

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

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

СОГЛАСОВАНО

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



А.С. Тайбинский

М.П.

«27» июля 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ УПРС+
Методика поверки
МП 1645-1-2023

Начальник научно-исследовательского отдела
Р.А. Корнеев
Тел. отдела: +7(843) 272-12-02

г. Казань
2023 г.

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на установки поверочные автоматизированные УПРС+ (далее – установки).

Прослеживаемость установок к Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (часть 1/часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 (далее – ГПС).

В методике поверки реализованы методы передачи единиц величин сличием при помощи эталона сравнения, непосредственным сличием и методом косвенных измерений.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики установок

Наименование характеристики	Значение характеристики							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Средства измерений массы и/или объема жидкости в потоке, массового и/или объемного расхода жидкости, входящие в состав установки	весовые устройства, мерники				расходомеры			
	–	ТПУ						
Индекс точности установки	1	2	3	4	1	2	3	
Наименьший расход, $Q_{\text{нам}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$ ($\text{т}/\text{ч}$) ³⁾	от 0,001 до 400 ²⁾							
Переходный расход, Q_n ¹⁾ , $\text{м}^3/\text{ч}$ ($\text{т}/\text{ч}$) ³⁾	от 0,002 до 800 ²⁾							
Наибольший расход, $Q_{\text{наиб}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$ ($\text{т}/\text{ч}$) ³⁾	от 2 до 2000 ²⁾	от 2 до 4000 ²⁾				от 2 до 4000 ²⁾		
Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) в диапазоне расходов от $Q_{\text{нам}}$ до Q_n , при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости, %, (\pm) ³⁾	от 0,040 до 5,0 ²⁾	от 0,06 ²⁾ до 5,0 ²⁾	от 0,10 ²⁾ до 5,0 ²⁾	от 0,30 ²⁾ до 5,0 ²⁾	от 0,065 ²⁾ до 5,0 ²⁾	от 0,10 ²⁾ до 5,0 ²⁾	от 0,30 ²⁾ до 5,0 ²⁾	
Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) в диапазоне расходов от Q_n до $Q_{\text{наиб}}$, при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости, %, (\pm) ³⁾	от 0,040 до 0,060	от 0,06 ²⁾ до 0,10	от 0,10 ²⁾ до 0,30	от 0,30 ²⁾ до 1,0	от 0,065 ²⁾ до 0,10	от 0,10 ²⁾ до 0,30	от 0,30 ²⁾ до 1,0	
Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) в диапазоне расходов от $Q_{\text{нам}}$ до Q_n , при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости, %, (\pm) ³⁾	от 0,045 до 5,0 ²⁾	от 0,06 ²⁾ до 5,0 ²⁾	от 0,10 ²⁾ до 5,0 ²⁾	от 0,30 ²⁾ до 5,0 ²⁾	от 0,065 ²⁾ до 5,0 ²⁾	от 0,10 ²⁾ до 5,0 ²⁾	от 0,30 ²⁾ до 5,0 ²⁾	

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) в диапазоне расходов от Q_n до $Q_{\text{нам}}$, при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости, %, $(\pm)^3)$	от 0,045 до 0,060	от 0,06 ²⁾ до 0,10	от 0,10 ²⁾ до 0,30	от 0,30 ²⁾ до 1,0	от 0,065 ²⁾ до 0,10	от 0,10 ²⁾ до 0,30	от 0,30 ²⁾ до 1,0
где $Q_{\text{нам}}$ – наименьший расход; $Q_{\text{нам}}$ – наибольший расход; Q_n – переходный расход.							
¹⁾ При наличии переходного расхода Q_n .							
²⁾ Включительно.							
³⁾ Конкретное значение указывается в руководстве по эксплуатации на установку.							

Примечания

1 При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой поверки следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

2 Допускается проводить поверку установки, используемой для измерений (воспроизведения) меньшего числа единиц величин (масса жидкости в потоке и/или объем жидкости в потоке и/или объемный расход жидкости и/или массовый расход жидкости) и/или с меньшим диапазоном измерений (воспроизведения) единиц величин (массы и/или объема жидкости в потоке, массового и/или объемного расходов жидкости), и/или поверку отдельных автономных блоков из состава установки (установка на базе: весовых устройств и/или расходомеров и/или мерников и/или ТПУ), на основании оформленного в произвольной форме письменного заявления владельца установки или лица, представившего установку на поверку, с указанием применяемых величин и/или диапазонов и/или отдельных (автономных) измерительных блоков установки. Информация об объеме сокращенной поверки должна быть опубликована в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки средства измерений (далее – поверка) выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

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

Примечания

1 Первичную и периодическую поверки установок с индексом точности 1 исполнений В и М проводят сличением при помощи эталона сравнения

2 Первичную поверку установок с индексами точности 1, 2, 3 исполнения Р и индексами точности 2, 3, 4 исполнений В, М и Т проводят сличением при помощи эталона сравнения, или непосредственным сличением, или методом косвенных измерений и сличением при помощи эталона сравнения, или методом косвенных измерений и непосредственным сличением

3 Периодическую поверку установок методом косвенных измерений допускается проводить только в том случае, если первичная поверка проведена с использованием данного метода

3 Требования к условиям проведения поверки

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

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

- температура, °С от +10 до +30
- давление, МПа от 0,025 до 2

Окружающая среда – воздух с параметрами:

- температура, °С от +10 до +30
- относительная влажность, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 107.

Попадание воздуха в измерительный участок установок не допускается.

Примечание – Для установок с пределами допускаемой относительной погрешности (доверительными границами суммарной погрешности) до $\pm 0,060\%$ – температура окружающего воздуха и измеряемой среды (жидкости) от +15 °С до +25 °С.

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

3.3 Условия поверки должны соответствовать требованиям данного раздела, требованиям эксплуатационной документации поверяемой установки, требованиям эксплуатационной документации применяемых средств поверки.

3.4 Если срок периодической поверки средств измерений из состава установки наступает до срока периодической поверки установки, или появилась необходимость проведения внеочередной поверки средств измерений, то поверяется только это средство измерений, при этом внеочередную поверку установки не проводят.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

При проведении поверки специалисты должны соответствовать следующим требованиям:

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

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимым для проведения поверки, перечень рекомендуемых для применения средств поверки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки, перечень средств поверки, рекомендуемых для применения при поверке

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень средств поверки, рекомендуемых для применения при поверке
1	2	3
Пункт 10.2 Определение погрешности измерительного канала интервалов времени измерений	Рабочий эталон единицы времени 5 разряда согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360, диапазон интервалов времени от 30 до 600 с	Частотомеры электронно-счетные ЧЗ-85/4, ЧЗ-85/5, ЧЗ-85/6, регистрационный номер 56478-14 (далее – частотомер)
Пункт 10.3 Определение погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов	Средство измерений (воспроизведения) согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360, диапазон измерения (воспроизведения) от 100 до 10000 Гц	Калибраторы-измерители унифицированных сигналов эталонные «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000», регистрационный номер 85582-22 (далее – калибратор)
	Рабочий эталон единицы частоты 5 разряда согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360, диапазон частот от 100 до 10000 Гц, с возможностью счета импульсов в необходимом количестве	Частотомеры электронно-счетные ЧЗ-85/4, ЧЗ-85/5, ЧЗ-85/6; калибраторы-измерители унифицированных сигналов эталонные «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000», регистрационный номер 85582-22 (далее – калибратор)
Пункт 10.4 Определение погрешности измерительного канала аналоговых сигналов	Рабочий эталон согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091, диапазон измерений ± 25 мА (при наличии канала силы постоянного электрического тока)	Калибраторы-измерители унифицированных сигналов эталонные «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000», регистрационный номер 85582-22 (далее – калибратор)
	Рабочий эталон единицы постоянного электрического напряжения согласно ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3457, в диапазоне значений от 0,5 до 10 В с доверительными границами (относительной погрешностью) не более $\pm 0,025\%$ (при наличии канала силы постоянного электрического напряжения)	Калибраторы-измерители унифицированных сигналов эталонные «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000», регистрационный номер 85582-22 (далее – калибратор)

Продолжение таблицы 3

1	2	3
	Изложены в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ГЭТ 63-2019) (для установок с индексом точности 1 исполнений В или М)	Государственный первичный специальный эталон единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 (далее – эталон)
Пункт 10.5.1 (10.5.2) Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости сличием при помощи эталона сравнения (непосредственным сличием)	Вторичный эталон согласно ГПС (часть 1 или часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356) с необходимым диапазоном расходов (для установок с индексом точности 2 исполнений В, М или Т, и для установок с индексом точности 1 исполнения Р)	Установки поверочные автоматизированные УПРС+, регистрационный номер 77099-19 (далее – эталон)
	Рабочий эталон 1-го разряда согласно ГПС (часть 1 или часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 с необходимым диапазоном расходов (для установок с индексом точности 3 исполнений В, М или Т, и для установок с индексом точности 2 исполнения Р)	Установки поверочные автоматизированные УПРС+, регистрационный номер 77099-19 (далее – эталон)
	Рабочий эталон 2-го разряда согласно ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 с необходимым диапазоном расходов (для установок с индексом точности 4 исполнений В, М или Т, и для установок с индексом точности 3 исполнения Р)	Установки поверочные автоматизированные УПРС+, регистрационный номер 77099-19 (далее – эталон)

Продолжение таблицы 3

1	2	3
Пункт 10.5.3.1.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда в соответствии с ГПС (часть 2), при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств	<p>Рабочий эталон единицы массы 4 разряда согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 04.07.2022 № 1622, с номинальным значением 20 кг; и в диапазоне номинальных значений до 10 кг (при необходимости) <i>и (или) комплект следующих средств:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – рабочий эталон единицы массы, 4 разряда согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 04.07.2022 № 1622, в диапазоне номинальных значений до 10 кг (при необходимости); – рабочий эталон единицы массы 3 разряда согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 04.07.2022 № 1622, с номинальным значением массы 20 кг; – компаратор массы со значением сравниваемых масс 20 кг и СКО не более 133 мг³⁾; – балластный груз в необходимом количестве <p>Средство измерений плотности. Диапазон измерений от 0,95 до 1,05 г/см³, погрешность ± 0,0001 г/см³</p>	<p>Гири с номинальным значением массы 20 кг класса точности М1 параллелепипедной формы, регистрационный номер 811-08</p> <p>Набор гирь (1 kg – 10 kg) М₁, регистрационный номер 52768-13;</p> <p>Гири от 1 мг до 20 кг классов точности Е₁, Е₂, F₁, F₂, М₁, регистрационный номер 58048-14 (далее – эталон);</p> <p>Гирия эталонная 20 кг класса точности F₂, регистрационный номер 58048-14;</p> <p>Гири 20 кг в качестве балластного груза;</p> <p>Весы МС с функцией компаратора, мод. МС-30К, регистрационный номер 72386-18;</p> <p>Компаратор массы Х, мод. XPR26003LC, регистрационный номер 70168-18;</p> <p>Измеритель плотности жидкости вибрационный ВИП-2МР, регистрационный № 27163-09 (далее – плотномер)</p>

Продолжение таблицы 3

1	2	3
Пункт Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении мерников 10.5.3.2	<p><i>Гравиметрический метод передачи единиц</i></p> <p>Рабочий эталон 5 разряда в соответствии с ГПС утвержденной приказом Росстандарта от 04.07.2022 № 1622, весы неавтоматического действия с диапазонами измерений с необходимым диапазоном измерений и пределами допускаемой относительной погрешности 0,01%;</p> <p>Средство измерений плотности. Диапазон измерений от 0,95 до 1,05 г/см³, погрешность ± 0,0001 г/см³</p> <p><i>и (или) комплект следующих средств:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – рабочий эталон единицы массы 3 разряда согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 04.07.2022 № 1622, с номинальным значением массы 20 кг; – компаратор массы со значением сравниваемых масс 20 кг и СКО не более 133 мг³; <p>балластный груз в необходимом количестве;</p> <p>Средство измерений плотности. Диапазон измерений от 0,95 до 1,05 г/см³, погрешность ± 0,0001 г/см³</p> <p><i>Объемный метод передачи единиц</i></p> <p>Рабочий эталон 1 разряда в соответствии с ГПС (часть 3, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356) с необходимым номинальным значением (допускается применение меньшего номинального значения от номинального значения эталона)</p>	<p><i>Гравиметрический метод передачи единиц</i></p> <p>Весы напольные высокоточные взрывозащищенные IFXS4-300LI-L, рег. № 85756-22 (далее – эталон)</p> <p>Измеритель плотности жидкости вибрационный ВИП-2МР, регистрационный № 27163-09 (далее – плотномер)</p> <p><i>и (или) комплект следующих средств:</i></p> <p>Гиры с номинальным значением массы 20 кг класса точности M₁ параллелепипедной формы, регистрационный номер 811-08 (далее – эталон)</p> <p>Набор гирь (1 kg – 10 kg) M₁, регистрационный номер 52768-13;</p> <p>Гиры от 1 мг до 20 кг классов точности E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, регистрационный номер 58048-14 (далее – эталон);</p> <p>Гиры 20 кг в качестве балластного груза (далее – эталон);</p> <p>Весы МС с функцией компаратора, мод. МС-30К, регистрационный номер 72386-18;</p> <p>Компаратор массы X, мод. XPR26003LC, регистрационный номер 70168-18;</p> <p>Весы-компаратор МСII, мод. МСII-21К, рег. № 42987-09;</p> <p>Весы лабораторные ВМ, мод. ВМ24001, регистрационный номер 36468-07;</p> <p>Измеритель плотности жидкости вибрационный ВИП-2МР, регистрационный номер 27163-09 (далее – плотномер)</p> <p><i>Объемный метод передачи единиц</i></p> <p>Мерники металлические эталонные 1-го разряда М1Р, регистрационный номер 67392-17 (далее – эталон)</p>

Окончание таблицы 3

1	2	3
Примечания		
1 Балластный груз – гиры класса точности М ₁ или любые другие с номинальным значением массы каждой гири 20 кг и общей массой, соответствующей наибольшему пределу измерения весового устройства установки, с учетом массы мерника или резервуара (если применимо) (допускается в качестве балластного груза использовать специально изготовленный набор металлических изделий постоянной массы (дисков, колец, стержней, пластин квадратной, прямоугольной, круглой, любой другой формы и геометрии) с номинальной массой по 20 кг без нормирования погрешности, конструкция (форма) которых обеспечивает удобное, рациональное расположение груза на конструктивных элементах (платформе) весового устройства (мерника в составе установки, расположенному на весовом устройстве) и возможность передачи единицы массы от рабочих эталонов единицы массы 3 разряда согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 04.07.2022 № 1622). Количество гирь определяется номинальными значениями массы гирь и наибольшим пределом измерения массы весовым устройством установки, с учетом массы мерника или резервуара (если применимо).		
2 Эталоны и средства измерений, используемые в качестве средств поверки, должны быть аттестованы или иметь действующие положительные сведения о поверке, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;		
3 Кроме средств поверки, рекомендуемых для применения при поверке установки, допускается применение аналогичных средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемой установке.		
4 При проведении поверки установки на базе весовых устройств методом косвенных измерений (для рабочих эталонов 1 разряда/2 разряда/3 разряда единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости в соответствии с ГПС (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356), выбирают средства поверки согласно МИ 3665–2022 «Рекомендация. ГСИ. Установки поверочные. Методика поверки» (далее – МИ 3665-2022).		
5 При проведении поверки установки на базе ТПУ методом косвенных измерений, выбирают средства поверки согласно ГОСТ Р 8.1027-2023 «ГСИ. Установки трубопоршневые. Методика поверки» (далее – ГОСТ Р 8.1027-2023).		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие требования (условия):

– правил техники безопасности, действующих на месте проведения поверки;

– правил безопасности при эксплуатации средств поверки и установки, приведенных в их эксплуатационных документах;

– правил по охране труда, действующих на месте проведения поверки.

6.2 К средствам поверки и установке обеспечивают свободный доступ.

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

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

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

– комплектность и маркировка установки должны соответствовать эксплуатационным документам;

– на установке не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, препятствующих ее применению и способных оказать влияние на результаты измерений (проверки);

– на установке должна быть возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства (при наличии в составе установки расходомеров).

Результат внешнего осмотра считают положительным, если комплектность и маркировка установки соответствует эксплуатационным документам, на установке отсутствуют внешние механические повреждения и дефекты, препятствующие ее применению, на установке присутствует возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства (при наличии в составе установки расходомера), или отрицательным, если комплектность и маркировка установки не соответствуют эксплуатационным документам, на установке присутствуют внешние механические повреждения и/или дефекты, препятствующие ее применению, и/или на установке отсутствует возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства (при наличии в составе установки расходомеров). При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

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

8.2 Опробование

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

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

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

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

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

Для определения идентификационных данных ПО установки необходимо:

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

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

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение диапазона расхода, воспроизводимого установкой

Диапазон расхода жидкости, воспроизводимый установкой, определяется нижним и верхним значениями расхода на измерительных линиях:

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

– нижний предел определяется наименьшим значением расхода, зафиксированным средством измерений расхода наименьшего номинального диаметра, находящимся в соответствующей линии установки;

Для этого согласно руководству по эксплуатации устанавливают поочередно наименьший и наибольший расходы жидкости в измерительных линиях установки и не менее 30 секунд регистрируют значение расхода по показаниям установки.

10.2 Определение погрешности измерительного канала интервалов времени измерений

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массового и/или объемного расходов жидкости методом косвенных измерений, исключением является определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда/3 разряда в соответствии с ГПС (часть 1), при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств.

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

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

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

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

Фиксируют показания частотомера и установки. Количество измерений должно быть не менее пяти. Обработку результатов измерений проводят по 11.2.

10.3 Определение погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов

Данный пункт выполняется при наличии измерительных каналов частотно-импульсных сигналов.

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

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

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

Измерения проводятся в режиме поверки средства измерений с частотно-импульсным сигналом. Интервал измерения выбирают так, чтобы набранное количество импульсов было не менее 10000 (время измерений не менее 30 с).

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

Набранное количество импульсов СУСОИ, сравнивают с количеством импульсов по показаниям частотомера. Измерения повторяют не менее пяти раз на каждой частоте следования импульсов.

Операцию проводят для каждого измерительного канала частотно-импульсных сигналов установки (при определении пределов допускаемой относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и/или объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении расходомеров методом косвенных измерений проверяют измерительные каналы частотно-импульсных сигналов, к которым подключаются расходомеры, входящие в состав установки $\delta_{\Sigma PC_CK}$).

Обработку результатов измерений проводят по 11.3.

10.4 Определение погрешности измерительного канала аналоговых сигналов

Данный пункт выполняется при наличии измерительного канала аналоговых сигналов.

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

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

Подготавливают калибратор к работе в режиме воспроизведения соответствующей аналоговой величины и подсоединяют его к входным клеммам соответствующего измерительного канала аналоговых сигналов. На калибраторе последовательно устанавливают значения величины, соответствующие точкам измерений 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 % от верхнего значения предела измерений аналогового сигнала. На каждой точке проводят не менее 5 измерений.

Допускается смещать: точку измерений 20 % от верхнего значения предела измерений аналогового сигнала на значение +10 % от выбранной точки; точки измерений 40 %, 60 %, 80 % от верхнего значения предела измерений аналогового сигнала на значение $\pm 10\%$ от выбранной точки; точку измерений 100 % от верхнего значения предела измерений аналогового сигнала на значение -10 % от выбранной точки.

С устройства индикации установки считывают результаты измерений выбранного канала.

Операцию повторяют для каждого измерительного канала аналоговых сигналов установки. Обработку результатов измерений проводят по 11.4.

10.5 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости сличием при помощи эталона сравнения и/или непосредственным сличием и/или методом косвенных измерений

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

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

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

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

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

При поверке по массе и объему жидкости в потоке, массовому и объемному расходу в каждой точке расхода соответствующего РЭС проводят не менее семи измерений для установок с индексом точности 1 исполнений В, М, не менее пяти измерений для остальных исполнений.

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

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

Количество измерений в каждой точке расхода должно быть не менее пяти. Расход устанавливается с допуском $\pm 5\%$.

Допускается для проведения поверки установки при применении расходомеров применять весовые устройства и/или мерники, входящие в состав установки, при условии, что установка при применении весовых устройств предварительно прошла п. 10.5.1 и п. 11.5 или п. 10.5.3.1 и 11.6.1 с положительным результатом (с необходимой для проведения поверки относительной погрешностью (доверительной границей суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении) необходимой единицы величины при применении весовых устройств), при применении мерников предварительно прошла п. 10.5.1 и п. 11.5 или п. 10.5.3.2 и 11.6.2 с положительным результатом (с необходимой для проведения поверки относительной погрешностью (доверительной границей суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении) необходимой единицы величины при применении мерников).

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

В зависимости от состава относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости определяют при применении:

- весовых устройств п. 10.5.3.1 и п. 11.6.1;
- мерников п. 10.5.3.2 и п. 11.6.2;
- ТПУ 10.5.3.3 и п. 11.6.3;
- расходомеров 10.5.3.4 и п. 11.6.4.

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

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

10.5.3.1.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда/3 разряда в соответствии с ГПС (часть 1), при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств

10.5.3.1.2.1 Для установок, применяемых в качестве эталона 1 разряда/2 разряда/3 разряда в соответствии с ГПС (часть 1), выполняют поверку установки согласно МИ 3665–2022. Полученные значения доверительных границ суммарной погрешности (относительной погрешности) установки при воспроизведении единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости суммируют с наибольшей погрешностью измерительного канала частотно-импульсных сигналов или измерительного канала аналоговых сигналов, полученной в 11.3 (11.4).

10.5.3.1.3 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда в соответствии с ГПС (часть 2), при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств

10.5.3.1.3.1 Для установок, применяемых в качестве эталона 1 разряда/2 разряда в соответствии с ГПС (часть 2) определяют:

- a) относительную погрешность весовых устройств (11.6.1.2);

б) погрешность измерительного канала массы жидкости, обусловленную работой переключателя потока (11.6.1.2);

в) погрешность измерительного канала плотности жидкости и атмосферного воздуха (11.6.1.2).

10.5.3.1.3.1.1 Определение относительной погрешности весовых устройств

Относительную погрешность весовых устройств (далее – ВУ) определяют последовательным нагружением эталонных гирь и/или балластного груза, равномерно размещая на платформе весового устройства. Груз может устанавливаться непосредственно в/на весовую емкость, если такое нагружение предусмотрено ее конструкцией.

Примечание – В случае использования компаратора массы, рабочего эталона единицы массы 3 разряда (таблица 3) и (или) балластного груза балластный груз предварительно пронумеровывают и определяют действительную массу каждого груза.

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

Если для нагружения гирами ВУ требуется съем весовой емкости с ВУ, то необходимо нагрузить ВУ массой, приблизительно равной массе весовой емкости, и обнулить показания ВУ.

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

Нагружать ВУ свыше 50 % верхнего значения рабочего диапазона взвешивания допускается способом последовательных замещений. Для этого ВУ нагружают гирами до нагрузки не менее 50 % верхнего значения рабочего диапазона взвешивания. Затем гири снимают, весы обнуляют, а в весовой бак в качестве балласта наливают такое же количество жидкости. Массу жидкости определяют по показаниям ВУ. Замещение гирь жидкостью проводят необходимое число раз вплоть до верхнего значения рабочего диапазона взвешивания. При этом каждый цикл нагружения жидкостью начинают с полностью разгруженного и обнуленного состояния весов. Относительную погрешность весовых устройств в каждой точке нагружения рассчитывают по формуле (65).

10.5.3.1.3.1.2 Определение погрешности измерительного канала массы жидкости, обусловленной работой переключателя потока

Для определения погрешности измерительного канала массы жидкости, обусловленной работой переключателя потока, в зависимости от диапазона расхода жидкости для каждого переключателя потока, входящего в состав установки, выбирают следующие точки расхода: наименьший ($Q_{M\min}$), т/ч, наибольший ($Q_{M\max}$), т/ч и 0,5 от суммы наибольшего и наименьшего расходов – $(0,5 \cdot (Q_{M\max} + Q_{M\min}))$, т/ч.

Допускается смещать точки расхода на величину до $\pm 5\%$.

Для каждой точки расхода выбирают не менее пяти значений интервала времени измерений, в течение которого жидкость поступает в весовое устройство: наибольшее (t_1 , с), наименьшее (t_5 , с), средние арифметические значения ($t_2 = 0,5 \cdot (t_1 + t_3)$, с), ($t_3 = 0,5 \cdot (t_1 + t_5)$, с) и ($t_4 = 0,5 \cdot (t_3 + t_5)$, с).

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

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

При каждом измерении записывают значения массы жидкости в потоке, массового расхода жидкости и интервала времени измерений, рассчитывают их средние арифметические значения. Обработку результатов производят по формулам (66) – (87).

10.5.3.1.3.1.3 Определение погрешности измерительного канала плотности жидкости и воздуха

Погрешность измерительного канала плотности жидкости и воздуха определяют при наличии в составе установки весовых устройств и при измерениях массы или объема жидкости в потоке косвенным методом с использованием величины плотности измеряемой среды.

Погрешность измерительного канала плотности жидкости при ее взвешивании весовым устройством обусловлена пределами допускаемой погрешности используемого средства измерения плотности жидкости и погрешностью измерения её температуры установкой, при измерении расходомером – пределами допускаемой погрешности используемого средства измерения плотности жидкости, погрешностью измерения её температуры и избыточного давления в трубопроводе установкой.

Для определения погрешности измерительного канала плотности жидкости необходимо выполнить следующие действия:

а) предварительно с помощью плотномера провести измерение плотности жидкости, используемой в установке, при 20 °С и атмосферном давлении;

б) результат измерения плотности жидкости и значения температуры и давления при этом ввести в СУСОИ установки;

в) исходя из пределов допускаемой погрешности используемого средства измерения плотности жидкости, погрешности средства измерения ее температуры и избыточного давления (если применимо) в составе установки, рассчитать погрешность измерительного канала плотности жидкости в соответствии с 11.6.1.2 по формулам (88), (89).

Погрешность измерительного канала воздуха обусловлена пределами допускаемых погрешностей используемых средств измерения температуры воздуха, относительной влажности и атмосферного давления.

При определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при косвенном измерении (воспроизведении единиц) массы или объема жидкости в потоке учитывают составляющие погрешности измерительного канала плотности жидкости и воздуха.

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

Данный пункт выполняется при наличии мерников в составе установки.

При наличии действующих положительных сведений о поверке на мерник, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, определяют относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при воспроизведении единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости при применении мерников с учетом влияния измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов) канала интервалов времени измерений, измерительного канала объема жидкости (переключателя потока) и средства измерений плотности.

В других случаях определяют вместимость мерника на отметке номинальной вместимости гравиметрическим методом, который может быть осуществлен одним из четырех способов (10.5.3.2.1, 10.5.3.2.2, 10.5.3.2.3 или 10.5.3.2.4) или объемным методом передачи единиц (10.5.3.2.5), изложенных ниже. мерника определяют по и вычисляют относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при воспроизведении единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости при применении мерников с учетом влияния измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), канала интервалов времени измерений, измерительного канала объема жидкости (переключателя потока) и средства измерений плотности.

Обработку результатов проводят по 11.6.2.

10.5.3.2.1 Определение вместимости мерника на отметке номинальной вместимости методом прямого взвешивания

10.5.3.2.1.1 Мерник устанавливают на платформе эталона (весов) (по уровню при помощи ампулы уровня мерника, обеспечивая вертикальность положения горловины).

10.5.3.2.1.2 При наличии у весов функции тарирования (сброса веса тары), показания весов устанавливают на ноль, путем тарирования. При отсутствии функции тарирования регистрируют показания весов.

10.5.3.2.1.3 Мерник заполняют измеряемой средой (через наливной патрубок (впускной кран) или через горловину для мерников с верхним наливом) до соответствующей отметки номинальной вместимости на шкале горловины. Для мерника с горловиной с водосливом на номинальную вместимость необходимо заполнить мерник измеряемой средой на расстоянии нескольких миллиметров от верхней части горлышка (в случае измерения температуры измеряемой среды в мернике).

10.5.3.2.1.4 В случае заполнения мерника измеряемой средой через наливной патрубок необходимо после заполнения закрыть выпускной кран и при помощи бумажных полотенец впитать излишки измеряемой среды в канале (до выпускного крана, запорной арматуры) наливного патрубка.

10.5.3.2.1.5 Выдерживают 10 мин.

10.5.3.2.1.6 Проводят измерения температуры измеряемой среды в мернике или температуру измеряемой среды в резервуаре (место хранения измеряемой среды), а затем удаляют (убирают) датчики температуры. Допускается производить замеры при помощи термокармана мерника, принимая температуру мерника равной температуре измеряемой среды.

10.5.3.2.1.7 Для мерника с горловиной с водосливом на номинальную вместимость необходимо произвести завершение заполнение мерника, чтобы измеряемая среда поднялась выше верхней части горловины мерника из-за поверхностного натяжения (в случае измерения температуры измеряемой среды в мернике).

10.5.3.2.1.8 Измеряют и регистрируют температуру, атмосферное давление и относительную влажность окружающей среды в помещении.

10.5.3.2.1.9 Взвешивают заполненный мерник с измеряемой средой и регистрируют показания весов.

10.5.3.2.1.10 Снимают мерник с платформы весов (чтобы свести к нулю эффекты гистерезиса), в случае невозможности снятия заполненного мерника с измеряемой средой, выполняют операцию 10.5.3.2.1.11.

10.5.3.2.1.11 Сливают измеряемую среду из мерника. Сливают измеряемую среду сплошной струей и выполняют выдержку на слив капель: для мерника с сливным краном в течение 60 с, для мерника с верхним сливом в течение 30 с.

10.5.3.2.1.12 После указанной выдержки сливной кран закрывают. Мерник с верхним сливом возвращают в положение «горловина сверху».

10.5.3.2.1.13 Операции по 10.5.3.2.1.1–10.5.3.2.1.12 повторяют. Количество операций для обработки результатов должно быть не менее 5 измерений.

10.5.3.2.2 Определение вместимости мерника на отметке номинальной вместимости методом предварительного взвешивания

Данный метод используется для поверки мерников с отметкой номинальной вместимости на шкале горловины, которые имеют габаритные размеры, превышающие возможность размещения на платформе эталона или, имеют вместимость, что масса мерника с заполненной измеряемой средой, не позволяют производить манипуляции с перемещениями.

10.5.3.2.2.1 Производят установку эталона (весов) выше рабочей зоны (выше мерника) с установкой в центре платформы весов резервуара (для измеряемой среды);

10.5.3.2.2.2 При наличии у весов функции тарирования (сброса веса тары), показания весов устанавливают на ноль, путем тарирования. При отсутствии функции тарирования регистрируют показания весов.

10.5.3.2.2.3 Мерник устанавливают в соответствующем месте на полу (по уровню при помощи ампулы уровня мерника, обеспечивая вертикальность положения горловины), чтобы его можно было заполнить путем слива из резервуара.

10.5.3.2.2.4 Резервуар заполняют измеряемой средой.

10.5.3.2.2.5 Регистрируют показания весов с заполненным резервуаром.

10.5.3.2.2.6 Измеряют и регистрируют температуру, атмосферное давление и относительную влажность окружающей среды в помещении.

10.5.3.2.2.7 Сливают измеряемую среду из резервуара в мерник без потери измеряемой среды.

10.5.3.2.2.8 Выдерживают 10 мин.

10.5.3.2.2.9 Измеряют температуру измеряемой среды в мернике или температуру измеряемой среды в резервуаре, а затем удаляют (убирают) датчики температуры. Допускается производить замеры при помощи термокармана мерника, принимая температуру мерника равной температуре измеряемой среды.

10.5.3.2.2.10 Регистрируют показания весов.

10.5.3.2.2.11 Снимают резервуар с платформы весов и устанавливают его на место.

10.5.3.2.2.12 Сливают измеряемую среду из мерника. Сливают измеряемую среду сплошной струей и выполняют выдержку на слив капель в течение 60 с.

10.5.3.2.2.13 После указанной выдержки сливной кран закрывают.

10.5.3.2.2.14 Допускается выполнять операции с 10.5.3.2.2.2 по 10.5.3.2.2.13 до тех пор, пока поверяемый мерник не будет заполнен до отметки номинальной вместимости на шкале горловины (температуру измеряемой среды, температуру, атмосферное давление и относительную влажность окружающей среды в помещении делается на отметке номинальной вместимости).

Количество доз не должно превышать: 50 доз для мерников с доверительными границами суммарной погрешности от 0,050%; 20 доз для мерников с доверительными границами суммарной погрешности 0,02%.

10.5.3.2.2.15 При выполнении операции 10.5.3.2.2.14 массы, взвешенные по дозам, считают, как сумму масс измеряемой среды при каждом взвешивании дозы, по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m M_i, \quad (1)$$

где M — масса по показаниям эталона, кг;

i — индекс измерения;

m — число взвешиваемых доз.

10.5.3.2.2.16 Операции с 10.5.3.2.2.2 по 10.5.3.2.2.13 повторяют. Количество операции для обработки результатов должно быть не менее 5 измерений.

10.5.3.2.2 Определение вместимости мерника на отметке номинальной вместимости методом взвешивания «во вспомогательную емкость»

Данный метод выполняется путем заполнения мерника измеряемой средой до отметки номинальной вместимости и опорожнения в несколько сливаемых доз в вспомогательную емкость установленную на весах, которая каждый раз взвешивается без и с измеряемой средой. Этот метод используется, когда масса мерника, заполненного измеряемой средой превышает наибольшей предел взвешивания весов, но в случае применения вспомогательной емкости находящегося на весах, общую массу можно разделить на дозы с измеряемой средой находится в пределах взвешивания весов.

Количество доз не должно превышать: 50 доз для мерников с доверительными границами суммарной погрешности от 0,050%; 20 доз для мерников с доверительными границами суммарной погрешности 0,02%.

10.5.3.2.1 Устанавливают поверяемый мерник на соответствующей высоте (к примеру — металлическая площадка) над полом (мерник устанавливают по уровню при помощи ампулы уровня мерника, обеспечивая вертикальность положения горловины).

10.5.3.2.2 Мерник заполняют измеряемой средой (через наливной патрубок (впускной кран) или через горловину для мерников с верхним наливом) до соответствующей отметки номинальной вместимости на шкале горловины. Для мерника с горловиной с водосливом на номинальную вместимость заполняют мерник измеряемой средой на расстоянии нескольких миллиметров от верхней части горлышка (в случае измерения температуры измеряемой среды в мернике).

10.5.3.2.3 Выдерживают 10 мин.

10.5.3.2.4 Проводят измерения температуры измеряемой среды в мернике или температуру измеряемой среды в вспомогательной емкости (возможно при выполнении операции 10.5.3.2.9), а затем удаляют (убирают) датчики температуры. Допускается производить замеры при помощи термокармана мерника, принимая температуру мерника равной температуре измеряемой среды.

10.5.3.2.5 Для мерника с горловиной с водосливом на номинальную вместимость необходимо произвести завершение заполнение мерника, чтобы измеряемая среда поднялась выше верхней части горловины мерника из-за поверхностного натяжения (в случае измерения температуры измеряемой среды в мернике).

10.5.3.2.6 Измеряют и регистрируют температуру, атмосферное давление и относительную влажность окружающей среды в помещении.

10.5.3.2.7 Устанавливают весы ниже рабочей зоны с установкой в центре платформы весов вспомогательной емкости, вспомогательная емкость должна быть смочена.

10.5.3.2.8 При наличии у весов функции тарирования (броса веса тары), показания весов устанавливают на ноль, путем тарирования. При отсутствии функции тарирования регистрируют показания весов. Данная процедура проходит с установленной пустой вспомогательной емкостью на весах.

10.5.3.2.9 Сливают с поверяемого мерника в вспомогательную емкость измеряемую среду до наибольшего предела взвешивания весов.

10.5.3.2.10 Взвешивают и регистрируют показания весов с заполненной измеряемой средой вспомогательной емкости.

10.5.3.2.11 Сливают измеряемую среду из вспомогательной емкости. Сливают измеряемую среду сплошной струей и выполняют выдержку на слив капель в течение 30 с. Вспомогательную емкость возвращают на платформу весов (устанавливают по центру платформы весов).

10.5.3.2.12 Повторяют операции с 10.5.3.2.8 по 10.5.3.2.11 до полного слива измеряемой среды из мерника. По окончании слива последней дозы сплошной струей выполняют выдержку на слив капель: для мерника с сливным краном в течение 60 с, для мерника с верхним сливом в течение 30 с.

10.5.3.2.13 После указанной выдержки сливной кран закрывают. Мерники с верхним сливом возвращают в положение «горловина сверху».

10.5.3.2.14 Операции с 10.5.3.2.1 по 10.5.3.2.13 повторяют. Количество операции для обработки результатов должно быть не менее 5 измерений.

10.5.3.2.15 Взвешивания массы по дозам, считают, как сумму масс измеряемой среды при каждом взвешивании дозы, по формуле 1.

10.5.3.2.3 Определение вместимости мерника на отметке номинальной вместимости методом замещения

10.5.3.2.3.1 Производят замеры заполненного мерника на отметке номинальной вместимости по описанным операциям с 10.5.3.2.1.1 по 10.5.3.2.3.9 или с 10.5.3.2.2.1 по 10.5.3.2.2.10.

10.5.3.2.3.2 Сливают измеряемую среду из мерника или вспомогательной емкости. Сливают измеряемую среду сплошной струей и выполняют выдержку на слив капель: для мерника с сливным краном в течение 60 с, для мерника с верхним сливом и вспомогательной емкости в течение 30 с.

Примечание: в случае применения вспомогательной емкости, вспомогательная емкость не возвращают на платформу весов.

10.5.3.2.3.3 В случае снятия заполненного мерника с измеряемой средой для выполнении операции по пункту 10.5.3.2.3.2, мерник не возвращают на платформу весов.

10.5.3.2.3.4 Показания весов устанавливают на ноль, путем обнуления. Если мерник при выполнении операции по пункту 10.5.3.2.3.2 не снимался с платформы весов, то данный пункт операции не выполняется.

10.5.3.2.3.5 Устанавливают на платформу весов, гири эталона замещающие измеряемую среду, общей массой m_w , кг, близкой к измеренному значению I_m , и регистрируют показания весов I_w , кг.

10.5.3.2.3.6 Определяют поправку к показаниям эталона ΔI (при взвешивании i дозы $\Delta I_{(i)}$), кг, по формуле

$$\Delta I_{(i)} = (m_{W(i)} - I_{W(i)}) \cdot \frac{I_{m(i)}}{I_{W(i)}}, \quad (2)$$

где m_w – масса гирь установленных на платформу весов, кг. Определяют, как сумму значений масс гирь, взятых из паспорта эталона или по формуле Б.3 приложения Б;

I_m – показания весов при взвешивании мерника с измеряемой средой, кг;

I_W – показания весов при взвешивании гирь замещающих измеряемую среду, кг.

10.5.3.2.3.7 Результат взвешивания заполненного мерника с измеряемой средой (в i дозы) M , кг определяют по формуле

$$M = I_{m(i)} + \Delta I_{(i)}. \quad (3)$$

10.5.3.2.3.8 Вспомогательную емкость возвращают на платформу весов (при опорожнении мерника в несколько сливаемых доз).

10.5.3.2.3.9 Повторяют операции с пункта 10.5.3.2.3.1 по 10.5.3.2.3.8 до полного слива измеряемой среды из мерника. По окончании слива последней дозы сплошной струей выполняют выдержку на слив капель: для мерника с сливным краном в течение 60 с, для мерника с верхним сливом в течение 30 с.

10.5.3.2.3.10 После указанной выдержки сливной кран закрывают. Мерник с верхним сливом возвращают в положение «горловина сверху».

10.5.3.2.3.11 Массы, взвешенные по дозам, необходимо считать, как сумму масс измеряемой среды при каждом взвешивании дозы, по формуле (1).

10.5.3.2.3.12 Операции с 10.5.3.2.3.1 по 10.5.3.2.3.7 повторяют (при полном сливе за одну операцию). Операции с 10.5.3.2.3.1 по 10.5.3.2.3.10 повторяют (при опорожнении мерника в несколько сливаемых доз). Количество операции для обработки результатов должно быть не менее 5 измерений.

10.5.3.2.5 Определение вместимости мерника на отметке номинальной вместимости объемным методом передачи единиц

Данный метод используется для поверки мерников со шкалой на горловине и с верхним наливом и доверительными границами суммарной погрешности от 0,050 %.

10.5.3.2.5.1 Устанавливают и выравнивают этalon (при помощи ампулы уровня эталона, обеспечивая вертикальность положения горловины) на прочной приподнятой платформе (основании). Высота основания должна обеспечивать положение нижней образующей сливного патрубка эталона на уровне, не менее, чем на 200 мм выше уровня верхней отметки шкалы поверяемого мерника.

Резервуар с измеряемой средой должен быть установлен на высоте, обеспечивающей беспрепятственное заполнение эталона измеряемой средой самотеком.

10.5.3.2.5.2 Выравнивают мерник относительно приподнятого основания (мерник устанавливают по уровню при помощи ампулы уровня мерника, обеспечивая вертикальность положения горловины).

10.5.3.2.5.3 Заполняют этalon измеряемой средой до определенной отметки на шкале горловины или до предела горловины, допускаемого поверхностным натяжением (с горловиной с водосливом на номинальную вместимость).

10.5.3.2.5.4 Заполняют поверяемый мерник измеряемой водой (через горловину для мерников с верхним наливом) путем полного слива с эталона без потери измеряемой среды и выполняют выдержку на слив капель: для эталона с сливным краном в течение 60 с, для эталона с верхним сливом в течение 30 с.

10.5.3.2.5.5 Допускается выполнять операции с 10.5.3.2.5.3 по 10.5.3.2.5.4 до тех пор, пока поверяемый мерник не будет заполнен до отметки номинальной вместимости на шкале горловины.

Количество доз не должно превышать: 50 доз для мерников с доверительными границами суммарной погрешности от 0,050%.

10.5.3.2.5.6 Выдерживают 10 мин.

10.5.3.2.5.7 Измеряют температуру измеряемой среды в мернике или температуру измеряемой среды в резервуаре, а затем удалите (уберите) датчики температуры. Допускается производить замеры при помощи термокармана мерника, принимая температуру мерника равной температуре измеряемой среды.

10.5.3.2.5.8 Измеряют и регистрируют температуру, атмосферное давление и относительную влажность окружающей среды в помещении.

10.5.3.2.5.9 Если в поверяемом мернике измеряемая среда не совпадает с отметкой на номинальную вместимость производят заполнение с помощью колбы и/или пипетки и/или бюретки добавляют (отбирают) измеряемую среду до совмещения ее уровня с отметкой на номинальную вместимость.

10.5.3.2.5.10 Сливают измеряемую среду сплошной струей и выполняют выдержку на слив капель в течение 60 с.

10.5.3.2.5.11 Операции с 10.5.3.2.5.2 по 10.5.3.2.5.10 повторяют. Количество операции для обработки результатов должно быть не менее 5 измерений.

10.5.3.2.6 Определение вместимости горловины мерника и номинала цены деления шкалы

Определение вместимости горловины мерника определяется при последнем измерении в процессе поверки гравиметрическим методом:

10.5.3.2.6.1 Гравиметрический метод

Измерения выполняют в два этапа:

– определяют массу мерника с измеряемой средой $M_{\text{вг1}}$, кг, путем регистрации показаний весов на отметках нижней (начального значения) вместимости шкалы горловины и на номинальной вместимости шкалы горловины;

– определяют массу мерника с измеряемой средой $M_{\text{вг2}}$, кг, путем регистрации показаний весов на отметках номинальной вместимости шкалы горловины и верхней (конечного значения) вместимости шкалы горловины.

10.5.3.2.6.1.1 Произведите замеры заполненного мерника одним из способов гравиметрического метода, которые были описаны выше (пункт 10.5.3.2.1 или 10.5.3.2.2 или 10.5.3.2.3 или 10.5.3.2.4), на отметках нижней, номинальной и верхней вместимости шкалы горловины, и запишите показания весов.

10.5.3.2.6.1.2 При выполнении операции 10.5.3.2.6.1.1 по определению массы $M_{\text{вг1}}$ и $M_{\text{вг2}}$ необходимо считать, как сумму масс измеряемой среды вместимости горловины мерника по формуле

$$M_{\text{вг}} = M_{\text{вг1}} + M_{\text{вг2}}. \quad (4)$$

10.5.3.2.6.1.3 Произведите обработку результатов измерений в соответствии с пунктом 11.6.2.1.

10.5.3.2.6.2 Объемный метод

Измерения выполняют в два этапа:

– определяют вместимость горловины мерника $V_{\text{вг1}}$, dm^3 , путем регистрации показаний на отметках нижней (начального значения) вместимости шкалы горловины и на номинальной вместимости шкалы горловины;

– определяют вместимость горловины мерника $V_{\text{вг2}}$, dm^3 , путем регистрации показаний на отметках номинальной вместимости шкалы горловины и верхней (конечного значения) вместимости шкалы горловины.

10.5.3.2.6.2.1 Произведите замеры заполненного мерника объемным методом, который описан в пункте 10.5.3.2.5, на отметках нижней, номинальной и верхней вместимости шкалы горловины, и запишите их. Операция производится при помощи колбы и/или пипетки и/или бюретки путем добавления (отбиивания) измеряемой среды до совмещения ее уровня с необходимой отметкой. Значение вместимости горловины мерника $V_{\text{БГ}}$ определяют по формуле

$$V_{\text{БГ}} = V_{\text{БГ1}} + V_{\text{БГ2}}. \quad (5)$$

10.5.3.2.6.2.2 Количество операции для обработки результатов должно быть не менее 5 измерений.

10.5.3.2.6.2.3 Произведите обработку результатов измерений в соответствии с пунктом 11.6.2.2.

10.5.3.2.6.3 Определение номинала цены деления шкалы

Определение номинала цены деления шкалы определяют, как частное от деления вместимости горловины на число делений и произвести обработку результатов измерений в соответствии с пунктом 11.6.2.1 или 11.6.2.2.

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

Данный пункт выполняется при наличии ТПУ в составе установки.

Определение относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) установки при воспроизведении единиц массы жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости при применении ТПУ допускается проводить при наличии на средство измерений плотности, входящее в состав установки, действующих положительных сведений о поверке, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

При наличии действующих положительных сведений о поверке на ТПУ, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, определяют относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при воспроизведении единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости при применении ТПУ с учетом влияния измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов) канала интервалов времени измерений и средства измерений плотности.

В других случаях метрологические характеристики ТПУ определяют по ГОСТ Р 8.1027-2023, вычисляют относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при воспроизведении единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости с учетом влияния измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), канала интервалов времени измерений и средства измерений плотности.

Обработку результатов проводят по 11.6.3.

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

10.5.3.4.1 Данный пункт выполняется при наличии расходомеров в составе установки.

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

(доверительные границы суммарной погрешности) эталона должны быть меньше пределов допускаемой относительной погрешности расходомеров не менее чем в три раза.

Относительную погрешность расходомера определяют в трех равноудаленных точках расхода, включая наименьшую и наибольшую точки расхода, а также в точке, соответствующей переходному расходу (при наличии такого расхода и нормировании погрешности), для расходомера в зависимости от рабочего диапазона расходомера, указанного в эксплуатационной документации на установку.

Расход задается с точностью $\pm 5\%$. При каждом значении расхода проводят не менее пяти измерений. Время измерений не менее 30 с.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Определение диапазона расхода, воспроизводимого установкой

Результат считается положительным, если показания средств измерений стабильны (не превышают $\pm 5\%$ от номинального значения) в каждой точке расхода, а их значения соответствуют нормированным данным диапазонов измерений для каждой измерительной линии или отрицательным, если показания средств измерений не стабильны (превышают $\pm 5\%$ от номинального значения) в каждой точке расхода, а их значения не соответствуют нормированным данным диапазонов измерений для каждой измерительной линии. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.2 Определение погрешности измерительного канала интервалов времени измерений

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массового и/или объемного расходов жидкости методом косвенных измерений, исключением является определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда/3 разряда в соответствии с ГПС (часть 1), при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств.

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

$$\delta_{\text{вк},i} = \frac{t_{ji} - t_{\text{ЭТ},ji}}{t_{\text{ЭТ},ji}} \cdot 100, \quad (6)$$

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

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

11.3 Определение погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов

11.3.1 Определение среднего квадратического отклонения (далее – СКО) измерительного канала частотно-импульсных сигналов и неисключенной систематической погрешности (далее – НСП) измерительного канала частотно-импульсных сигналов

Данный пункт выполняется при наличии измерительных каналов частотно-импульсных сигналов.

Отклонение показаний измерительного канала частотно-импульсных сигналов от показаний частотомера $\delta_{\text{ЧК (РС ЧК),} i}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{ЧК (РС ЧК),} i} = \left(\frac{N_i - N_{\text{ЭТ}, i}}{N_{\text{ЭТ}, i}} \right) \cdot 100, \quad (7)$$

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

Среднее арифметическое отклонение показаний измерительного канала частотно-импульсных сигналов от показаний частотомера $\overline{\delta}_{\text{ЧК (РС ЧК),} j}$, %, вычисляют по формуле

$$\overline{\delta}_{\text{ЧК (РС ЧК),} j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{\text{ЧК (РС ЧК),} i}, \quad (8)$$

где n – количество измерений.

СКО измерительного канала частотно-импульсных сигналов в j -ой точке $S_{\text{ЧК (РС ЧК),} j}$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\text{ЧК (РС ЧК),} j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_{\text{ЧК (РС ЧК),} i} - \overline{\delta}_{\text{ЧК (РС ЧК),} j})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (9)$$

СКО с учетом влияния частотомера $S_{\text{ЧК (РС ЧК) ЭТ}}$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\text{ЧК (РС ЧК)}} = \sqrt{S_{\text{ЧК (РС ЧК) ЭТ}}^2 + S_{\text{ЧК (РС ЧК),} j \max}^2}, \quad (10)$$

где $S_{\text{ЧК (РС ЧК) ЭТ}}$ – СКО частотомера при измерении (воспроизведении единицы) импульсов, % (берут из паспорта на частотомер или из свидетельства о поверке (протокола поверки));
 \max – индекс наибольшего из значений.

Примечание – Если у частотомера не нормировано СКО при измерении (воспроизведении единицы) импульсов $S_{\text{ЧК (РС ЧК) ЭТ}}$, то СКО при измерении (воспроизведении единицы) импульсов $S_{\text{ЧК (РС ЧК)}}$ определяют без него.

НСП измерительного канала частотно-импульсных сигналов $\Theta_{\text{ЧК (РС ЧК)}}$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\text{ЧК (РС ЧК)}} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\text{ЧК (РС ЧК) ЭТ}}^2 + \overline{\delta}_{\text{ЧК (РС ЧК),} j \max}^2}, \quad (11)$$

где $\Theta_{\text{ЧК (РС ЧК) ЭТ}}$ – НСП частотомера при измерении (воспроизведении единицы) импульсов, %, (берут из паспорта на частотомер).

Примечание – Если у частотомера не нормировано НСП при измерении (воспроизведении единицы) импульсов $\Theta_{\text{ЧК ЧТ (РС ЧК)}}$, то допускается вместо НСП брать пределы допускаемой относительной погрешности частотомера при измерении (воспроизведении единицы) импульсов $\delta_{\text{ЧК (РС ЧК) ЧТ}}$.

СКО НСП измерительного канала частотно-импульсных сигналов $S_{\Theta_{\text{ЧК (РС ЧК)}}}$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta_{\text{ЧК (РС ЧК)}}} = \frac{\Theta_{\text{ЧК (РС ЧК)}}}{1,1 \cdot \sqrt{3}}. \quad (12)$$

Суммарное СКО измерительного канала частотно-импульсных сигналов $S_{\Sigma_{\text{ЧК (РС ЧК)}}}$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma_{\text{ЧК (РС ЧК)}}} = \sqrt{S_{\Theta_{\text{ЧК (РС ЧК)}}}^2 + S_{\text{ЧК (РС ЧК)}}^2}. \quad (13)$$

Фиксируют наибольшее значение $S_{\Sigma_{\text{ЧК (РС ЧК)}}}$, $\Theta_{\text{ЧК (РС ЧК)}}$ из серии измерений.

11.3.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) измерительного канала частотно-импульсных сигналов

Данный пункт выполняется только при поверке установки методом косвенных измерений.

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

$$K_{\Sigma_{\text{ЧК (РС ЧК)}}} = \frac{t_{0,95} \cdot S_{\text{ЧК (РС ЧК)}} + \Theta_{\text{ЧК (РС ЧК)}}}{S_{\text{ЧК (РС ЧК)}} + S_{\Theta_{\text{ЧК (РС ЧК)}}}}, \quad (14)$$

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

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) измерительного канала частотно-импульсных сигналов $\delta_{\Sigma_{\text{ЧК (РС ЧК)}}}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma_{\text{ЧК (РС ЧК)}}} = \pm K_{\Sigma_{\text{ЧК (РС ЧК)}}} \cdot S_{\Sigma_{\text{ЧК (РС ЧК)}}}. \quad (15)$$

Фиксируют значение $\delta_{\Sigma_{\text{ЧК (РС ЧК)}}}$.

11.4 Определение погрешности измерительного канала аналоговых сигналов

Данный пункт выполняется при наличии канала аналоговых сигналов.

11.4.1 Определение СКО измерительного канала аналоговых сигналов и НСП измерительного канала аналоговых сигналов

Отклонение показаний измерительного канала аналоговых сигналов от показаний калибратора %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{ак},j} = \left(\frac{I_{\text{ак},j} - I_{\text{эт},j}}{I_{\text{эт},j}} \right) \cdot 100, \quad (16)$$

где $I_{\text{ак},j}$ – значение аналогового сигнала по показаниям установки;

$I_{\text{эт},j}$ – значение аналогового сигнала по показаниям калибратора;

i – индекс измерения;

j – индекс точки.

Среднее арифметическое отклонение показаний измерительного канала аналоговых сигналов от показаний калибратора $\overline{\delta}_{\text{ак},j}$, %, вычисляют по формуле

$$\overline{\delta}_{\text{ак},j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{\text{ак},i}, \quad (17)$$

где n – количество измерений.

СКО измерительного канала аналоговых сигналов в j -ой точке $S_{\text{ак},j}$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\text{ак},j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_{\text{ак},i} - \overline{\delta}_{\text{ак},j})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (18)$$

СКО с учетом влияния калибратора $S_{\text{ак}}$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\text{ак}} = \sqrt{S_{\text{ак,эт}}^2 + S_{\text{ак, макс}}^2}, \quad (19)$$

где $S_{\text{ак,эт}}$ – СКО калибратора при измерении (воспроизведении единицы) постоянного электрического тока (напряжения), % (берут из паспорта на калибратор или из свидетельства о поверке (протокола поверки));

макс – индекс наибольшего из значений.

Примечание – Если у калибратора не нормировано СКО при измерении (воспроизведении единицы) постоянного электрического тока (напряжения) $S_{\text{ак,эт}}$, то СКО при измерении (воспроизведении единицы) постоянного электрического тока (напряжения) $S_{\text{ак}}$ определяют без него.

НСП измерительного канала аналоговых сигналов $\Theta_{\text{ак}}$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\text{ак}} = \pm 1,1 \sqrt{\Theta_{\text{ак,эт}}^2 + \overline{\delta}_{\text{ак, макс}}^2}, \quad (20)$$

где $\Theta_{\text{ак,эт}}$ – НСП калибратора при измерении (воспроизведении единицы) постоянного электрического тока (напряжения), %, (берут из паспорта на калибратор).

Примечание – Если у калибратора не нормировано НСП при измерении (воспроизведении единицы) постоянного электрического тока (напряжения) $\Theta_{\text{АК ЭТ}}$, то допускается брать вместо НСП пределы допускаемой относительной погрешности калибратора при измерении (воспроизведении единицы) постоянного электрического тока (напряжения) $\delta_{\text{АК ЭТ}}$.

СКО НСП измерительного канала аналоговых сигналов $S_{\Theta_{\text{АК}}}$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta_{\text{АК}}} = \frac{\Theta_{\text{АК}}}{1,1\sqrt{3}}. \quad (21)$$

Суммарное СКО измерительного канала аналоговых сигналов $S_{\Sigma_{\text{АК}}}$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma_{\text{АК}}} = \sqrt{S_{\Theta_{\text{АК}}}^2 + S_{\varepsilon_{\text{АК}}}^2}. \quad (22)$$

Фиксируют наибольшее значение $S_{\Sigma_{\text{АК}}}$, $\Theta_{\text{АК}}$ из серии измерений.

11.4.2 Определение относительной погрешности измерительного канала аналоговых сигналов

Данный пункт выполняется только при поверке установки методом косвенных измерений.

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

$$K_{\Sigma_{\text{АК}}} = \frac{t_{0,95} \cdot S_{\varepsilon_{\text{АК}}} + \Theta_{\text{АК}}}{S_{\varepsilon_{\text{АК}}} + S_{\Theta_{\text{АК}}}}, \quad (23)$$

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

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) измерительного канала аналоговых сигналов $\delta_{\Sigma_{\text{АК}}}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma_{\text{АК}}} = \pm K_{\Sigma_{\text{АК}}} \cdot S_{\Sigma_{\text{АК}}}. \quad (24)$$

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

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

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

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

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

$$\delta(V)_{ji} = \left(\frac{V_{ji} - V_{\text{ЭТ(ЭС)ji}}}{V_{\text{ЭТ(ЭС)ji}}} \right) \cdot 100, \quad (25)$$

где V – объем жидкости в потоке по показаниям установки, дм³;

$V_{\text{ЭТ(ЭС)}}$ – объем жидкости в потоке по показаниям эталона (ЭС), дм³;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

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

$$\overline{\delta(V)}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(V)_{ji}, \quad (26)$$

где n – количество измерений.

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

$$S(V)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(V)_{ji} - \overline{\delta(V)}_j)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (27)$$

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

$$S(V) = \sqrt{S(V)_{\text{ЭТ}}^2 + S(V)_{\text{ЭС}}^2 + S(V)_{j_{\max}}^2 + S_{\text{ЧК(АК)}}^2}, \quad (28)$$

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

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

$S_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшее значение СКО измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученное по 11.3 (11.4); j_{\max} – индекс наибольшего из значений.

Примечания

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

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

3 Значение $S(V)_{\text{ЭС}}$ не должно превышать 1/10 расширенной неопределенности измерений установки при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке, указанной в Государственной поверочной схеме для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2356.

4 Для установок с индексом точности 1 исполнений В и М, при определении $S_{\text{ЧК(АК)}}$, вычисляют только наибольшую погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов.

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

$$\Theta(V) = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(V)_{\text{ЭТ}}}{1,1}\right)^2 + \Theta(V)_{\text{ЭС}}^2 + \delta(V)_{\text{max}}^2 + \left(\frac{\Theta_{\text{ЧК(АК)}}}{1,1}\right)^2}, \quad (29)$$

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

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

$\Theta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшее значение НСП измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученное по 11.3 (11.4)

Примечания

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

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

3 Для установок с индексом точности 1 исполнений В и М, при определении $S_{\text{ЧК(АК)}}$, вычисляют только наибольшую погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов;

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

$$S_{\Theta}(V) = \frac{\Theta(V)}{1,1\sqrt{3}}. \quad (30)$$

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

$$S_{\Sigma}(V) = \sqrt{S(V)^2 + S_{\Theta}(V)^2}. \quad (31)$$

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

$$K_{\Sigma}(V) = \frac{t_{0,95} \cdot S(V) + \Theta(V)}{S(V) + S_{\Theta}(V)}, \quad (32)$$

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

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

$$\delta_{\Sigma}(V) = \pm K_{\Sigma}(V) \cdot S_{\Sigma}(V). \quad (33)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств и/или мерников, и/или расходомеров, и/или ТПУ не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств и/или мерников расходомеров и/или ТПУ превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

$$\delta(Q_V)_{ji} = \left(\frac{Q_{V_j} - Q_{V_{\text{ЭТСС}}j}}{Q_{V_{\text{ЭТСС}}j}} \right) \cdot 100, \quad (34)$$

где Q_V – объемный расход жидкости по показаниям установки, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{V_{\text{ЭТСС}}}$ – объемный расход жидкости по показаниям эталона (ЭС), $\text{м}^3/\text{ч}$;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

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

$$\overline{\delta(Q_V)}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(Q_V)_{ji}. \quad (35)$$

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

$$S(Q_v)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(Q_v)_{ji} - \overline{\delta(Q_v)}_j)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (36)$$

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

$$S(Q_v) = \sqrt{S(Q_v)_{\text{ЭТ}}^2 + S(Q_v)_{\text{ЭС}}^2 + S(Q_v)_{j \max}^2 + S_{\text{ЧК(АК)}}^2}, \quad (37)$$

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

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

$S_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшее значение СКО измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученное по 11.3 (11.4); \max – индекс наибольшего из значений.

Примечания

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

2 При непосредственном сличении СКО ЭС при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости $S(Q_v)_{\text{ЭС}}$ отсутствует;

3 Значение $S(Q_v)_{\text{ЭС}}$ не должно превышать 1/10 расширенной неопределенности измерений установки при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости, указанной в Государственной поверочной схеме для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2356;

4 Для установок с индексом точности 1 исполнений В и М, при определении $S_{\text{ЧК(АК)}}$ вычисляют только наибольшую погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов.

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

$$\Theta(Q_v) = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(Q_v)_{\text{ЭТ}}}{1,1}\right)^2 + \Theta(Q_v)_{\text{ЭС}}^2 + \overline{\delta(Q_v)}_{j \max}^2 + \left(\frac{\Theta_{\text{ЧК(АК)}}}{1,1}\right)^2}, \quad (38)$$

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

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

$\Theta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшее значение НСП измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученное по 11.3 (11.4).

Примечания

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

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

3 Для установок с индексом точности 1 исполнений В и М, при определении $\Theta_{\text{ЧК(АК)}}$, вычисляют только наибольшую погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов.

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

$$S_\Theta(Q_V) = \frac{\Theta(Q_V)}{1,1\sqrt{3}}. \quad (39)$$

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

$$S_\Sigma(Q_V) = \sqrt{S(Q_V)^2 + S_\Theta(Q_V)^2}. \quad (40)$$

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

$$K_\Sigma(Q_V) = \frac{t_{0,95} \cdot S(Q_V) + \Theta(Q_V)}{S(Q_V) + S_\Theta(Q_V)}. \quad (41)$$

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

$$\delta_\Sigma(Q_V) = \pm K_\Sigma(Q_V) \cdot S_\Sigma(Q_V). \quad (42)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении весовых устройств и/или мерников и/или расходомеров и/или ТПУ не превышают значений, указанных в таблице 1, или отрицательным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при весовых устройствах и/или мерниках и/или расходомерах и/или ТПУ превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

$$\delta(M)_{ji} = \left(\frac{M_{ji} - M_{\text{ЭТ(ЭС)и}}}{M_{\text{ЭТ(ЭС)и}}} \right) \cdot 100, \quad (43)$$

где M – масса жидкости в потоке по показаниям установки, кг;

$M_{\text{ЭТ(ЭС)}}$ – масса жидкости в потоке по показаниям эталона (ЭС), кг;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

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

$$\overline{\delta(M)}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(M)_{ji}, \quad (44)$$

где n – количество измерений.

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

$$S(M)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(M)_{ji} - \overline{\delta(M)}_j)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (45)$$

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

$$S(M) = \sqrt{S(M)_{\text{ЭТ}}^2 + S(M)_{\text{ЭС}}^2 + S(M)_{j \max}^2 + S_{\text{ЧК(АК)}}^2}, \quad (46)$$

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

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

$S_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшее значение СКО измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученное по 11.3 (11.4); \max – индекс наибольшего из значений.

Примечания

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

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

3 Значение $S(M)_{\text{ЭС}}$ не должно превышать 1/10 расширенной неопределенности измерений установки при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке, указанной в Государственной поверочной схеме для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2356;

4 Для установок с индексом точности 1 исполнений В и М, при определении $S_{\text{ЧК(АК)}}$, вычисляют только наибольшую погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов.

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

$$\Theta(M) = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(M)_{\text{ЭТ}}}{1,1}\right)^2 + \Theta(M)_{\text{ЭС}}^2 + \delta(M)_{\text{j max}}^2 + \left(\frac{\Theta_{\text{ЧК(АК)}}}{1,1}\right)^2}, \quad (47)$$

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

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

$\Theta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшее значение НСП измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученное по 11.3 (11.4).

Примечания

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

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

3 Для установок с индексом точности 1 исполнений В и М, при определении $\Theta_{\text{ЧК(АК)}}$, вычисляют только наибольшую погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов.

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

$$S_{\Theta}(M) = \frac{\Theta(M)}{1,1\sqrt{3}}. \quad (48)$$

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

$$S_{\Sigma}(M) = \sqrt{S(M)^2 + S_{\Theta}(M)^2}. \quad (49)$$

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

$$K_{\Sigma}(M) = \frac{t_{0,95} \cdot S(M) + \Theta(M)}{S(M) + S_{\Theta}(M)}, \quad (50)$$

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

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

$$\delta_{\Sigma}(M) = \pm K_{\Sigma}(M) \cdot S_{\Sigma}(M). \quad (51)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств и/или мерников и/или расходомеров и/или ТПУ не превышают значений, указанных в таблице 1, или отрицательным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств и/или мерников и/или расходомеров и/или ТПУ превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

$$\delta(Q_M)_{ji} = \left(\frac{Q_{M_{ji}} - Q_{M_{ЭС(j)}}}{Q_{M_{ЭС(j)}}} \right) \cdot 100, \quad (52)$$

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

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

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

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

$$\overline{\delta(Q_M)}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(Q_M)_{ji}. \quad (53)$$

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

$$S(Q_M)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(Q_M)_{ji} - \overline{\delta(Q_M)}_j)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (54)$$

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

$$S(Q_M) = \sqrt{S(Q_M)_{\text{ЭТ}}^2 + S(Q_M)_{\text{ЭС}}^2 + S(Q_M)_{j \max}^2 + S_{\text{ЧК(АК)}}^2}, \quad (55)$$

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

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

$S_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшее значение СКО измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученное по 11.3 (11.4);
 \max – индекс наибольшего из значений.

Примечания

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

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

3 Значение $S(Q_M)_{\text{ЭС}}$ не должно превышать 1/10 расширенной неопределенности измерений установки при воспроизведении единицы массового расхода жидкости, указанной в Государственной поверочной схеме для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2356;

4 Для установок с индексом точности 1 исполнений В и М, при определении $S_{\text{ЧК(АК)}}$ вычисляют только наибольшую погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов.

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

$$\Theta(Q_M) = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(Q_M)_{\text{ЭТ}}}{1,1}\right)^2 + \Theta(Q_M)_{\text{ЭС}}^2 + \delta(Q_M)_{j \max}^2 + \left(\frac{\Theta_{\text{ЧК(АК)}}}{1,1}\right)^2}, \quad (56)$$

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

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

$\Theta_{\text{ЧК(АК)}}$ – наибольшее значение НСП измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученное по 11.3 (11.4).

Примечания

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

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

3 Для установок с индексом точности 1 исполнений В и М, при определении $\Theta_{\text{ЧК(АК)}}$, вычисляют только наибольшую погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов.

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

$$S_\Theta(Q_M) = \frac{\Theta(Q_M)}{1,1\sqrt{3}}. \quad (57)$$

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

$$S_\Sigma(Q_M) = \sqrt{S(Q_M)^2 + S_\Theta(Q_M)^2}. \quad (58)$$

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

$$K_\Sigma(Q_M) = \frac{t_{0,95} \cdot S(Q_M) + \Theta(Q_M)}{S(Q_M) + S_\Theta(Q_M)}. \quad (59)$$

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

$$\delta_\Sigma(Q_M) = \pm K_\Sigma(Q_M) \cdot S_\Sigma(Q_M). \quad (60)$$

Результат считают положительным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении весовых устройств и/или мерников и/или расходомеров и/или ТПУ не превышают значений, указанных в таблице 1 или отрицательным, если значения относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении весовых устройств и/или мерников и/или расходомеров и/или ТПУ превышают значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

11.6.1.1 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда/3 разряда в соответствии с ГПС (часть 1), при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда в соответствии с ГПС (часть 1).

Относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда/3 разряда в соответствии с ГПС (часть 1), при применении весовых устройств (при наличии в составе установки) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке рассчитывается по формуле (61), при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости – по формуле (62), при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке – по формуле (63), при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости – по формуле (64).

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

$$\delta_{\Sigma}(M) = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_{\Sigma}(M)_j}{1,1} \right)^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧКАК}}^2}, \quad (61)$$

где $\delta_{\Sigma}(M)_j$ – доверительная погрешность границы суммарной погрешности (относительная погрешность) при воспроизведении единицы массы жидкости в потоке, полученная по формуле (43) МИ 3665-2022, %;

$\delta_{\Sigma \text{ЧКАК}}$ – наибольшая погрешность измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4), %.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 1 или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

$$\delta_{\Sigma}(Q_M) = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_{\Sigma}(Q_M)_j}{1,1} \right)^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧКАК}}^2}, \quad (62)$$

где $\delta_{\Sigma}(Q_M)_j$ – доверительная погрешность границы суммарной погрешности (относительная погрешность) при воспроизведении единицы массового расхода жидкости, полученная по формуле (91) МИ 3665-2022, %;

$\delta_{\Sigma \text{ЧКАК}}$ – наибольшая погрешность измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4), %.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 1 или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении

единиц) массового расхода жидкости при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

$$\delta_{\Sigma}(V) = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_{\Sigma}(V)_J}{1,1} \right)^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}^2}, \quad (63)$$

где $\delta_{\Sigma}(V)_J$ – доверительная погрешность границы суммарной погрешности (относительная погрешность) при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке, полученная по формуле (136) МИ 3665-2022, %;

$\delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4), %.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 1 или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

$$\delta_{\Sigma}(Q_V) = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_{\Sigma}(Q_V)_J}{1,1} \right)^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}^2}, \quad (64)$$

где $\delta_{\Sigma}(Q_V)_J$ – доверительная погрешность границы суммарной погрешности (относительная погрешность) при воспроизведении единицы объемного расхода жидкости, %, полученная по формуле (186) МИ 3665-2022;

$\delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4).

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расходов жидкости при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 1, или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) объемного расходов жидкости при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.6.1.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда в соответствии с ГПС (часть 2), при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда в соответствии с ГПС (часть 2).

Относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда в соответствии с ГПС (часть 2) при применении весовых устройств (при наличии в составе установки) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке рассчитывается по формуле (90), при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости – по формуле (91), при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке – по формуле (92), при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости – по формуле (93).

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

$$\delta_{\text{ву}} = \left(\frac{M_i - M_{\text{эт}_i}}{M_{\text{эт}_i}} \right) \cdot 100, \quad (65)$$

где M – масса по показаниям ВУ, кг;

$M_{\text{эт}}$ – значение эталона массы, кг;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

Данный пункт повторяют для каждого весового устройства, входящего в состав установки.

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

Определение погрешности измерительного канала массы жидкости, обусловленной работой переключателя потока

Для определения погрешности измерительного канала массы жидкости, обусловленной работой переключателя потока, составляют десять систем уравнений, каждая из которых состоит из двух линейных алгебраических уравнений с двумя неизвестными

$$1-2 \begin{cases} \overline{M}_{1j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{1j} - M_{\text{пп1}_j}, \\ \overline{M}_{2j} = \overline{Q}_{M2j} \cdot \overline{\tau}_{2j} - M_{\text{пп2}_j}, \end{cases} \quad (66)$$

$$1-3 \begin{cases} \overline{M}_{1j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{1j} - M_{\text{пп1}_j}, \\ \overline{M}_{3j} = \overline{Q}_{M3j} \cdot \overline{\tau}_{3j} - M_{\text{пп3}_j}, \end{cases} \quad (67)$$

$$1-4 \begin{cases} \overline{M}_{1j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{1j} - M_{\text{пп1}_j}, \\ \overline{M}_{4j} = \overline{Q}_{M4j} \cdot \overline{\tau}_{4j} - M_{\text{пп4}_j}, \end{cases} \quad (68)$$

$$1-5 \begin{cases} \overline{M}_{1j} = \overline{Q}_{M1j} \cdot \overline{\tau}_{1j} - M_{\text{пп1}_j}, \\ \overline{M}_{5j} = \overline{Q}_{M5j} \cdot \overline{\tau}_{5j} - M_{\text{пп5}_j}, \end{cases} \quad (69)$$

$$2-3 \begin{cases} \overline{M_{2j}} = \overline{Q_{M2j}} \cdot \overline{\tau_{2j}} - M_{\text{пп2j}}, \\ \overline{M_{3j}} = \overline{Q_{M3j}} \cdot \overline{\tau_{3j}} - M_{\text{пп3j}}, \end{cases}, \quad (70)$$

$$2-4 \begin{cases} \overline{M_{2j}} = \overline{Q_{M2j}} \cdot \overline{\tau_{2j}} - M_{\text{пп2j}}, \\ \overline{M_{4j}} = \overline{Q_{M4j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - M_{\text{пп4j}}, \end{cases}, \quad (71)$$

$$2-5 \begin{cases} \overline{M_{2j}} = \overline{Q_{M2j}} \cdot \overline{\tau_{2j}} - M_{\text{пп2j}}, \\ \overline{M_{5j}} = \overline{Q_{M5j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - M_{\text{пп5j}}, \end{cases}, \quad (72)$$

$$3-4 \begin{cases} \overline{M_{3j}} = \overline{Q_{M3j}} \cdot \overline{\tau_{3j}} - M_{\text{пп3j}}, \\ \overline{M_{4j}} = \overline{Q_{M4j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - M_{\text{пп4j}}, \end{cases}, \quad (73)$$

$$3-5 \begin{cases} \overline{M_{3j}} = \overline{Q_{M3j}} \cdot \overline{\tau_{3j}} - M_{\text{пп3j}}, \\ \overline{M_{5j}} = \overline{Q_{M5j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - M_{\text{пп5j}}, \end{cases}, \quad (74)$$

$$4-5 \begin{cases} \overline{M_{4j}} = \overline{Q_{M4j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - M_{\text{пп4j}}, \\ \overline{M_{5j}} = \overline{Q_{M5j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - M_{\text{пп5j}}, \end{cases}. \quad (75)$$

Для решения систем уравнений принимают допущения, что массы жидкости, не попавшие в ВУ, для $\overline{\tau_1}_j, \overline{\tau_2}_j, \overline{\tau_3}_j, \overline{\tau_4}_j$ и $\overline{\tau_5}_j$ равны ($M_{\text{пп1j}} = M_{\text{пп2j}} = M_{\text{пп3j}} = M_{\text{пп4j}} = M_{\text{пп5j}}$), а в системах уравнений 1-2, 1-3, 1-4 и 1-5 значение $\overline{Q_{M1}}$ «истинное», где искомые величины определяют путем подстановки $\overline{Q_{M1}}$ во второе уравнение каждой системы, в системах уравнений 2-3, 2-4 и 2-5 значение $\overline{Q_{M2}}$ «истинное», где искомые величины определяют путем подстановки $\overline{Q_{M2}}$ во второе уравнение каждой системы, в системах уравнений 3-4 и 3-5 значение $\overline{Q_{M3}}$ «истинное», где искомые величины определяют путем подстановки $\overline{Q_{M3}}$ во второе уравнение каждой системы; в системе уравнений 4-5 значение $\overline{Q_{M4}}$ «истинное», где искомую величину определяют путем подстановки $\overline{Q_{M4}}$ во второе уравнение данной системы.

Массу жидкости, не попавшую в весовое устройство, в j -ой точке $\overline{M_{\text{пп}}}_j$, кг, вычисляют по формулам

$$\overline{M_{\text{пп}}}_j = \frac{M_{\text{пп(1-2)}_j} + M_{\text{пп(1-3)}_j} + M_{\text{пп(1-4)}_j} + M_{\text{пп(1-5)}_j} + \dots + M_{\text{пп(4-5)}_j}}{10}, \quad (76)$$

$$M_{\text{пп(1-2)}_j} = \overline{Q_{M1j}} \cdot \overline{\tau_{2j}} - \overline{M_{2j}}, \quad (77)$$

$$M_{\text{пп(1-3)}_j} = \overline{Q_{M1j}} \cdot \overline{\tau_{3j}} - \overline{M_{3j}}, \quad (78)$$

$$M_{\text{пп(1-4)}_j} = \overline{Q_{M1j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - \overline{M_{4j}}, \quad (79)$$

$$M_{\text{пп(1-5)}_j} = \overline{Q_{M1j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - \overline{M_{5j}}, \quad (80)$$

$$M_{\text{пп}(2-3)_j} = \overline{Q_{M2_j}} \cdot \overline{\tau_{3_j}} - \overline{M_{3_j}}, \quad (81)$$

$$M_{\text{пп}(2-4)_j} = \overline{Q_{M2_j}} \cdot \overline{\tau_{4_j}} - \overline{M_{4_j}}, \quad (82)$$

$$M_{\text{пп}(2-5)_j} = \overline{Q_{M2_j}} \cdot \overline{\tau_{5_j}} - \overline{M_{5_j}}, \quad (83)$$

$$M_{\text{пп}(3-4)_j} = \overline{Q_{M3_j}} \cdot \overline{\tau_{4_j}} - \overline{M_{4_j}}, \quad (84)$$

$$M_{\text{пп}(3-5)_j} = \overline{Q_{M3_j}} \cdot \overline{\tau_{5_j}} - \overline{M_{5_j}}, \quad (85)$$

$$M_{\text{пп}(4-5)_j} = \overline{Q_{M4_j}} \cdot \overline{\tau_{5_j}} - \overline{M_{5_j}}, \quad (86)$$

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

$$\delta_{\text{пп}_j} = \frac{\overline{M_{\text{пп}_j}}}{\overline{M_{\text{нам}_j}}} \cdot 100. \quad (87)$$

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

Определение погрешности измерительного канала плотности жидкости и воздуха

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

$$\delta_{\text{ПЖА}} = \frac{1,1 \cdot \sqrt{A^2 \cdot \frac{\Delta_{t_k}^2}{1,1} + \frac{\Delta_{\rho_k}^2}{1,1}}}{P_{\text{ж_{нам}}}} \cdot 100, \quad (88)$$

где A – значение приращения плотности жидкости на $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Δ_{t_k} – абсолютная погрешность измерения температуры жидкости установки;

Δ_{ρ_k} – абсолютная погрешность средства измерений плотности жидкости;

$\Delta_{t_k}, \Delta_{\rho_k}$ – значения погрешностей указаны в эксплуатационных документах на конкретное средство измерений;

$P_{\text{ж_{нам}}}$ – наименьшее значение плотности жидкости, kg/m^3 .

Примечание – Значение приращения А определяется в соответствии с таблицей зависимости плотности жидкости от температуры лабораторным способом.

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

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

$$\delta_{\text{ПЖД}} = \frac{1,1 \cdot \sqrt{B^2 \cdot \frac{\Delta_{t_k}^2}{1,1} + C^2 \cdot \frac{\Delta_{P_k}^2}{1,1} + \frac{\Delta_{\rho_k}^2}{1,1}}}{\rho_{\text{ж_{нам}}}} \cdot 100, \quad (89)$$

где B – значение приращения плотности жидкости на $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

C – значение приращения плотности жидкости на 0,1 МПа;
 Δ_{t_k} – абсолютная погрешность измерения температуры жидкости установки, $^{\circ}\text{C}$;
 Δ_{p_k} – абсолютная погрешность измерения избыточного давления жидкости установки МПа;
 Δ_{ρ_k} – абсолютная погрешность средства измерений плотности жидкости, kg/m^3 ;
 $\Delta_{t_k}, \Delta_{p_k}, \Delta_{\rho_k}$ – значения погрешностей указаны в эксплуатационных документах на конкретное средство измерений;
 $\rho_{k_{\min}}$ – наименьшее значение плотности жидкости, kg/m^3 .

Примечание – Значения приращений В и С определяются в соответствии с таблицей зависимости плотности жидкости от температуры и давления лабораторным способом.

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

Погрешность определения (влияния) плотности воздуха $\delta_{\text{ПВ}}$ приравнивают 0,004 % (пределы допускаемой абсолютной погрешности средств измерений температуры и влажности окружающей среды, и атмосферного давления, при измерении: температуры окружающей среды Δ_t не более $\pm 0,5 ^{\circ}\text{C}$; влажности окружающей среды Δ_h не более $\pm 5 \%$, атмосферного давления Δ_{p_a} не более $\pm 0,5 \text{ гPa}$). Данные средства измерений должны иметь действующие положительные сведения о поверке, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

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

$$\delta_{\Sigma}(M) = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{By}}^2 + \delta_{\text{ЧКАЮ}}^2 + \delta_{\text{ПП}}^2 + \delta_{\text{ПВ}}^2 + \delta_{\text{ГЖД}}^2}, \quad (90)$$

где δ_{By} – наибольшая погрешность весовых устройств, полученная по формуле (65), %;

$\delta_{\text{ЧКАЮ}}$ – наибольшая погрешность измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4), %;

$\delta_{\text{ПП}}$ – наибольшая погрешность измерительного канала массы жидкости, обусловленная работой переключателя потока, полученная по формуле (87), %;

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

$\delta_{\text{ГЖД}}$ – относительная погрешность измерения плотности жидкости при атмосферном давлении, %, полученная по формуле (88).

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 1, или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

$$\delta_{\Sigma}(Q_M) = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{вн}}^2 + \delta_{\Sigma_{\text{ЧКАК}}}^2 + \delta_{\text{пп}}^2 + \delta_{\text{вк}}^2 + \delta_{\text{пв}}^2 + \delta_{\text{ПЖД}}^2}, \quad (91)$$

где $\delta_{\text{вн}}$ – наибольшая погрешность весовых устройств, полученная по формуле (65), %;

$\delta_{\Sigma_{\text{ЧКАК}}}$ – наибольшая погрешность измерительного канала частотно-импульсных сигналов, полученная по 11.3 (11.4), %;

$\delta_{\text{пп}}$ – наибольшая относительная погрешность измерительного канала массы жидкости, обусловленная работой переключателя потока, полученная по формуле (87), %;

$\delta_{\text{вк}}$ – наибольшая относительная погрешность измерительного канала времени измерений, полученная по 11.2, %;

$\delta_{\text{пв}}$ – относительная погрешность определения плотности воздуха, (при выполнении условия, принимают равной 0,004 %);

$\delta_{\text{ПЖД}}$ – относительная погрешность измерения плотности жидкости при атмосферном давлении, полученная по формуле (88), %.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 1, или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

$$\delta_{\Sigma}(V) = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{вн}}^2 + \delta_{\Sigma_{\text{ЧКАК}}}^2 + \delta_{\text{пп}}^2 + \delta_{\text{пв}}^2 + \delta_{\text{ПЖД}}^2}, \quad (92)$$

где $\delta_{\text{вн}}$ – наибольшая погрешность весовых устройств, полученная по формуле (65), %;

$\delta_{\Sigma_{\text{ЧКАК}}}$ – наибольшая погрешность измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4), %;

$\delta_{\text{пп}}$ – наибольшая погрешность измерительного канала массы жидкости, обусловленная работой переключателя потока, полученная по формуле (87), %;

$\delta_{\text{пв}}$ – относительная погрешность определения плотности воздуха, (при выполнении условия, принимают равной 0,004 %);

$\delta_{\text{ПЖД}}$ – относительная погрешность измерения плотности жидкости при избыточном давлении в трубопроводе, полученная по формуле (89), %.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 1, или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении

единицы) объема жидкости в потоке при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 1.

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

$$\delta_{\Sigma}(Q_V) = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{вн}}^2 + \delta_{\Sigma_{\text{ЧК(АИ)}}}^2 + \delta_{\text{пп}}^2 + \delta_{\text{вк}}^2 + \delta_{\text{пв}}^2 + \delta_{\text{ПЖД}}^2}, \quad (93)$$

где $\delta_{\text{вн}}$ – наибольшая погрешность весовых устройств, полученная по формуле (65), %;

$\delta_{\Sigma_{\text{ЧК(АИ)}}}$ – наибольшая погрешность, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4), %;

$\delta_{\text{пп}}$ – наибольшая погрешность, измерительного канала массы жидкости, обусловленная работой переключателя потока, полученная по формуле (87), %;

$\delta_{\text{вк}}$ – наибольшая погрешность, измерительного канала времени измерений, полученная по 11.2, %;

$\delta_{\text{пв}}$ – относительная погрешность определения плотности воздуха, (при выполнении условия, принимают равной 0,004 %);

$\delta_{\text{ПЖД}}$ – относительная погрешность измерения плотности жидкости при избыточном давлении в трубопроводе, полученная по формуле (89), %.

Результат считают положительным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расходов жидкости при применении весовых устройств не превышает значение, указанное в таблице 1, или отрицательным, если значение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) объемного расходов жидкости при применении весовых устройств превышает значение, указанное в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

Данный пункт выполняется при наличии мерников в составе установки.

11.6.2.1 Гравиметрический метод передачи единиц

11.6.2.1.1 Номинальную вместимость мерника при температуре t_{μ} , дм³, определяют по формуле

$$V_{t_{\mu}, \mu} = 10^3 \cdot M_{\mu} \cdot \frac{\rho_r - \rho_{s, \mu}}{\rho_r \cdot (\rho_{s, \mu} - \rho_{s, \mu})}, \quad (94)$$

где M_{μ} – масса по показаниям эталона, кг (измерения по дозам, необходимо считать, как сумму масс каждой дозы и рассчитывают по формуле 1, измерения методом замещения по формуле 3);

ρ_r – плотность гирь, кг/м³, которые применялись при передаче единиц эталону (значение берут из документации на гири, при отсутствии информации принимают равной 8000 кг/м³ в соответствии с рекомендациями МОЗМ № 33);

ρ_s – плотность измеряемой среды, кг/м³ (рассчитывают по формуле 96);

ρ_s – плотность окружающей среды, $\text{кг}/\text{м}^3$ (функция от температуры окружающей среды, относительной влажности окружающей среды и атмосферного давления окружающей среды, вычисляют по формуле 97);

t_{*} – температура измеряемой среды, $^\circ\text{C}$;

j – индекс точки.

11.6.2.1.2 Вместимость горловины мерника при температуре t_{*} , дм^3 , определяют по формуле

$$V_{\text{БГ}} = 10^3 \cdot M_{\text{БГ}} \cdot \frac{\rho_r - \rho_s}{\rho_r \cdot (\rho_s - \rho_0)}, \quad (95)$$

где $M_{\text{БГ}}$ – масса вместимости горловины мерника, кг (рассчитывают по формуле 4).

11.6.2.1.3 Плотности измеряемой среды ρ_{*} при температуре t_{*} , $\text{кг}/\text{м}^3$, определяют по формуле

$$\rho_{*,j} = \left\{ \rho_0 \cdot \left[1 - \frac{(t_{*,j} + a_1)^2 \cdot (t_{*,j} + a_2)}{a_3 \cdot (t_{*,j} + a_4)} \right] + (s_0 + s_1 \cdot t_{*,j}) \right\} + K_{\rho_*}, \quad (96)$$

где $a_1 = -3,983035 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$a_2 = 301,797 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$a_3 = 522528,9 \text{ } ^\circ\text{C}^2$;

$a_4 = 69,34881 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$\rho_0 = 999,9744 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$s_0 = -0,004612 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$s_1 = 0,000106 \text{ кг}/(\text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$;

K_{ρ_*} – значение для линейного смещения в $\text{кг}/\text{м}^3$.

Примечание – Значение для линейного смещения K_{ρ_*} определяется как разница плотности измеряемой среды, полученной при исследовании на измерителе плотности жидкостей при $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ от плотности 998,204.

11.6.2.1.4 Плотность окружающей среды ρ_s , $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляют по формуле

$$\rho_s = \frac{0,34848 \cdot P_a - 0,009024 \cdot h_a \cdot e^{0,0612 \cdot T_a}}{273,15 + T_a}, \quad (97)$$

где P_a – атмосферное давление окружающей среды, гПа;

h_a – относительная влажность окружающей среды, %;

T_a – температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$.

11.6.2.1.5 Номинальную вместимость мерника, приведенную к температуре t_n , дм³, вычисляют по формуле

$$V_{t_n/j} = V_{t_{\star}/j} \cdot \frac{1}{(1 + \beta \cdot (t_{\star/j} - t_n))}, \quad (98)$$

где β – коэффициент объемного расширения материала стенок мерника (значение которого берут из шильдика (этикетки) мерника, технических условий, паспорта либо эксплуатационной документации на мерник). В случае отсутствия информации произвести расчеты по формуле 100), 1/°C;

t_n – температура приведения, °C.

11.6.2.1.6 Вместимость горловины мерника, приведенную к температуре t_n , дм³, вычисляют по формуле

$$V_{\text{БГ}t_n} = V_{\text{БГ}t_{\star}} \cdot \frac{1}{(1 + \beta \cdot (t_{\star} - t_n))}. \quad (99)$$

11.6.2.1.7 Коэффициент объемного расширения материала стенок рассчитывается из 3-х линейного коэффициента теплового расширения в зависимости от температуры по формуле

$$\beta = 3 \cdot \left[10^{-6} \cdot \left(k_0 + k_1 \cdot (10^{-3} \cdot t_{\star}) + k_2 \cdot (10^{-3} \cdot t_{\star})^2 \right) \right], \quad (100)$$

где k_0, k_1, k_2 – постоянные коэффициенты, определяемые в соответствии с таблицей 1 (ГОСТ 8.586.1-2005).

11.6.2.1.8 Отклонение показаний объема мерника при температуре t_n от объема при температуре t_n рассчитанного по показаниям эталона в j точке номинала при i измерении, %, вычисляют по формуле

$$\delta(V)_{ji} = \left(\frac{V_j - V_{t_{\star}/j}}{V_{t_{\star}/j}} \right) \cdot 100, \quad (101)$$

где V_j – объем мерника (на отметке номинальной вместимости) при температуре t_n , дм³, в соответствии с эксплуатационной документацией и/или паспортом и/или информацией на шильдике (этикетке).

11.6.2.1.9 Отклонение показаний номинала цены деления шкалы горловины мерника при температуре t_n от номинала цены деления шкалы горловины при температуре t_n рассчитанного по показаниям эталона, %, вычисляют по формуле

$$\delta(V_{\text{ш}}) = \left(\frac{\frac{V_{\text{ш}t_n} - \left(\frac{V_{\text{БГ}t_n}}{C} \right)}{\left(\frac{V_{\text{БГ}t_n}}{C} \right)}}{100} \right), \quad (102)$$

где $V_{\text{ш}t_n}$ – номинал цены деления шкалы горловины мерника при температуре t_n , дм³;
 C – число делений шкалы горловины мерника.

11.6.2.1.10 Среднее арифметическое отклонение показаний объема мерника от объема, рассчитанного по показаниям эталона в j точке номинала, %, вычисляют по формуле

$$\overline{\delta(V)}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(V)_{ji}. \quad (103)$$

11.6.2.1.11 Среднее арифметическое отклонение показаний номинала цены деления шкалы горловины мерника от номинала цены деления шкалы горловины, рассчитанного по показаниям эталона в j точке номинала, %, вычисляют по формуле

$$\overline{\delta(V_{\text{ш}})}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(V_{\text{ш}})_{ji}. \quad (104)$$

Результат считается положительным, если среднее арифметическое отклонение показаний номинала цены деления шкалы горловины мерника не превышает значения (метрологическую характеристику мерника), приведенного в руководстве по эксплуатации на установку, или отрицательным, если среднее арифметическое отклонение показаний номинала цены деления шкалы горловины мерника превышает значения (метрологическую характеристику мерника), приведенного в руководстве по эксплуатации на установку.

11.6.2.1.12 Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (далее – СКО) мерника при передаче единицы объема жидкости в j точке $S(V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(V)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(V)_{ji} - \overline{\delta(V)}_j)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (105)$$

11.6.2.1.13 Неисключенная систематическая погрешность (далее – НСП) измерений плотности окружающей среды $\Theta(\rho_n)$, кг/м³, вычисляют по формуле

$$\Theta(\rho_n)_j = \left(|\varphi(T_a) \cdot \Delta(T_a)| + |\varphi(P_a) \cdot \Delta(P_a)| + |\varphi(h_a) \cdot \Delta(h_a)| \right), \quad (106)$$

где $\Delta(T_a)$ – абсолютная погрешность средства измерения температуры окружающей среды, °C;

$\Delta(P_s)$ – абсолютная погрешность средства измерения атмосферного давления окружающей среды, гПа;

$\Delta(h_a)$ – абсолютная погрешность средства измерения относительной влажности окружающей среды, %.

$\varphi(T_s), \varphi(P_s), \varphi(h_a)$ – коэффициенты влияния, значения которых составляет:

$$\varphi(T_s) = 0,0048 \text{ (кг/м}^3\text{)/}^\circ\text{C}, \varphi(P_s) = 0,0012 \text{ (кг/м}^3\text{)/ гПа}, \varphi(h_a) = 0,00014 \text{ (кг/м}^3\text{)/ \%}.$$

11.6.2.1.14 НСП измерений плотности измеряемой среды, $\Theta(\rho_{xa})$, кг/м³, вычисляют по формуле

$$\Theta(\rho_{xa})_j = (\left| \varphi(t_{xa}) \cdot \Delta(t_{xa}) \right| + \Delta(\rho_{xa})), \quad (107)$$

где $\Delta(t_{xa})$ – абсолютная погрешность средства измерения температуры измеряемой среды, °C;

$\varphi(t_{xa})$ – коэффициент влияния, значение которого составляет 0,15 (кг/м³)/°C;

$\Delta(\rho_{xa})$ – абсолютная погрешность средства измерения плотности измеряемой среды, кг/м³ или по следующей формуле $\Delta(\rho_{xa}) = \frac{\Delta_\Sigma(\rho_{xa})}{\sqrt{3}}$, $\Delta_\Sigma(\rho_{xa})$ – доверительные границы абсолютной погрешности рабочего эталона единицы плотности жидкости, кг/м³.

11.6.2.1.15 НСП при передаче единицы объема жидкости, $\Theta(V_{t_{xa}})$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta(V_{t_{xa}})_j = \frac{1,1 \cdot 100}{V_{t_{xa}}} \sqrt{\left(\frac{\partial V_{t_{xa}}}{\partial M} \right)^2 \cdot \left(\frac{\Delta(M)}{1,1} \right)^2 + \left(\frac{\partial V_{t_{xa}}}{\partial \rho_{xa}} \right)^2 \cdot \Theta(\rho_{xa})^2 + \left(\frac{\partial V_{t_{xa}}}{\partial t_{xa}} \right)^2 \cdot \Theta(t_{xa})^2}, \quad (108)$$

где $\Delta(M)$ – доверительные границы абсолютной погрешности эталона, кг;

$$\left(\frac{\partial V_{t_{xa}}}{\partial M} \right) = 10^3 \cdot \frac{\rho_r - \rho_s}{\rho_r \cdot (\rho_{xa} - \rho_s)}. \quad (109)$$

$$\left(\frac{\partial V_{t_{xa}}}{\partial \rho_{xa}} \right) = 10^3 \cdot M \cdot \frac{\rho_r - \rho_{xa}}{\rho_r \cdot (\rho_{xa} - \rho_s)^2}. \quad (110)$$

$$\left(\frac{\partial V_{t_{xa}}}{\partial t_{xa}} \right) = 10^3 \cdot M \cdot \frac{\rho_r - \rho_s}{\rho_r \cdot (\rho_{xa} - \rho_s)^2}. \quad (111)$$

Примечания

1 Для вычисления коэффициентов влияния (частных производных) необходимо применять средние значения входящих в них величин.

2 Значение $V_{t_{xa}}$ берется как среднее арифметическое из ряда i измерений.

11.6.2.1.16 НСП мерника при воспроизведении единицы объема жидкости $\Theta(V)$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta(V)_j = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(Vt_*)_j}{1,1} \right)^2 + \delta(V)_j^2}. \quad (112)$$

11.6.2.1.17 СКО НСП эталона при воспроизведении единицы объема жидкости в потоке $S_\theta(V)$, %, вычисляют по формуле

$$S_\theta(V)_j = \frac{\Theta(V)_j}{1,1\sqrt{3}}. \quad (113)$$

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

$$S_\Sigma(V)_j = \sqrt{S(V)_j^2 + S_\theta(V)_j^2}. \quad (114)$$

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

$$K_\Sigma(V)_j = \frac{t_{0,95} \cdot S(V)_j + \Theta(V)_j}{S(V)_j + S_\theta(V)_j} \quad (115)$$

Примечание – Значение $t_{0,95}$ (коэффициент Стьюдента при $P=0,95$) в зависимости от количества измерений n выбирается из таблицы 4.

Таблица 4 – Значение $t_{0,95}$ в зависимости от количества измерений n .

n	5	6	7	8	9	10	11
$t_{0,95}$	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228

11.6.2.1.20 Доверительные границы суммарной погрешности мерника при воспроизведении единицы объема жидкости δ_M , %, вычисляют по формуле

$$\delta_M = \pm K_\Sigma(V)_j \cdot S_\Sigma(V)_j. \quad (116)$$

Фиксируют наибольшее значение δ_M из серии измерений.

11.6.2.2 Объемный метод передачи единиц

11.6.2.2.1 Номинальную вместимость мерника при температуре t_n дм³, определяют по формуле

$$V_{t_n} (V_{\text{БГ1}} + V_{\text{БГ2}})_{jl} = \sum_{k=1}^n \left(V_{3k} \cdot (1 + 3 \cdot \alpha_3 \cdot (t_{nk} - t_n)) \right) \pm \sum_{l=1}^v \left(V_{(a/o)l} \cdot (1 + 3 \cdot \alpha_{[K][n][B]} \cdot (t_{nl} - t_n)) \right), \quad (117)$$

где k – индекс измерения эталоном;
 l – индекс измерения колбы и/или пипетки и/или бюретки;
 n – число добавленной измеряемой среды эталоном;
 v – число добавленной (отобранный) измеряемой среды колбой и/или пипеткой и/или бюреткой;

t_n – температура измеряемой среды, °C;
 t_n – температура при которой определена вместимость шкалы горловины эталона, °C (значение которого берут из паспорта эталона единиц величин);

V_3 – объем измеряемой среды по показаниям эталона при температуре t_n дм³;
 $V_{(a/o)}$ – объем по показаниям колбы и/или пипетки и/или бюретки, дм³;
 α_3 – коэффициент линейного теплового расширения материала стенок эталона единиц величин (значение которого берут из паспорта эталона единиц величин);

$\alpha_{[K][n][B]}$ – коэффициент линейного теплового расширения материала стенок колбы и/или пипетки и/или бюретки (значение которого берут из паспорта, в случае отсутствия информации, принимать значение равным $10,0 \cdot 10^{-6}$ °C⁻¹).

11.6.2.2.2 Номинальную вместимость мерника, приведенную к температуре t_n , дм³, вычисляют по формуле

$$V_{t_n,jl} = V_{t_n,jl} \cdot \frac{1}{(1 + \beta \cdot (t_{nk} - t_n))}. \quad (118)$$

11.6.2.2.3 Вместимость горловины мерника, приведенную к температуре t_n , дм³, вычисляют по формуле

$$V_{\text{БГ}t_n} = (V_{\text{БГ1}} + V_{\text{БГ2}}) \cdot \frac{1}{(1 + \beta \cdot (t_n - t_n))}. \quad (119)$$

11.6.2.2.4 Отклонение показаний объема мерника при температуре t_n от объема эталона при температуре t_n в j точке номинала при i измерении, %, вычисляют по формуле:

$$\delta(V)_{ji} = \left(\frac{V_j - V_{t_n,jl}}{V_{t_n,jl}} \right) \cdot 100. \quad (120)$$

11.6.2.2.5 Отклонение показаний номинала цены деления шкалы горловины мерника при температуре t_n от номинала цены деления шкалы горловины при температуре t_n , рассчитанного по показаниям эталона, %, вычисляют по формуле

$$\delta(V_{\text{ш}}) = \left(\frac{V_{\text{ш}t_n} - \left(\frac{V_{\text{БГ}t_n}}{C} \right)}{\left(\frac{V_{\text{БГ}t_n}}{C} \right)} \right) \cdot 100. \quad (121)$$

11.6.2.2.6 Среднее арифметическое отклонение показаний объема мерника от объема эталона в j точке номинала, %, вычисляют по формуле

$$\overline{\delta(V)}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(V)_{ji}. \quad (122)$$

11.6.2.2.7 Среднее арифметическое отклонение показаний номинала цены деления шкалы горловины мерника от номинала цены деления шкалы горловины, рассчитанного по показаниям эталона в j точке номинала, %, вычисляют по формуле

$$\overline{\delta(V_{\text{ш}})}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(V_{\text{ш}})_{ji}. \quad (123)$$

Результат считается положительным, если среднее арифметическое отклонение показаний номинала цены деления шкалы горловины мерника не превышает значения (метрологическую характеристику мерника), приведенного в руководстве по эксплуатации на установку, или отрицательным, если среднее арифметическое отклонение показаний номинала цены деления шкалы горловины мерника превышает значения (метрологическую характеристику мерника), приведенного в руководстве по эксплуатации на установку.

11.6.2.2.8 Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (далее – СКО) мерника при передаче единицы объема жидкости в j точке $S(V)_j$, %, вычисляют по формуле

$$S(V)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta(V)_{ji} - \overline{\delta(V)}_j)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (124)$$

11.6.2.2.9 НСП номинальной вместимости мерника от суммы объема добавленной (отобранный) измеряемой среды по показаниям колбы и/или пипетки и/или бюретки, $\Theta(V_{(\Delta V)})$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta(V_{(\Delta V)})_j = \left(\frac{\sum \Delta V_{[\text{КПБ}]} }{V_j} \right) \cdot 100, \quad (125)$$

где $\Delta V_{[\text{КПБ}]}$ – абсолютная погрешность колбы и/или пипетки и/или бюретки применяемых при добавлении (отбиравании) измеряемой среды в мерник, dm^3 .

11.6.2.2.10 НСП мерника при воспроизведении единицы объема жидкости $\Theta(V)$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta(V)_j = \pm 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta(V)_{\text{эт}}}{1,1}\right)^2 + \Theta(V_{(a)})^2 + \delta(V)_j^2}, \quad (126)$$

где $\Theta(V)_{\text{эт}}$ – НСП эталона при воспроизведении единицы объема жидкости, % (берут из паспорта эталона).

Примечание – Допускается вместо НСП исходного эталона при воспроизведении единицы объема жидкости $\Theta(V)_{\text{эт}}$ брать доверительные границы суммарной погрешности при измерении объема жидкости $\delta(V)_{\text{эт}}$.

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

$$S_{\Theta}(V)_j = \frac{\Theta(V)_j}{1,1\sqrt{3}}. \quad (127)$$

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

$$S_{\Sigma}(V)_j = \sqrt{S(V)_j^2 + S_{\Theta}(V)_j^2}. \quad (128)$$

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

$$K_{\Sigma}(V)_j = \frac{t_{0,95} \cdot S(V)_j + \Theta(V)_j}{S(V)_j + S_{\Theta}(V)_j}. \quad (129)$$

11.6.2.2.14 Доверительные границы суммарной погрешности мерника при воспроизведении единицы объема жидкости δ_M , %, вычисляют по формуле

$$\delta_M = \pm K_{\Sigma}(V)_j \cdot S_{\Sigma}(V)_j. \quad (130)$$

Фиксируют наибольшее значение δ_M из серии измерений.

11.6.2.3 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости

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

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

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

$$\delta_{\Sigma}(V) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_m^2 + \delta_{pp}^2 + \delta_{\Sigma_{ЧК(АК)}}^2}, \quad (131)$$

где δ_m – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) мерника при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °C (определяют по 11.6.2.1 или 11.6.2.2 или берут из свидетельства о поверке на мерник);

δ_{pp} – наибольшая погрешность измерительного канала объема жидкости, обусловленная работой переключателя потока, определяется согласно Приложению В;

$\delta_{\Sigma_{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4).

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении мерников не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении мерников превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

$$\delta_{\Sigma}(Q_V) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_m^2 + \delta_{pp}^2 + \delta_{\Sigma_{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{VK}^2}, \quad (132)$$

где δ_m – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) мерника при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °C (определяют по 11.6.2.1 или 11.6.2.2 или берут из свидетельства о поверке на мерник);

δ_{pp} – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4);

δ_{VK} – наибольшая погрешность измерительного канала объема жидкости, обусловленная работой переключателя потока, определяется согласно Приложению В;

$\delta_{\text{вк}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала времени измерений, полученная по 11.2.

Результат считается положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении мерников не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении мерников превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

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

$$\delta_{\Sigma}(M) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_m^2 + \delta_{\text{пп}}^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_n^2}, \quad (133)$$

где δ_m – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) мерника при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °C (определяют по 11.6.2.1 или 11.6.2.2 или берут из свидетельства о поверке на мерник);

$\delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4);

$\delta_{\text{пп}}$ – наибольшая погрешность измерительного канала объема жидкости, обусловленная работой переключателя потока, определяется согласно Приложению В;

δ_n – относительная погрешность, %, средства измерений плотности жидкости, входящего в состав установки, определяют по формуле (134).

Относительную погрешность средства измерений плотности жидкости, δ_n , %, вычисляют по формуле

$$\delta_n = \frac{\Delta_n}{\rho_{\text{изм}}} \cdot 100, \quad (134)$$

где Δ_n – абсолютная погрешность средства измерений плотности жидкости, кг/м³;

$\rho_{\text{изм}}$ – наименьшее измеренное значение плотности жидкости, кг/м³.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении мерников не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при

применении мерников превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

$$\delta_{\Sigma}(Q_M) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_m^2 + \delta_{pp}^2 + \delta_{\Sigma(\text{ЧПУ})}^2 + \delta_p^2 + \delta_{vk}^2}, \quad (135)$$

где δ_m – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) мерника при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °C (определяют по 11.6.2.1 или 11.6.2.2 или берут из свидетельства о поверке на мерник);

$\delta_{\Sigma(\text{ЧПУ})}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4);

δ_{pp} – наибольшая погрешность измерительного канала объема жидкости, обусловленная работой переключателя потока, определяется согласно Приложению В;

δ_p – относительная погрешность, %, средства измерений плотности жидкости, входящего в состав установки, определяют по формуле (134);

δ_{vk} – наибольшая погрешность, %, измерительного канала времени измерений, полученная по 11.2.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении мерников не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении мерников превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

Данный пункт выполняется при наличии ТПУ в составе установки.

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

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

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

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

$$\delta_z(V) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧКАК}}^2}, \quad (136)$$

где δ_0 – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) ТПУ при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа (определяют по определению по ГОСТ Р 8.1027-2023 или берут из свидетельства о поверке ТПУ);

$\delta_{\Sigma \text{ЧКАК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4).

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении ТПУ не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении ТПУ превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

$$\delta_z(Q_V) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧКАК}}^2 + \delta_{\text{ВК}}^2}, \quad (137)$$

где δ_0 – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) ТПУ при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа (определяют по ГОСТ Р 8.1027-2023 или берут из свидетельства о поверке на ТПУ);

$\delta_{\Sigma \text{ЧКАК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4);

$\delta_{\text{ВК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала времени измерений, полученная по 11.2.

Результат считается положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении ТПУ не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении ТПУ превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

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

$$\delta_{\Sigma}(M) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\Pi}^2}, \quad (138)$$

где δ_0 – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) ТПУ при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °C и давлении 0 МПа (определяют по определяют по ГОСТ Р 8.1027-2023 или берут из свидетельства о поверке на ТПУ);

$\delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4);

δ_{Π} – относительная погрешность, %, средства измерений плотности жидкости, входящего в состав установки, определяют по формуле (139).

Относительную погрешность средства измерений плотности жидкости, δ_{Π} , %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Pi} = \frac{\Delta_{\Pi}}{\rho_{\text{изм}}} \cdot 100, \quad (139)$$

где Δ_{Π} – абсолютная погрешность средства измерений плотности жидкости, кг/м³;

$\rho_{\text{изм}}$ – наименьшее измеренное значение плотности жидкости, кг/м³.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении ТПУ не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении ТПУ превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

$$\delta_{\Sigma}(Q_M) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\Pi}^2 + \delta_{\text{ВК}}^2}, \quad (140)$$

где δ_0 – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) ТПУ при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа (определяют по определяют по ГОСТ Р 8.1027-2023 или берут из свидетельства о поверке на ТПУ);

$\delta_{\Sigma \text{ЧОАК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4);

δ_p – относительная погрешность, %, средства измерений плотности жидкости, входящего в состав установки, определяют по формуле (139);

$\delta_{\text{ВК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала времени измерений, полученная по 11.2.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении ТПУ не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении ТПУ превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

Данный пункт выполняется при наличии расходомеров в составе установки.

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

11.6.4.1.1 Определение относительной погрешности расходомеров при измерении объема жидкости в потоке

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

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

$$\delta(V)_{\text{PC},j} = \left(\frac{V_{ji} - V_{\text{ЭТ},ji}}{V_{\text{ЭТ},ji}} \right) \cdot 100, \quad (141)$$

где V – объем жидкости в потоке, измеренный расходомером, дм³;

$V_{\text{ЭТ}}$ – объем жидкости в потоке по показаниям ЭТ, дм³;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

Фиксируют наибольшее полученное значение из серии измерений.

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

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

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

$$\delta_{\Sigma}(V) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta(V)_{\text{ЭТ}}^2 + \delta(V)_{\text{PC}}^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\Sigma \text{РС ЧК}}^2}, \quad (142)$$

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

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

$\delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (п.11.4);

$\delta_{\Sigma \text{РС ЧК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов (к которым подключаются расходомеры, входящие в состав установки), полученная по 11.3.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении расходомеров не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке при применении расходомеров превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

$$\delta_{\Sigma}(Q_V) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta(Q_V)_{\text{ЭТ}}^2 + \delta(V)_{\text{PC}}^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\Sigma \text{ВК}}^2 + \delta_{\Sigma \text{РС ЧК}}^2}, \quad (143)$$

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

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

$\delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4);

$\delta_{\Sigma \text{ВК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала времени измерений, полученная по 11.2;

$\delta_{\Sigma PC \text{ ЧК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов (к которым подключаются расходомеры, входящие в состав установки), полученная по 11.3.

Результат считается положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении расходомеров не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости при применении расходомеров превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

11.6.4.2.1 Определение относительной погрешности расходомеров при измерении массы жидкости в потоке

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

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

$$\delta(M)_{PC,j} = \left(\frac{M_j - M_{ET,j}}{M_{ET,j}} \right) \cdot 100, \quad (144)$$

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

M_{ET} – масса жидкости в потоке по показаниям ЭТ, кг;

i – индекс измерения;

j – индекс точки расхода.

Фиксируют наибольшее полученное значение из серии измерений.

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

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

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

$$\delta_{\Sigma}(M) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta(M)_{ET}^2 + \delta(M)_{PC}^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{\Sigma \text{PC ЧК}}^2}, \quad (145)$$

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

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

$\delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4);

$\delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов (к которым подключаются расходомеры, входящие в состав установки), полученная по 11.3.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении расходомеров не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке при применении расходомеров превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

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

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

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

$$\delta_{\Sigma}(Q_M) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta(Q_M)_{ET}^2 + \delta(M)_{PC}^2 + \delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}^2 + \delta_{BK}^2 + \delta_{\Sigma PC \text{ ЧК}}^2}, \quad (146)$$

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

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

$\delta_{\Sigma \text{ЧК(АК)}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных или аналоговых сигналов (измерительного канала аналоговых сигналов), полученная по 11.3 (11.4);

δ_{BK} – наибольшая погрешность, %, измерительного канала времени измерений, полученная по 11.2;

$\delta_{\Sigma PC \text{ ЧК}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала частотно-импульсных сигналов (к которым подключаются расходомеры, входящие в состав установки), полученная по 11.3.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении расходомеров не превышает значения, указанные в таблице 1, или отрицательным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости при применении расходомеров превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.7 Проверка соответствия средства измерений обязательным требованиям к эталону

При положительных результатах поверки установка в зависимости от пределов допускаемой относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности), указанных в руководстве по эксплуатации на установку, при применении весовых устройств и/или мерников может соответствовать вторичному эталону (часть 1/часть2) или рабочему эталону 1 разряда/2 разряда/3 разряда (часть 1) или рабочему эталону 1 разряда/2 разряда (часть 2) единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости в соответствии с ГПС (часть 1/часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, при применении ТПУ и/или расходомеров может соответствовать рабочему эталону 1 разряда/2 разряда/3 разряда (часть 1) или рабочему эталону 1 разряда/2 разряда (часть 2) единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости в соответствии с ГПС (часть 1/часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты измерений и вычислений вносят в протокол поверки (рекомендуемая форма указана в Приложении А).

Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, предусмотренным действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

12.2 При положительных результатах поверки по заявлению заказчика оформляют свидетельство о поверке, подтверждающее соответствие установки обязательным требованиям к эталонам в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений, к которому прилагают протокол поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (при его наличии) и на пломбы и/или специальную мастику, установленные на фланцевые соединения расходомеров (при их наличии) и/или ТПУ (при ее наличии), а также при наличии мерников места их крепления к основанию (общей раме) установки (в соответствии с руководством по эксплуатации на установку).

При применении в составе установки средств измерений массы жидкости в потоке, и/или объема жидкости в потоке, и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости утвержденного типа без действующих положительный сведений, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений – дополнительно пломбируются данные средства измерений в соответствии с их описанием типа.

При применении в составе установки средств измерений массы жидкости в потоке, и/или объема жидкости в потоке, и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости производства ООО «ИПФ» Нептун» (не утвержденного типа) – дополнительно в соответствии с руководством по эксплуатации на установку, в состав которой входят данные средства измерений, пломбируются (при наличии): шкала и/или уровнемерная трубка, и/или накидная гайка смотрового глазка (диоптра) сливного трубопровода, и/или сливной кран (клапан трубопровода) нижнего донного налива, и/или места крепления компенсатора вместимости мерника /или отверстия завернутых винтов крепления детекторов положения шарового поршня, и/или через отверстия в двух шпильках, расположенных диаметрально на всех присоединительных фланцах измерительного участка ТПУ.

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

Приложение А

Форма протокола поверки средства измерений (Рекомендуемая)

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № ____

Стр. ____ из ____

Наименование средства измерений: _____

Тип, модель, изготовитель: _____

Заводской номер: _____

Наименование и адрес заказчика: _____

Методика поверки: _____

Место проведения поверки: _____

Поверка выполнена с применением: _____

Условия проведения поверки: _____

Температура окружающей среды _____

Атмосферное давление _____

Относительная влажность _____

Результаты поверки:

1 Внешний осмотр средства измерений: (положительный/отрицательный, пункт 7) _____

2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений: (положительный/отрицательный, пункт 8) _____

3 Проверка программного обеспечения: (положительный/отрицательный, пункт 9) _____

4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:

Определение диапазона расхода, воспроизводимого установкой

Наименьший зафиксированный расход при применении в качестве средств измерений _____

Наибольший зафиксированный расход при применении в качестве средств измерений _____

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

№ изм	t_i , с	t_f , с	$t_{\text{эт}}$, с	$\delta_{\text{вк}}, \%$	max $\delta_{\text{вк}}, \%$
1					
...					
i					
1					
...					
i					
1					
...					
i					

Таблица А.2 – Определение СКО измерительного канала частотно-импульсных сигналов и НСП измерительного канала частотно-импульсных сигналов

$f, \text{Гц}$	№ изм.	Канал	N	$N_{\text{эт}}$	$\delta_{\text{чк}}, \%$	$\delta_{\text{чк}}, \%$	$S_{\text{чк}}, \%$	$S_{\text{чк}}, \%$	$\Theta_{\text{чк}}, \%$
1	1	1							
	...								
	i								
	1								
	...								
	i								
	1								
	...								
	i								
	1	n							
	...								
	i								
	1								
	...								
	i								
	1								
	...								
	i								
	1								
	...	n							
	i								
	1								
	...								
	i								

Таблица А.3 – Определение относительной погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов.

$S_{\text{ФЧК}}, \%$	$S_{\Sigma\text{ЧК}}, \%$	$K_{\Sigma\text{ЧК}}, \%$	$\delta_{\Sigma\text{ЧК}}, \%$

Таблица А.4 – Определение СКО измерительного канала аналоговых сигналов и НСП измерительного канала аналоговых сигналов

№ изм.	Канал	$I_{\text{Эт}}$	I	$\delta_{\text{АК}}, \%$	$\bar{\delta}_{\text{АК}}, \%$	$S_{\Delta\text{АК}}, \%$	$S_{\text{АК}}, \%$	$\Theta_{\text{АК}}, \%$
1								
...								
i								
1								
...								
i								
1								
...								
i								
1								
...								
i								
1								
...								
i								
1								
...								
i								
1								
...								
i								
1								
...								
i								
1								
...								
i								

Таблица А.5 – Определение относительной погрешности измерительного канала аналоговых сигналов

$S_{\Theta\text{АК}}, \%$	$S_{\Sigma\text{АК}}, \%$	$K_{\Sigma\text{АК}}, \%$	$\delta_{\Sigma\text{АК}}, \%$

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

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

Таблица А.6 – Результаты измерений

Таблица А.7 – Обработка полученных данных

Продолжение таблицы А.7

Результат: (положительный/отрицательный)

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

Таблица А.8 – Результаты измерений

Таблица А.9 – Обработка полученных данных

Продолжение таблицы А.9

Результат: (положительный/отрицательный)

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

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

Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона 1 разряда/2 разряда/3 разряда в соответствии с ГПС (часть 1), при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств

Форма протокола по МИ 3665-2022, дополнительно заполняют таблицу А.10 и А.11.

Таблица А.10 – Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости

$\delta_{\text{ЧК(АК), \%}}$	$\delta_{\Sigma}(M), \%$	$\delta_{\Sigma}(Q_M), \%$	$\delta_{\Sigma}(M), \%$	$\delta_{\Sigma}(Q_M), \%$

Таблица А.11 – Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости

$\delta_{\text{ЧК(АК), \%}}$	$\delta_{\Sigma}(V), \%$	$\delta_{\Sigma}(Q_V), \%$	$\delta_{\Sigma}(V), \%$	$\delta_{\Sigma}(Q_V), \%$

Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки, применяемой в качестве эталона I разряда/2 разряда в соответствии с ГПС (часть 2), при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости при применении весовых устройств

Таблица А.12 – Определение относительной погрешности весовых устройств

$M_{\text{ном, т/ч}}$	№ изм.	$M, \text{кг}$	$M_{\text{эт}}, \text{кг}$	$\delta_{\text{вн}, \%}$
1	1			
	...			
	i			
\dots	1			
	...			
	i			
j	1			
	...			
	i			

Определение погрешности измерительного канала массы жидкости, обусловленной работой переключателя потока

Таблица А.13 – Результаты измерений

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

Таблица А.14 – Обработка полученных данных

$M_{\text{пп}}, \text{кг}$										$\bar{M}_{\text{пп}}, \text{кг}$	$\delta_{\text{пп}}, \%$
1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5		

Таблица А.15 – Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости

$\delta_{\text{ПЖА}}, \%$	$\delta_{\text{ВК}}, \%$	$\delta_{\text{ЧД(АК)}}, \%$	$\delta_{\text{ВУ}}, \%$	$\delta_{\text{ПН}}, \%$	$\delta_{\text{ПВ}}, \%$	$\delta_{\Sigma}(M), \%$	$\delta_{\Sigma}(Q_M), \%$

Таблица А.16 – Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости

$\delta_{\text{ПЖД}}, \%$	$\delta_{\text{ВК}}, \%$	$\delta_{\text{ЧД(АК)}}, \%$	$\delta_{\text{ВУ}}, \%$	$\delta_{\text{ПН}}, \%$	$\delta_{\text{ПВ}}, \%$	$\delta_{\Sigma}(V), \%$	$\delta_{\Sigma}(Q_V), \%$

Результат: (положительный/отрицательный) _____

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

Гравиметрический метод передачи единиц

Таблица А.17 – Результаты измерений

Таблица А.18 – Обработка полученных данных

Объемный метод передачи единиц

Таблица А.19 – Результаты измерений

№ изм.	$V_{\text{ном.}}$ (дм ³)	P_{μ} (кПа)	T_{μ} (°C)	h_a (%)	$t_{\text{вн.}}$ (°C)	$t_{\text{вн.}}$ (°C)	$\rho_{\text{вн.}}$ (кг/м ³)	$\rho_{\text{вн.}}$ (кг/м ³)	$K_{\text{РВ}}$	$\rho_{\text{вн.}}$ (кг/м ³)	$V_{\text{вн.}}$ (дм ³)	$V_{\text{ИГДН.}}$ (дм ³)	β (°C ⁻¹)	V_m (дм ³)	$\overline{V_m}$ (дм ³)	$V_{\text{ИГДН.}}$ (дм ³)	$\delta(V)$, (%)	$\delta(V_{\text{ш}})$, (%)	$\delta(V)$, (%)	$\delta(V_{\text{ш}})$, (%)	
1	1																				
...																					
i	i																				
1																					
...	i																				
i																					

Таблица А.20 – Обработка полученных данных

$S(V)$, (%)	$\Theta(V_{(x_0)})$, (%)	$\Theta(V)$, (%)	$S_0(V)$, (%)	$S_{\Sigma}(V)$, (%)	$K_{\Sigma}(V)$, (%)	δ_M , (%)

Определение погрешности измерительного канала объема жидкости, обусловленной работой переключателя потока

Таблица А.21 – Результаты измерений

№ изм.	τ , с	V , дм ³	Q_V , м ³ /ч	\bar{V} , дм ³	$\bar{\tau}$, с	\bar{Q}_V , м ³ /ч
1						
...						
i						
№ изм.	τ , с	V , дм ³	Q_V , м ³ /ч	\bar{V} , дм ³	$\bar{\tau}$, с	\bar{Q}_V , м ³ /ч
1						
...						
i						
№ изм.	τ , с	V , дм ³	Q_V , м ³ /ч	\bar{V} , дм ³	$\bar{\tau}$, с	\bar{Q}_V , м ³ /ч
1						
...						
i						
№ изм.	τ , с	V , дм ³	Q_V , м ³ /ч	\bar{V} , дм ³	$\bar{\tau}$, с	\bar{Q}_V , м ³ /ч
1						
...						
i						
№ изм.	τ , с	V , дм ³	Q_V , м ³ /ч	\bar{V} , дм ³	$\bar{\tau}$, с	\bar{Q}_V , м ³ /ч
1						
...						
i						

Таблица А.22 – Обработка полученных данных

$V_{\text{пп}}$, дм ³										$\bar{V}_{\text{пп}}$, дм ³	$\delta_{\text{пп}}$, %
1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5		

Таблица А.23 – Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости

$\delta_{\text{ВК}}$, %	$\delta_{\text{ЧК}}$, %	δ_M , %	$\delta_{\text{пп}}$, %	$\delta_{\text{п}}$, %	$\delta_{\Sigma}(M)$, %	$\delta_{\Sigma}(Q_M)$, %

Таблица А.24 – Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости

$\delta_{\text{вк}}, \%$	$\delta_{\text{чк}}, \%$	$\delta_M, \%$	$\delta_{\text{ш}}, \%$	$\delta_{\text{п}}, \%$	$\delta_1(V), \%$	$\delta_2(Q_V), \%$

Результат: (положительный/отрицательный) _____

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

Определение вместимости калиброванных участков ТПУ и пределов допускаемой относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) ТПУ при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа

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

Форма протокола по ГОСТ Р 8.1027-2023, дополнительно заполняют таблицу А.25.

Таблица А.25 – Обработка полученных данных

$\delta_0, \%$	$\delta_{\text{чк}}, \%$	$\delta_{\text{п}}, \%$	$\delta_{\text{ш}}, \%$	$\delta_1(V), \%$	$\delta_2(Q_V), \%$	$\delta_3(M), \%$	$\delta_4(Q_M), \%$

Результат: (положительный/отрицательный) _____

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

Таблица А.26 – Результаты измерений

№ изм	Q_n м ³ /ч	t , с	t_{xt} , с	V , дм ³	V_{xt} , дм ³	M , кг	M_{xt} , кг	$\delta(V)_{PC}$, %	$\delta(M)_{PC}$, %	$\delta_1(V)$, %	$\delta_1(Q_r)$, %	$\delta_2(M)$, %	$\delta_2(Q_m)$, %
1													
...													
i													
1													
...													
i													
1													
...													
i													

Результат: (положительный/отрицательный) _____

Заключение по результатам поверки (годен / негоден): _____

Подпись поверителя _____ /
подпись _____ И. О. Фамилия
Дата «____» 20____ г.

Приложение Б (обязательное)

Определение поправок к значениям номинальных масс замещающих грузов и суммарной массы комплекта замещающих грузов

Поправки к значениям номинальных масс гирь 4 разряда, соответствующих классу точности М₁ (далее – замещающих грузов), суммарную массу комплекта замещающих грузов определяют с применением эталона гири и компаратора.

Компаратор массы подготавливают к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

Подбирают достаточное количество замещающих грузов суммарной массой в кг, численно соответствующей вместимости поверяемого мерника в дм³, и идентифицируют порядковыми номерами.

С помощью гири или гирь и компаратора эталона определяют поправки к значениям номинальных масс каждого из замещающих грузов по методу замещения согласно схеме «AB₁B₂...B_nA» в соответствии с ГОСТ OIML R 111-1-2009 по формуле

$$\Delta m_{bj} = \Delta m_a + (I_{bj} - \bar{I}_a), \quad (Б.1)$$

где Δm_{bj} – поправки к значению номинальной массы j -го замещающего груза, кг;

Δm_a – отклонение от номинального значения массы эталона (гири), взятое из паспорта эталона на гирю или свидетельства о поверке гири, кг;

I_{bj} – показание компаратора массы для j -го замещающего груза, кг;

\bar{I}_a – среднее значение показания компаратора массы, кг, определяемое по формуле

$$\bar{I}_a = \frac{1}{2} \cdot (I_{a1} + I_{aK}), \quad (Б.2)$$

где I_{a1} I_{aK} – показания компаратора массы для гири (эталон) при первом и последнем измерении по схеме цикла «AB₁B₂...B_nA».

Суммарную массу комплекта замещающих грузов m_b , кг, рассчитывают по формуле

$$m_b = N \cdot l + \sum_{j=1}^l \Delta m_{bj}, \quad (Б.3)$$

где l – количество замещающих грузов;

N – номинальное значение массы замещающего груза, кг.

Примечание – Измерения проводят без перерывов, соблюдая примерно равные промежутки времени между ними.

Приложение В (обязательное)

Определение погрешности измерительного канала объема жидкости, обусловленной работой переключателя потока

Для определения погрешности измерительного канала объема жидкости, обусловленной работой переключателя потока, в зависимости от диапазона расхода жидкости для каждого переключателя потока, входящего в состав установки, выбирают следующие точки расхода: наименьший ($Q_{V\min}$), м³/ч, наибольший ($Q_{V\max}$), м³/ч и 0,5 от суммы наибольшего и наименьшего расходов – (0,5·($Q_{V\max} + Q_{V\min}$)), м³/ч.

Допускается смещать точки расхода на величину до ± 5 %.

Для каждой точки расхода выбирают не менее пяти значений интервала времени измерений, в течение которого жидкость поступает в мерник: наибольшее (t_1 , с), наименьшее (t_5 , с), средние арифметические значения ($t_2 = 0,5 \cdot (t_1 + t_3)$, с), ($t_3 = 0,5 \cdot (t_1 + t_5)$, с) и ($t_4 = 0,5 \cdot (t_3 + t_5)$, с).

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

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

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

Для определения погрешности измерительного канала объема жидкости, обусловленной работой переключателя потока, составляют десять систем уравнений, каждая из которых состоит из двух линейных алгебраических уравнений с двумя неизвестными

$$1-2 \begin{cases} \overline{V}_{1,j} = \overline{Q}_{V1,j} \cdot \overline{\tau}_{1,j} - V_{\text{пп1}}, \\ \overline{V}_{2,j} = \overline{Q}_{V2,j} \cdot \overline{\tau}_{2,j} - V_{\text{пп2}}, \end{cases}, \quad (\text{B.1})$$

$$1-3 \begin{cases} \overline{V}_{1,j} = \overline{Q}_{V1,j} \cdot \overline{\tau}_{1,j} - V_{\text{пп1}}, \\ \overline{V}_{3,j} = \overline{Q}_{V3,j} \cdot \overline{\tau}_{3,j} - V_{\text{пп3}}, \end{cases}, \quad (\text{B.2})$$

$$1-4 \begin{cases} \overline{V}_{1,j} = \overline{Q}_{V1,j} \cdot \overline{\tau}_{1,j} - V_{\text{пп1}}, \\ \overline{V}_{4,j} = \overline{Q}_{V4,j} \cdot \overline{\tau}_{4,j} - V_{\text{пп4}}, \end{cases}, \quad (\text{B.3})$$

$$1-5 \begin{cases} \overline{V}_{1,j} = \overline{Q}_{V1,j} \cdot \overline{\tau}_{1,j} - V_{\text{пп1}}, \\ \overline{V}_{5,j} = \overline{Q}_{V5,j} \cdot \overline{\tau}_{5,j} - V_{\text{пп5}}, \end{cases}, \quad (\text{B.4})$$

$$2-3 \begin{cases} \overline{V}_{2,j} = \overline{Q}_{V2,j} \cdot \overline{\tau}_{2,j} - V_{\text{пп2}}, \\ \overline{V}_{3,j} = \overline{Q}_{V3,j} \cdot \overline{\tau}_{3,j} - V_{\text{пп3}}, \end{cases}, \quad (\text{B.5})$$

$$2-4 \begin{cases} \overline{V}_{2,j} = \overline{Q}_{V2,j} \cdot \overline{\tau}_{2,j} - V_{\text{пп2}}, \\ \overline{V}_{4,j} = \overline{Q}_{V4,j} \cdot \overline{\tau}_{4,j} - V_{\text{пп4}}, \end{cases}, \quad (\text{B.6})$$

$$2-5 \begin{cases} \overline{V}_{2,j} = \overline{Q}_{V2,j} \cdot \overline{\tau}_{2,j} - V_{\text{пп2}}, \\ \overline{V}_{5,j} = \overline{Q}_{V5,j} \cdot \overline{\tau}_{5,j} - V_{\text{пп5}}, \end{cases}, \quad (\text{B.7})$$

$$3-4 \begin{cases} \overline{V}_{3_j} = \overline{Q_{V3_j}} \cdot \overline{\tau}_{3_j} - V_{\text{пп3}_j}, \\ \overline{V}_{4_j} = \overline{Q_{V4_j}} \cdot \overline{\tau}_{4_j} - V_{\text{пп4}_j}, \end{cases} \quad (B.8)$$

$$3-5 \begin{cases} \overline{V}_{3_j} = \overline{Q_{V3_j}} \cdot \overline{\tau}_{3_j} - V_{\text{пп3}_j}, \\ \overline{V}_{5_j} = \overline{Q_{V5_j}} \cdot \overline{\tau}_{5_j} - V_{\text{пп5}_j}, \end{cases} \quad (B.9)$$

$$4-5 \begin{cases} \overline{V}_{4_j} = \overline{Q_{V4_j}} \cdot \overline{\tau}_{4_j} - V_{\text{пп4}_j}, \\ \overline{V}_{5_j} = \overline{Q_{V5_j}} \cdot \overline{\tau}_{5_j} - V_{\text{пп5}_j}. \end{cases} \quad (B.10)$$

Для решения систем уравнений принимают допущения, что объемы жидкости, не попавшие в мерник, для $\overline{\tau}_{1_j}$, $\overline{\tau}_{2_j}$, $\overline{\tau}_{3_j}$, $\overline{\tau}_{4_j}$ и $\overline{\tau}_{5_j}$ равны ($V_{\text{пп1}_j} = V_{\text{пп2}_j} = V_{\text{пп3}_j} = V_{\text{пп4}_j} = V_{\text{пп5}_j}$), а в системах уравнений 1-2, 1-3, 1-4 и 1-5 значение $\overline{Q_{V1}}$ «истинное», где искомые величины определяют путем подстановки $\overline{Q_{V1}}$ во второе уравнение каждой системы, в системах уравнений 2-3, 2-4 и 2-5 значение $\overline{Q_{V2}}$ «истинное», где искомые величины определяют путем подстановки $\overline{Q_{V2}}$ во второе уравнение каждой системы, в системах уравнений 3-4 и 3-5 значение $\overline{Q_{V3}}$ «истинное», где искомые величины определяют путем подстановки $\overline{Q_{V3}}$ во второе уравнение каждой системы; в системе уравнений 4-5 значение $\overline{Q_{V4}}$ «истинное», где искомую величину определяют путем подстановки $\overline{Q_{V4}}$ во второе уравнение данной системы.

Объем жидкости, не попавший в мерник, в j -ой точке $\overline{V_{\text{пп}_j}}$, кг, вычисляют по формулам

$$\overline{V_{\text{пп}_j}} = \frac{V_{\text{пп(1-2)}_j} + V_{\text{пп(1-3)}_j} + V_{\text{пп(1-4)}_j} + V_{\text{пп(1-5)}_j} + \dots + V_{\text{пп(4-5)}_j}}{10}, \quad (B.11)$$

$$V_{\text{пп(1-2)}_j} = \overline{Q_{V1_j}} \cdot \overline{\tau}_{2_j} - \overline{V}_{2_j}, \quad (B.12)$$

$$V_{\text{пп(1-3)}_j} = \overline{Q_{V1_j}} \cdot \overline{\tau}_{3_j} - \overline{V}_{3_j}, \quad (B.13)$$

$$V_{\text{пп(1-4)}_j} = \overline{Q_{V1_j}} \cdot \overline{\tau}_{4_j} - \overline{V}_{4_j}, \quad (B.14)$$

$$V_{\text{пп(1-5)}_j} = \overline{Q_{V1_j}} \cdot \overline{\tau}_{5_j} - \overline{V}_{5_j}, \quad (B.15)$$

$$V_{\text{пп(2-3)}_j} = \overline{Q_{V2_j}} \cdot \overline{\tau}_{3_j} - \overline{V}_{3_j}, \quad (B.16)$$

$$V_{\text{пп(2-4)}_j} = \overline{Q_{V2_j}} \cdot \overline{\tau}_{4_j} - \overline{V}_{4_j}, \quad (B.17)$$

$$V_{\text{пп(2-5)}_j} = \overline{Q_{V2_j}} \cdot \overline{\tau}_{5_j} - \overline{V}_{5_j}, \quad (B.18)$$

$$V_{\text{пп(3-4)}_j} = \overline{Q_{V3_j}} \cdot \overline{\tau}_{4_j} - \overline{V}_{4_j}, \quad (B.19)$$

$$V_{\text{пп(3-5)}_j} = \overline{Q_{V3_j}} \cdot \overline{\tau}_{5_j} - \overline{V}_{5_j}, \quad (B.20)$$

$$V_{\text{пп(4-5)}_j} = \overline{Q_{V4_j}} \cdot \overline{\tau}_{5_j} - \overline{V}_{5_j}. \quad (B.21)$$

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

$$\delta_{\text{пп}} = \frac{\overline{V_{\text{пп}}}}{V_{\text{норм}}} \cdot 100. \quad (\text{B.22})$$