измерений.

6.4.10 Определение приведенной погрешности аналоговых измерительных каналов

Данный пункт выполняется при наличии в системе управления, сбора и обработки информации установки аналоговых измерительных каналов.

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

Подготавливают калибратор электрических сигналов к работе в режиме воспроизведения соответствующей аналоговой величины и подсоединяют его к входным клеммам

соответствующего аналогового измерительного канала. На калибраторе последовательно устанавливают значения величины, соответствующие 5, 25, 50, 75 и 99 % от диапазона измерения.

С устройства индикации установки считывают результаты измерений поверяемым измерительным каналом.

Повторяют описанные действия для всех величин и аналоговых измерительных каналов.

Приведенную погрешность аналоговых измерительных каналов $\delta_{ика}$, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{ика} = \frac{C_{aki} - C_{эmi}}{C_B - C_H} \cdot 100, \quad (69)$$

где C_{aki} – результат измерения аналогового сигнала k -ым аналоговым измерительным каналом в i -ой контрольной точке (показания на экране монитора);

$C_{эmi}$ – эталонный аналоговый сигнал в i -ой контрольной точке;

C_B, C_H – верхний и нижний пределы диапазона измерений аналогового сигнала.

За приведенную погрешность аналоговых измерительных каналов принимают ее максимальное значение в серии измерений.

6.4.11 Определение относительной погрешности расходомеров при измерении массы (объема) и массового (объемного) расхода жидкости

6.4.11.1 Определение относительной погрешности расходомеров при измерении массы (объема) и массового (объемного) расхода жидкости проводят путем сличения показаний расходомеров и показаний, полученных с использованием следующих эталонных средств измерения:

- а) весовых устройств, входящих в состав установки;
- б) ТПУ, входящих в состав установки;
- в) мерников, входящих в состав установки;
- г) государственного специального первичного эталона;
- д) вторичного эталона;
- е) рабочего эталона 1 разряда;
- ж) рабочего эталона 2 разряда;
- з) эталона сравнения, входящего в состав эталона с более высокими показателями точности (по пункту 6.5 настоящей методики).

Примечание – Операция по данному пункту с использованием эталонных средств измерения по перечислениям з) – ж) возможна как с демонтажем расходомеров (стационарное или транспортируемое исполнение установок), так и без их демонтажа (транспортируемое исполнение установок) при технической возможности подключения транспортируемой установки к эталонному средству измерения.

6.4.11.2 Относительную погрешность расходомеров, используемый выходной сигнал которых пропорционален массовому расходу жидкости (массовые кориолисовые расходомеры), допускается определять только при измерении массы и массового расхода.

Относительную погрешность расходомеров, используемый выходной сигнал которых пропорционален объемному расходу жидкости (электромагнитные, ультразвуковые, вихревые и т.п. расходомеры), допускается определять только при измерении объема и объемного расхода.

Относительную погрешность расходомеров в составе установки определяют в трех равномерно распределенных по диапазону измерения расхода каждого расходомера точках с допуском отклонением ± 2 %, включая минимальную и максимальную, а также в точке, соответствующей значению переходного расхода установки (при наличии).

При каждом значении расхода проводят не менее пяти измерений. Набранное количество импульсов с поверяемого расходомера за время измерения должно быть не менее 10000.

Относительную погрешность расходомера при измерении массы (объема) δ_M (δ_V), %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{M_i} (\delta_{V_i}) = \frac{M(V)_{pi} - M(V)_{эi}}{M(V)_{эi}} \cdot 100, \quad (70)$$

где $M(V)_{pi}$ – результат i -го измерения массы (объема) расходомером, кг (дм³);

$M(V)_{эi}$ – результат i -го измерения массы (объема) эталонным средством измерения (п. 6.4.11.1, перечисления а) – з)), кг (дм³).

За относительную погрешность расходомера при измерении массы (объема) принимают ее максимальное значение в серии измерений.

Относительную погрешность расходомера при измерении массового (объемного) расхода δ_q , %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{qi} = \frac{Q_{pi} - Q_{эi}}{Q_{эi}} \cdot 100, \quad (71)$$

где Q_{pi} – результат i -го измерения массового (объемного) расхода расходомером, т/ч (м³/ч);

$Q_{эi}$ – результат i -го измерения массового (объемного) расхода весовым устройством или эталоном, т/ч (м³/ч); результат i -го измерения объемного расхода мерником или ТПУ, м³/ч.

Массовый (объемный) расход по показаниям расходомера Q_{pi} , т/ч (м³/ч), вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{pi} = \frac{M(V)_{pi}}{t_{измi}} \cdot 3,6, \quad (72)$$

где $t_{измi}$ – время i -го измерения, с.

За относительную погрешность расходомера при измерении массового (объемного) расхода принимают ее максимальное значение в серии измерений.

6.4.11.3 Результаты поверки считаются положительными, если значения относительной погрешности всех расходомеров при измерении массы (объема) и массового (объемного) расхода не превышают значений, указанных в руководстве по эксплуатации на установку.

6.4.12 Определение относительной погрешности установки при измерении массы и объема, массового и объемного расходов жидкости при использовании весовых устройств

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

Относительная погрешность установки при измерении массы жидкости при использовании весовых устройств $\delta_{M_{вУ}}$, %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{M_{вУ}} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{ВУ}^2 + \delta_{К(АК)}^2 + \delta_{ПШ}^2}. \quad (73)$$

Относительная погрешность установки при измерении массового расхода жидкости при использовании весовых устройств $\delta_{Q_{M_{вУ}}}$, %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{Q_{M_{вУ}}} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{ВУ}^2 + \delta_{К(АК)}^2 + \delta_{ПШ}^2 + \delta_{БК}^2}. \quad (74)$$

Относительная погрешность установки при измерении объема жидкости при использовании весовых устройств $\delta_{V_{BY}}$, %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{V_{BY}} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{BY}^2 + \delta_{ЧК(АК)}^2 + \delta_{ПП}^2 + \delta_{\rho Ж}^2}, \quad (75)$$

Относительная погрешность установки при измерении объемного расхода жидкости при использовании весовых устройств $\delta_{Q_{V_{BY}}}$, %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{Q_{V_{BY}}} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{BY}^2 + \delta_{ЧК(АК)}^2 + \delta_{ПП}^2 + \delta_{ВК}^2 + \delta_{\rho Ж}^2}, \quad (76)$$

где δ_{BY} – относительная погрешность весовых устройств, определенная по п. 6.4.2 (или относительная погрешность (или ее пределы), указанная в свидетельстве о поверке весов), %;

$\delta_{ЧК(АК)}$ – относительная погрешность частотно-импульсных измерительных каналов ($\delta_{ЧКС}$, определенная по п. 6.4.9 или приведенная погрешность аналоговых измерительных каналов $\delta_{ИКА}$, определенная по п. 6.4.10), %;

$\delta_{ПП}$ – относительная погрешность переключателя потока, определенная по п. 6.4.7, %;

$\delta_{ВК}$ – относительная погрешность канала измерения временных интервалов, определенная по п. 6.4.6, %;

$\delta_{\rho Ж}$ – относительная погрешность измерения плотности измеряемой среды, рассчитанная в п. 6.4.8 по формуле (67).

Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанные по формулам (73), (74), (75), (76) значения относительной погрешности не превышают значений соответствующих единиц величин, указанных в руководстве по эксплуатации на установку.

6.4.13 Определение относительной погрешности установки при измерении объема и объемного расходов жидкости при использовании ТПУ

Данный пункт выполняется только при наличии в составе установки ТПУ.

Относительная погрешность установки при измерении объема жидкости при использовании ТПУ $\delta_{V_{ТПУ}}$, %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{V_{ТПУ}} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{ТПУ}^2 + \delta_{ЧК(АК)}^2 + \delta_{ПП}^2}. \quad (77)$$

Относительная погрешность установки при измерении объемного расхода жидкости при использовании ТПУ $\delta_{Q_{V_{ТПУ}}}$, %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{Q_{V_{ТПУ}}} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{ТПУ}^2 + \delta_{ЧК(АК)}^2 + \delta_{ПП}^2 + \delta_{ВК}^2}, \quad (78)$$

где $\delta_{ТПУ}$ – относительная погрешность ТПУ, определенная по п. 6.4.4 (или относительная погрешность (или ее пределы), указанная в свидетельстве о поверке ТПУ), %.

Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанные по формулам (77), (78) значения относительной погрешности не превышают значений соответствующих единиц величин, указанных в руководстве по эксплуатации на установку.

6.4.14 Определение относительной погрешности установки при измерении объема и объемного расходов жидкости при использовании мерников

Данный пункт выполняется только при наличии в составе установки мерников.

Относительная погрешность установки при измерении объема жидкости при использовании мерников δ_{VMEP} , %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{VMEP} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{MEP}^2 + \delta_{ЧК(АК)}^2 + \delta_{ПП}^2}, \quad (79)$$

Относительная погрешность установки при измерении объемного расхода жидкости при использовании мерников δ_{QVMEP} , %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{QVMEP} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{MEP}^2 + \delta_{ЧК(АК)}^2 + \delta_{ПП}^2 + \delta_{БК}^2}, \quad (80)$$

где δ_{MEP} – относительная погрешность мерников, определенная по п. 6.4.3 (или относительная погрешность (или ее пределы), указанная в свидетельстве о поверке мерника), %.

Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанные по формулам (79), (80) значения относительной погрешности не превышают значений соответствующих единиц величин, указанных в руководстве по эксплуатации на установку.

6.4.15 Определение относительной погрешности установки при измерении массового и объемного расходов, массы и объема жидкости при использовании расходомеров

Относительная погрешность установки при измерении массы (объема) жидкости при использовании расходомеров $\delta_{M(V)}$, %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{M(V)} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_p^2 + \delta_{ЧК(АК)}^2}. \quad (81)$$

Относительная погрешность установки при измерении массового (объемного) расхода жидкости $\delta_{QM(QV)}$, %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{QM(QV)} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_p^2 + \delta_{ЧК(АК)}^2 + \delta_{БК}^2}, \quad (82)$$

где δ_p – относительная погрешность расходомеров, определенная по п. 6.4.11;

$\delta_{ЧК(АК)}$ – относительная погрешность частотно-импульсных измерительных каналов ($\delta_{ЧК}$, определенная по п. 6.4.9 или приведенная погрешность аналоговых измерительных каналов $\delta_{АК}$, определенная по п. 6.4.10), %;

$\delta_{БК}$ – относительная погрешность канала измерения временных интервалов, определенная по п. 6.4.6.

Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанные по формулам (81), (82) значения относительной погрешности не превышают значений соответствующих единиц величин, указанных в руководстве по эксплуатации на установку.

6.5 Определение метрологических характеристик методом сличения

Определение метрологических характеристик установки возможно методом сличения с эталоном с более высокими показателями точности при помощи эталона сравнения или методом непосредственного сличения.

6.5.1 Определение метрологических характеристик методом сличения при помощи эталона сравнения

Для каждого эталонного средства измерения установки (весовые устройства и/или расходомеры), в зависимости от его диапазона расходов, выбираются следующие контрольные точки расходов: $Q_{\text{наим}}$, $(Q_{\text{наим}} + Q_{\text{наиб}})/2$, $Q_{\text{наиб}}$, (допускается в силу особенностей установки смещать контрольные точки $\pm 10\%$). В случае если расход превышает 300 т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$), то $Q_{\text{наиб}}$ выбирают равной 300 т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$). В случае, если минимальный 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 (ЭС) к месту расположения поверяемой установки, устанавливают поочередно расходомеры эталона сравнения (РЭС) в измерительный стол поверяемой установки. Проводят электрические соединения, запускают программное обеспечение (ПО) согласно эксплуатационному документу на блок измерительный эталона сравнения (БИЭС).

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 $\pm 2\%$ 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 семи измерений.

Допускается поверку по массе жидкости в потоке, массовому расходу жидкости, объему жидкости в потоке и объемному расходу жидкости проводить одновременно, если поверяемая установка позволяет выводить все необходимые данные.

6.5.2 Определение метрологических характеристик методом непосредственного сличения

Выбираются следующие контрольные точки расходов: $Q_{\text{наим}}$, $Q_{\text{п}}$ (при наличии), $(Q_{\text{наим}} + Q_{\text{наиб}})/2$, $Q_{\text{наиб}}$, (допускается смещать контрольные точки $\pm 10\%$).

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

Допускается поверку по массе жидкости в потоке, массовому расходу жидкости, объему жидкости в потоке и объемному расходу жидкости проводить одновременно, если поверяемая установка позволяет выводить все необходимые данные.

6.6 Обработка результатов измерений

6.6.1 Обработка результатов измерений при поверке по массе жидкости в потоке и массовому расходу жидкости

Массовый расход жидкости, измеренный поверяемой установкой, т/ч, вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{Муст}_j} = \frac{M_{\text{уст}_j}}{\tau_{ij}} \cdot 3,6, \quad (83)$$

где $M_{\text{уст}_j}$ – масса жидкости в потоке, измеренная установкой, кг

τ_{ij} – время, измеренное установкой, с.

Неисключенная систематическая погрешность (далее – НСП) поверяемой установки при измерении массового расхода жидкости и массы жидкости вычисляются по формулам:

$$S_{\Theta_{Q_M}} = \frac{\Theta_{Q_{уст}}}{1,1 \cdot \sqrt{3}} \cdot 3,6, \quad (84)$$

$$S_{\Theta_M} = \frac{\Theta_{M_{уст}}}{1,1 \cdot \sqrt{3}} \cdot 3,6, \quad (85)$$

$$\Theta_{Q_{уст}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{Q_{эт}}}{1,1}\right)^2 + \Theta_{Q_M}^2 + \delta_{ЧК}^2}, \quad (86)$$

$$\Theta_{M_{уст}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{M_{эт}}}{1,1}\right)^2 + \Theta_M^2 + \delta_{ЧК}^2}, \quad (87)$$

где $\Theta_{эт}$ – НСП ЭТ, %;

ЭТ – эталон, от которого передаются единицы массового расхода жидкости и массы жидкости в потоке;

$\Theta_{Q_{уст}}$ – НСП измерений массового расхода жидкости на поверяемой установке (максимальное значение (по модулю) из средних арифметических значений отклонений в точках расхода, при измерении массового расхода жидкости поверяемой установкой и ЭТ), %;

Θ_M – НСП измерения массы жидкости на поверяемой установке (максимальная по модулю) из средних арифметических значений относительной погрешности в точках расхода, при измерении массы жидкости в потоке поверяемой установкой и ЭТ), %;

$\delta_{ЧК}$ – погрешность частотно-импульсных (аналоговых) каналов, полученная по п. 6.4.9 (п. 6.4.10), %.

Отклонение измерений массового расхода жидкости в точке расхода, %, определяют по формуле:

$$\delta_{Q_{Mj}} = \frac{Q_{устj} - Q_{MЭТj}}{Q_{MЭТj}} \cdot 100, \quad (88)$$

$$\delta_{Q_Mj} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{Q_{Mij}}}{n}. \quad (89)$$

Отклонение измерений массы жидкости в потоке в точке расхода, % определяется по формуле:

$$\delta_{M_{j}} = \frac{M_{устj} - M_{ЭТj}}{M_{ЭТj}} \cdot 100, \quad (90)$$

$$\delta_{M_j} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{M_{ij}}}{n}. \quad (91)$$

Среднее квадратичное отклонение (далее – СКО) поверяемой установки при измерении массового расхода жидкости определяют по формуле:

$$S_{Q_M} = \sqrt{S_{Q_M \text{ ЭТ}}^2 + S_{Q_M \text{ уст}}^2}, \quad (92)$$

где $S_{Q_M \text{ ЭТ}}$ – СКО ЭТ при измерении массового расхода жидкости, %;

$S_{Q_M \text{ уст}}$ – СКО установки при измерении массового расхода, %.

СКО установки при измерении массового расхода жидкости, %, в точках расхода вычисляют по формуле:

$$S_{Q_{M \text{ уст} j}} = \frac{1}{Q_{M \text{ уст} j}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{M \text{ уст} j i} - \overline{Q_{M \text{ уст} j}})^2}{n(n-1)}} \cdot 100. \quad (93)$$

СКО установки при измерении массы жидкости в потоке, %, вычисляется по формуле:

$$S_M = \sqrt{S_{M \text{ ЭТ}}^2 + S_{M \text{ уст}}^2}, \quad (94)$$

где $S_{M \text{ ЭТ}}$ – СКО ЭТ при измерении массы жидкости в потоке, %;

$S_{M \text{ уст}}$ – СКО установки при измерении массы жидкости в потоке, %.

СКО установки при измерениях массы жидкости в потоке, %, в точках расхода вычисляют по формуле:

$$S_{M_j} = \frac{1}{M_{\text{уст} j}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{\text{уст} j i} - \overline{M_{\text{уст} j}})^2}{n(n-1)}} \cdot 100. \quad (95)$$

Суммарное СКО установки при измерении массового расхода и массы жидкости, %, вычисляют по формулам:

$$S_{\Sigma Q_M} = \sqrt{S_{e_{Q_M}}^2 + S_{Q_M}^2}, \quad (96)$$

$$S_{\Sigma M} = \sqrt{S_{e_M}^2 + S_M^2}. \quad (97)$$

Суммарную погрешность установки при измерении массового расхода жидкости и массы жидкости в потоке, %, вычисляется по формулам:

$$\Delta_{Q_M} = K_{Q_M} \cdot S_{\Sigma Q_M}, \quad (98)$$

$$\Delta_M = K_M \cdot S_{\Sigma M}, \quad (99)$$

$$K_M = \frac{t \cdot S_M + \Theta_M}{S_M + S_{e_M}}, \quad (100)$$

$$K_{Q_M} = \frac{t \cdot S_{Q_M} + \Theta_{Q_M}}{S_{Q_M} + S_{e_{Q_M}}}, \quad (101)$$

где t – коэффициент Стьюдента при $P=0,95$.

6.6.2 Обработка результатов измерений при поверке по объему жидкости в потоке и объемному расходу жидкости

Объемный расход жидкости, измеренный поверяемой установкой, $m^3/ч$, вычисляется по формуле:

$$Q_{V_{уст.ij}} = \frac{V_{уст.ij}}{\tau_{ij}} \cdot 3,6, \quad (102)$$

где $V_{уст.ij}$ – объем жидкости в потоке, измеренный установкой, m^3

τ_{ij} – время, измеренное установкой, с

Неисключенная систематическая погрешность (далее – НСП) поверяемой установки при измерении объемного расхода жидкости и объема жидкости вычисляются по формулам:

$$S_{e_{Q_V}} = \frac{\Theta_{Q_{V_{уст}}}}{1,1 \cdot \sqrt{3}}, \quad (103)$$

$$S_{e_V} = \frac{\Theta_{V_{уст}}}{1,1 \cdot \sqrt{3}}, \quad (104)$$

$$\Theta_{Q_{V_{уст}}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{Q_{V_{ЭТ}}}}{1,1} \right)^2 + \Theta_{Q_V}^2 + \delta_{ЧК}^2}, \quad (105)$$

$$\Theta_{V_{уст}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{V_{ЭТ}}}{1,1} \right)^2 + \Theta_V^2 + \delta_{ЧК}^2}, \quad (106)$$

где $\Theta_{ЭТ}$ – НСП ЭТ, %;

ЭТ – эталон, от которого передаются единицы объемного расхода жидкости $Q_{V_{ЭТ}}$ и объема жидкости в потоке $V_{ЭТ}$;

$\Theta_{Q_{V_{уст}}}$ – НСП измерений объемного расхода жидкости на поверяемой установке (максимальное значение (по модулю) из средних арифметических значений отклонений в точках расхода, при измерении объемного расхода жидкости поверяемой установкой и ЭТ), %;

Θ_V – НСП измерения объема жидкости на поверяемой установке (максимальная по модулю) из средних арифметических значений относительной погрешности в точках расхода, при измерении объема жидкости в потоке поверяемой установкой и ЭТ), %;

$\delta_{ЧК}$ – погрешность частотно-импульсных (аналоговых) каналов, полученная по п. 6.4.9 (п. 6.4.10).

Отклонение измерений объемного расхода жидкости в точке расхода, % определяют по формуле:

$$\delta_{Q_{v \mu}} = \frac{Q_{усм \mu} - Q_{VЭТ \mu}}{Q_{VЭТ \mu}} \cdot 100, \quad (107)$$

$$\delta_{Q_{v j}} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{Q_{vi}}}{n}. \quad (108)$$

Отклонение измерений объема жидкости в потоке в точке расхода, % определяется по формуле:

$$\delta_{V \mu} = \frac{V_{усм \mu} - V_{ЭТ \mu}}{V_{ЭТ \mu}} \cdot 100, \quad (109)$$

$$\delta_{V j} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{V_{ij}}}{n}. \quad (110)$$

Среднее квадратичное отклонение (далее – СКО) поверяемой установки при измерении объемного расхода жидкости определяют по формуле:

$$S_Q = \sqrt{S_{Q_{ЭТ}}^2 + S_{Q_{усм}}^2}, \quad (111)$$

где $S_{Q_{ЭТ}}$ – СКО ЭТ при измерении объемного расхода жидкости, %;

$S_{Q_{усм}}$ – СКО установки при измерении объемного расхода, %.

СКО установки при измерении объемного расхода жидкости, %, в точках расхода вычисляют по формуле:

$$S_{Q_{усм j}} = \frac{1}{Q_{усм j}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{усм j i} - \overline{Q_{усм j}})^2}{n \cdot (n-1)}} \cdot 100. \quad (112)$$

СКО установки при измерении объема жидкости в потоке, %, вычисляется по формуле:

$$S_V = \sqrt{S_{V_{ЭТ}}^2 + S_{V_{усм}}^2}, \quad (113)$$

где $S_{V_{ЭТ}}$ – СКО ЭТ при измерении объема жидкости в потоке, %;

$S_{V_{усм}}$ – СКО установки при измерении объема жидкости в потоке, %.

СКО установки при измерении объема жидкости в потоке установки, %, в точках расхода вычисляются по формуле:

$$S_{v_j} = \frac{1}{V_{ycmj}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{ycmj} - \overline{V_{ycmj}})^2}{n \cdot (n-1)}} \cdot 100, \quad (114)$$

Суммарное СКО установки при измерении объемного расхода и объема жидкости, %, вычисляются по формулам:

$$S_{\Sigma Q_v} = \sqrt{S_{\Theta_{Q_v}}^2 + S_{Q_v}^2}, \quad (115)$$

$$S_{\Sigma v} = \sqrt{S_{\Theta_v}^2 + S_v^2}, \quad (116)$$

Суммарную погрешность установки при измерении объемного расхода жидкости и объема жидкости в потоке, %, вычисляется по формулам:

$$\Delta_{Q_v} = K_{Q_v} \cdot S_{\Sigma Q_v}, \quad (117)$$

$$\Delta_v = K_v \cdot S_{\Sigma v}, \quad (118)$$

$$K_v = \frac{t \cdot S_v + \Theta_v}{S_v + S_{\Theta_v}}, \quad (119)$$

$$K_{Q_v} = \frac{t \cdot S_{Q_v} + \Theta_{Q_v}}{S_{Q_v} + S_{\Theta_{Q_v}}}, \quad (120)$$

где t – коэффициент Стьюдента при $P = 0,95$.

Результаты считаются положительными, если относительная (суммарная) погрешность установки при измерении массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расхода жидкости не превышает значений, указанных в руководстве по эксплуатации.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 Результаты поверки, измерений и вычислений вносят в протокол поверки установки произвольной формы.

7.2 При положительных результатах поверки установки оформляется свидетельство о поверке в соответствии с формой, утвержденной приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815, к которому прилагается протокол поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке, а также на пломбы, которыми пломбируются фланцевые соединения расходомеров и/или ТПУ, детекторы ТПУ и/или места установки (крепления) мерников к основанию (общей раме) установки, регулируемые шкалы (при наличии) мерников (в зависимости от состава) с нанесением знака поверки на пломбу.

7.3 Если установка по результатам поверки признана непригодной к применению, выписывается извещение о непригодности к применению в соответствии с формой, утвержденной приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815, с указанием причин несоответствия.

Приложение А

Коэффициент, учитывающий изменение вместимости мерника от изменения его температуры

Температура мерника или воды, °С	Поправочный коэффициент μ			
	Сталь	Латунь	Медь	Алюминий
15,0	1,00018	1,00032	1,00026	1,00036
15,1	1,00018	1,00031	1,00026	1,00035
15,2	1,00017	1,00030	1,00025	1,00035
15,3	1,00017	1,00030	1,00024	1,00034
15,4	1,00017	1,00029	1,00023	1,00033
15,5	1,00016	1,00028	1,00023	1,00033
15,6	1,00016	1,00028	1,00023	1,00032
15,7	1,00015	1,00027	1,00022	1,00031
15,8	1,00015	1,00026	1,00022	1,00030
15,9	1,00015	1,00026	1,00021	1,00030
16,0	1,00014	1,00026	1,00021	1,00029
16,1	1,00014	1,00025	1,00020	1,00028
16,2	1,00014	1,00025	1,00020	1,00027
16,3	1,00013	1,00024	1,00019	1,00027
16,4	1,00013	1,00023	1,00019	1,00026
16,5	1,00013	1,00023	1,00018	1,00025
16,6	1,00012	1,00022	1,00018	1,00024
16,7	1,00012	1,00022	1,00018	1,00024
16,8	1,00012	1,00021	1,00018	1,00023
16,9	1,00011	1,00020	1,00016	1,00022
17,0	1,00011	1,00019	1,00016	1,00021
17,1	1,00011	1,00018	1,00015	1,00021
17,2	1,00010	1,00018	1,00015	1,00020
17,3	1,00010	1,00017	1,00014	1,00019
17,4	1,00010	1,00016	1,00014	1,00019
17,5	1,00009	1,00016	1,00013	1,00018
17,6	1,00009	1,00015	1,00012	1,00017
17,7	1,00008	1,00014	1,00012	1,00016
17,8	1,00008	1,00014	1,00011	1,00015
17,9	1,00008	1,00013	1,00011	1,00014
18,0	1,00007	1,00013	1,00010	1,00014
18,1	1,00007	1,00012	1,00009	1,00012
18,2	1,00007	1,00011	1,00009	1,00012
18,3	1,00006	1,00011	1,00008	1,00012
18,4	1,00006	1,00010	1,00008	1,00011
18,5	1,00006	1,00009	1,00008	1,00010
18,6	1,00005	1,00009	1,00007	1,00009
18,7	1,00005	1,00008	1,00007	1,00009
18,8	1,00005	1,00008	1,00006	1,00008
18,9	1,00004	1,00007	1,00005	1,00007
19,0	1,00004	1,00006	1,00005	1,00006
19,1	1,00004	1,00006	1,00004	1,00006
19,2	1,00003	1,00005	1,00004	1,00005
19,3	1,00003	1,00004	1,00003	1,00004
19,4	1,00002	1,00004	1,00003	1,00004
19,5	1,00002	1,00003	1,00002	1,00003
19,6	1,00002	1,00003	1,00002	1,00002
19,7	1,00001	1,00002	1,00001	1,00001
19,8	1,00001	1,00001	1,00001	1,00001
19,9	1,00000	1,00001	1,00001	1,00001
20,0	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Температура мерника или воды, °С		Сталь	Латунь	Медь	Алюминий
20,1	0,99999	0,99999	0,99999	0,99999	0,99999
20,2	0,99999	0,99999	0,99999	0,99999	0,99998
20,3	0,99998	0,99998	0,99998	0,99997	0,99996
20,4	0,99998	0,99998	0,99997	0,99997	0,99996
20,5	0,99998	0,99997	0,99996	0,99996	0,99994
20,6	0,99997	0,99997	0,99996	0,99996	0,99995
20,7	0,99997	0,99997	0,99996	0,99996	0,99994
20,8	0,99997	0,99997	0,99995	0,99995	0,99994
20,9	0,99996	0,99996	0,99994	0,99995	0,99993
21,0	0,99996	0,99996	0,99994	0,99994	0,99992
21,1	0,99996	0,99996	0,99993	0,99994	0,99991
21,2	0,99995	0,99995	0,99993	0,99993	0,99990
21,3	0,99995	0,99995	0,99992	0,99993	0,99990
21,4	0,99995	0,99991	0,99991	0,99992	0,99989
21,5	0,99994	0,99994	0,99991	0,99992	0,99989
21,6	0,99994	0,99994	0,99990	0,99991	0,99988
21,7	0,99994	0,99989	0,99991	0,99991	0,99987
21,8	0,99993	0,99988	0,99988	0,99990	0,99986
21,9	0,99993	0,99988	0,99987	0,99989	0,99986
22,0	0,99993	0,99987	0,99987	0,99989	0,99985
22,1	0,99993	0,99987	0,99986	0,99988	0,99984
22,2	0,99992	0,99986	0,99985	0,99988	0,99983
22,3	0,99992	0,99985	0,99984	0,99987	0,99982
22,4	0,99992	0,99984	0,99984	0,99987	0,99982
22,5	0,99991	0,99984	0,99983	0,99987	0,99981
22,6	0,99991	0,99983	0,99986	0,99986	0,99981
22,7	0,99991	0,99983	0,99985	0,99985	0,99980
22,8	0,99990	0,99982	0,99985	0,99985	0,99979
22,9	0,99990	0,99982	0,99984	0,99984	0,99978
23,0	0,99990	0,99981	0,99981	0,99984	0,99978
23,1	0,99989	0,99980	0,99980	0,99983	0,99977
23,2	0,99989	0,99980	0,99980	0,99983	0,99976
23,3	0,99989	0,99979	0,99983	0,99983	0,99976
23,4	0,99988	0,99978	0,99982	0,99982	0,99975
23,5	0,99988	0,99978	0,99981	0,99981	0,99974
23,6	0,99988	0,99977	0,99981	0,99981	0,99973
23,7	0,99987	0,99977	0,99980	0,99980	0,99973
23,8	0,99987	0,99976	0,99979	0,99980	0,99972
23,9	0,99987	0,99975	0,99979	0,99979	0,99971
24,0	0,99986	0,99974	0,99979	0,99979	0,99971
24,1	0,99986	0,99974	0,99978	0,99978	0,99970
24,2	0,99985	0,99973	0,99978	0,99978	0,99969
24,3	0,99985	0,99973	0,99977	0,99977	0,99968
24,4	0,99985	0,99972	0,99977	0,99977	0,99968
24,5	0,99984	0,99971	0,99977	0,99977	0,99967
24,6	0,99984	0,99971	0,99970	0,99976	0,99967
24,7	0,99984	0,99970	0,99969	0,99975	0,99966
24,8	0,99983	0,99969	0,99975	0,99975	0,99964
24,9	0,99982	0,99969	0,99974	0,99975	0,99964
25,0	0,99982	0,99968	0,99974	0,99974	0,99964

Исправочный коэффициент γ