

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

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

Государственный научный метрологический центр

ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по развитию



А.С. Тайбинский

2019 г.

ИНСТРУКЦИЯ


Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные УПР

Методика поверки

МП 1025-1-2019

Начальник ИИО-1


Р.А. Корнеев
тел. отдела: (843) 272-12-02

г. Казань

2019

Настоящая инструкция распространяется на установки поверочные УПР (далее – установки), предназначенные для измерений, воспроизведения, хранения и передачи единиц массового и объемного расхода жидкости, массы и объема жидкости в потоке и устанавливает методику и последовательность ее первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- для установок класса точности А, В, и С при первичной или периодической поверке:
 - внешний осмотр (п.6.1);
 - опробование (п.6.2);
- подтверждение соответствия программного обеспечения СИ (п.6.3);
- определение метрологических характеристик при помощи эталона сравнения (п.6.5);

Допускается при периодической поверке установок класса точности В и С проводить поверку по следующим пунктам:

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

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

– Государственный первичный специальный эталон единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2017 (для установок, класса точности 1ВР, 2ВР или 00Р);

– вторичный эталон в соответствии с частью 1 Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07.02.2018 № 256 (для установок, класса точности 2ВР или 00Р);

– рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с частью 1 Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07.02.2018 № 256 (для установок класса С с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении массы и/или объема жидкости в потоке, массового и/или объемного расхода жидкости более $\pm 0,2\%$);

– рабочий эталон единицы массы 4 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.18 №2818;

– калибратор многофункциональный модели МС5-R диапазоны измерения ± 50 В, ± 100 мА, от 0 до 4000 Ом, от 1 Гц до 50 кГц, от 0 до 60 бар (регистрационный № 22237-08);

– частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/3, диапазон измеряемых частот от 0,001 Гц до 20 кГц, временных интервалов от 1 с до 1000 с (регистрационный № 32359-06);

– измеритель плотности жидкостей вибрационный ВИП-2МР (регистрационный № 27163-09).

2.2 Допускается вместо рабочего эталона единицы массы 4-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.18 №2818 использовать следующий набор средств поверки: рабочий эталон единицы массы 3 разряда с номинальным значением 20 кг в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств

измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.18 №2818, компаратор массы на 20 кг с среднеквадратическим отклонением $\pm 0,1$ г и балластный груз с номинальной массой 20 кг в количестве, необходимым для выполнения пункта 6.4.1.

2.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 При проведении поверки соблюдают требования:

- правил эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки, установок, приведенных в их эксплуатационных документах.

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

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

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

Окружающая среда с параметрами:

- | | |
|---|--------------|
| – температура окружающей среды, °С | (25 ± 15) |
| – относительная влажность окружающей среды, % | от 30 до 80 |
| – атмосферное давление, кПа | от 84 до 107 |

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

- | | |
|---------------------------|-----------|
| – температура, °С | (20 ± 10) |
| – давление, МПа, не более | 2,5 |

Попадание воздуха в измерительный участок установок не допускается.

4.2 Все средства измерений, предназначенные для измерений условий измеряемой среды и окружающей среды, входящие в состав установки, перед началом поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке и срок окончания действия свидетельств о поверке должен быть не менее 10 месяцев.

4.3 Допускается проводить периодическую поверку установок поверочных УПР используемых для измерений (воспроизведения) меньшего числа величин (массового и объемного расхода жидкости, массы и объема жидкости в потоке), при применении весовых устройства и/или расходомеров, с уменьшением количества воспроизводимых единиц на основании письменного заявления владельца средства измерений, оформленного в произвольной форме, с соответствующим занесением величин и диапазона в свидетельство о поверке.

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверка выполнения условий пункта 2, 3 и 4 настоящей инструкции;
- подготовка к работе установки и средств поверки согласно их эксплуатационным документам;
- удаление воздуха из трубопроводов системы согласно руководству по эксплуатации установки;
- проверка герметичности фланцевых соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением. Систему считают герметичной, если при рабочем давлении в течение 5 минут не наблюдается течи и капель измеряемой среды.

– определение плотности измеряемой среды установки при 20 °С и занесение полученного результата в систему управления, сбора и обработки информации установки (только для установок, имеющих в своем составе весовые устройства и/или массовые расходомеры).

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливается соответствие установки следующим требованиям:

- комплектность, маркировка должны соответствовать эксплуатационным документам;
- на установке не должно быть внешних механических повреждений, влияющих на ее работоспособность.

Результат считается положительным, если на установке не было обнаружено внешних механических повреждений, влияющих на ее работоспособность, а комплектность и маркировка соответствует эксплуатационным документам.

6.2 Опробование

При опробовании определяют работоспособность установки и ее составных частей в соответствии с их эксплуатационными документами. При этом, изменяя расход поверочной жидкости, убеждаются по показаниям установки в изменении значений расхода жидкости соответствующим образом.

Результаты опробования установки считают положительным, если при изменении расхода жидкости, показания установки изменяются соответствующим образом.

6.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения СИ

При проведении поверки выполняют операцию подтверждения соответствия программного обеспечения заявленным идентификационным данным с использованием ПК и программного обеспечения установки.

Подготовка к проведению подтверждения соответствия:

- запустить программное обеспечение установки поверочной.

Определение идентификационных данных программного обеспечения:

- выбрать в основном меню программы установки поверочной пункт «Справка»;
- активизировать данный пункт меню;
- в выпавшем подменю выбрать пункт «О программе» и активизировать его.

На мониторе ПК должны отобразиться идентификационные данные программного обеспечения.

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если полученные идентификационные данные программного обеспечения установки поверочной (идентификационное наименование программного обеспечения, номер версии (идентификационный номер программного обеспечения) соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа на установке поверочные УПР

6.4 Определение метрологических характеристик

6.4.1 Определение погрешности весовых устройств

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

Относительную погрешность весовых устройств (далее – ВУ) определяют последовательным нагружением гирь класса точности М1 (входящих в состав эталона массы 4 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.18 №2818) равномерно размещая на платформе весовых устройств. Количество измерений должно быть не менее пяти в каждой точке нагружения.

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

Проверка производится в пяти равноудаленных друг от друга точках нагружения включая крайние. За наибольшее значение массы в точке нагружения принимается наибольший предел взвешивания ВУ, за наименьшее значение массы в точке нагружения – наименьший предел взвешивания ВУ.

Допускается смещать точки нагружения ± 10 % от номинального значения точки нагружения ВУ.

Относительную погрешность весовых устройств $\delta_{\text{вУ}}$, %, определяют по формуле:

$$\delta_{\text{вУ}} = \left(\frac{M_{\text{в}} - M_{\text{з}}}{M_{\text{з}}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

где $M_{\text{в}}$ – масса измеренная весовым устройством, кг;

$M_{\text{з}}$ – действительное значение эталона массы, кг.

Примечание – При применении рабочего эталона единицы массы 3 разряда с номинальным значением 20 кг, компаратора массы на 20 кг в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.18 №2818 с СКО $\pm 0,1$ г и балластного груза, балластный груз предварительно пронумеровывают, и определяют действительную массу каждого груза.

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

6.4.2 Определение погрешности измерительного канала массы жидкости, обусловленных работой переключателя потока

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

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

В зависимости от диапазона количества (массы) жидкости в потоке для каждого весового устройства, входящего в состав установки, выбирают пять равноудаленных точек количества, включая наименьшую ($M_{\text{наим}}$, т) и наибольшую ($M_{\text{наиб}}$, т).

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

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

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

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

Относительную погрешность измерительного канала массы воды, обусловленную работой переключателя потока, нестабильностью расхода и режимом работы установки, $\delta_{\text{пт}}$, в j -ой точке количества, %, вычисляют по формулам:

$$\begin{cases} \overline{Q_{M1j}} = \frac{(\overline{M_{u3M1}})_j}{\overline{\tau_{1j}}} , \\ M_{nm(1-2)j} = \overline{Q_{M1j}} \cdot \overline{\tau_{2j}} - \overline{M_{u3M2j}} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M1j}} = \frac{(\overline{M_{u3M1}})_j}{\overline{\tau_{1j}}} , \\ M_{nm(1-3)j} = \overline{Q_{M1j}} \cdot \overline{\tau_{3j}} - \overline{M_{u3M3j}} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M1j}} = \frac{(\overline{M_{u3M1}})_j}{\overline{\tau_{1j}}} , \\ M_{nm(1-4)j} = \overline{Q_{M1j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - \overline{M_{u3M4j}} \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M1j}} = \frac{(\overline{M_{u3M1}})_j}{\overline{\tau_{1j}}} , \\ M_{nm(1-5)j} = \overline{Q_{M1j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - \overline{M_{u3M5j}} \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M2j}} = \frac{(\overline{M_{u3M2}})_j}{\overline{\tau_{2j}}} , \\ M_{nm(2-3)j} = \overline{Q_{M2j}} \cdot \overline{\tau_{3j}} - \overline{M_{u3M3j}} \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M2j}} = \frac{(\overline{M_{u3M2}})_j}{\overline{\tau_{2j}}} , \\ M_{nm(2-4)j} = \overline{Q_{M2j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - \overline{M_{u3M4j}} \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M2j}} = \frac{(\overline{M_{u3M2}})_j}{\overline{\tau_{2j}}} , \\ M_{nm(2-5)j} = \overline{Q_{M2j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - \overline{M_{u3M5j}} \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M3j}} = \frac{(\overline{M_{u3M3}})_j}{\overline{\tau_{3j}}} , \\ M_{nm(3-4)j} = \overline{Q_{M3j}} \cdot \overline{\tau_{4j}} - \overline{M_{u3M4j}} \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M3j}} = \frac{(\overline{M_{изм3}})_j}{\overline{\tau_{3j}}} \\ M_{m(3-5)j} = \overline{Q_{M3j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - \overline{M_{изм5j}} \end{cases}, \quad (10)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M4j}} = \frac{(\overline{M_{изм4}})_j}{\overline{\tau_{4j}}} \\ M_{m(4-5)j} = \overline{Q_{M4j}} \cdot \overline{\tau_{5j}} - \overline{M_{изм5j}} \end{cases}, \quad (11)$$

$$\overline{M_{mj}} = \frac{M_{m(1-2)j} + M_{m(1-3)j} + M_{m(1-4)j} + M_{m(1-5)j} + \dots + M_{m(4-5)j}}{10}, \quad (12)$$

$$\delta_{mnj} = \frac{\overline{M_{mj}}}{M_{наимj}} \cdot 100, \quad (13)$$

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

6.4.3 Определение погрешности измерительного канала времени измерений

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

Измерения проводятся при работе установки в режиме поверки СИ (допускается проводить измерения без наличия расхода измеряемой среды). При измерении задаются временные интервалы равные 30, 100 и 600 секунд.

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

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

$$\delta_{вк} = \frac{t_{уст} - t_{ч}}{t_{ч}} \cdot 100 \quad (14)$$

где $t_{уст}$ – время, измеренное установкой, с;
 $t_{ч}$ – время, измеренное частотомером, с.

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

6.4.4 Определение погрешности измерительного канала плотности воды и воздуха

Данный пункт выполняется только при наличии весовых устройств и/или массовых расходомеров в составе установки.

С помощью плотномера измеряется плотность измеряемой среды установки при 20 °С и атмосферном давлении и заносят данное значение ССОИ установки.

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

$$\delta_{\rho_{жс}} = \frac{(1,1 \cdot \sqrt{A^2 \cdot \frac{\Delta_{t_{жс}}^2}{1,1} + B^2 \cdot \frac{\Delta_{P_{жс}}^2}{1,1} + \frac{\Delta_{\rho_{жс}}^2}{1,1}})}{P_{жс_{наим}}} \cdot 100 \quad (15)$$

- где A – значение приращения плотности измеряемой среды на 0,1 °С;
 B – значение приращения плотности измеряемой среды на 0,1 МПа;
 $\Delta_{t_{жс}}$ – абсолютная погрешность измерения температуры измеряемой среды установки.
 $\Delta_{P_{жс}}$ – абсолютная погрешность измерения избыточного давления измеряемой среды установки.
 $\Delta_{\rho_{жс}}$ – абсолютная погрешность средства измерения плотности воды.
 $\Delta_{t_{жс}}, \Delta_{P_{жс}}, \Delta_{\rho_{жс}}$ – значения погрешностей указаны в эксплуатационных документах на конкретное средство измерений.
 $P_{жс_{наим}}$ – наименьшее значение плотности измеряемой среды, кг/м³.

Примечание:

Значения приращений A и B определяются в соответствии с таблицей зависимости плотности воды от температуры и давления.

Фиксируют рассчитанное значение $\delta_{\rho_{жс}}$.

Погрешность определения плотности воздуха $\delta_{\rho_{в}}$ не превышает 0,004%.

6.4.5 Определение погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов

Определение погрешности частотно-импульсных каналов производится по схеме, представленной на рисунке 1.

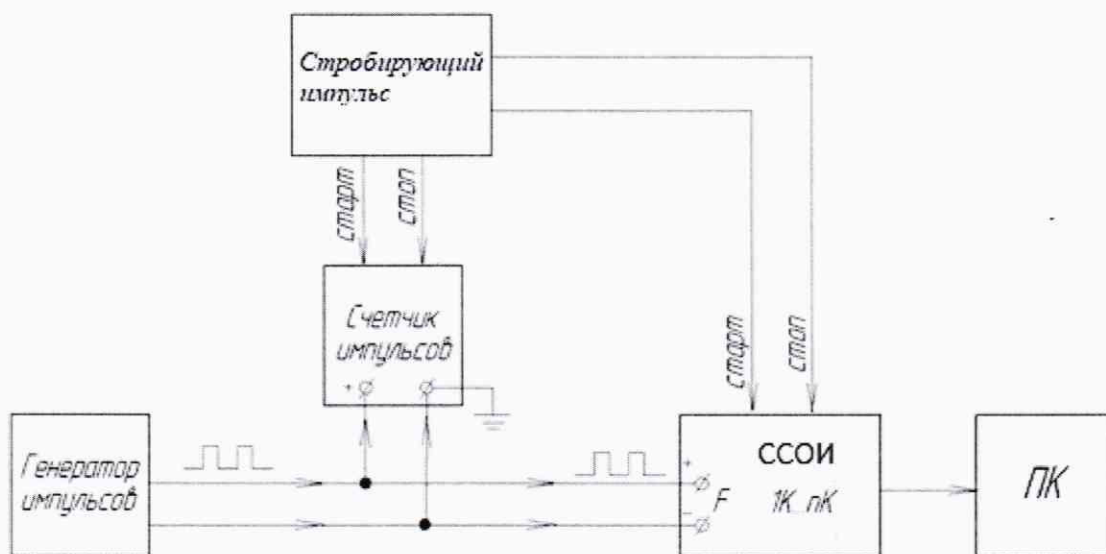


Рисунок 1

Частотомер включают в режиме счетчика импульсов.

На генераторе прямоугольных импульсов устанавливают последовательно значения частоты выходного сигнала равные 100, 5000 и 10000 Гц.

Поверка производится в режиме поверки средства измерения с импульсным сигналом. Интервал измерения выбирают так, чтобы набранное количество импульсов было не менее 10000 импульсов.

После команды «Начать измерение» система сбора и обработки информации (далее – ССОИ) обрабатывает команду «старт», которая разрешает подсчет импульсов выбранным частотно-импульсным каналом и одновременно разрешает формирователю последовательности импульсов прохождение импульсов с генератора импульсов на выбранный частотно-импульсный канал и счетчик импульсов. После истечения необходимого интервала времени ССОИ обрабатывает команду «стоп», которая прекращает подсчет импульсов выбранным частотно-импульсным каналом и одновременно запрещает прохождение импульсов с генератора импульсов на выбранный частотно-импульсный канал и счетчик импульсов.

Набранное количество импульсов ССОИ, регистрируемое в протоколе измерения, сравнивают с количеством импульсов подсчитанное, частотомером. Измерения повторяют не менее пяти раз на каждой частоте следования импульсов.

Погрешность частотно-импульсных измерительных каналов $\delta_{чк}$, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{чк} = \left(\frac{N_k - N_{\text{э}}}{N_{\text{э}}} \right) \cdot 100 \quad (16)$$

где N_k – количество импульсов, измеренное ССОИ;

$N_{\text{э}}$ – количество импульсов, измеренное частотомером.

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

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

6.4.6 Определение погрешности измерительного канала аналоговых сигналов

При определении приведенной погрешности аналоговых измерительных каналов для средств измерений с токовым выходным сигналом собирают схему, указанную на рисунке 2.

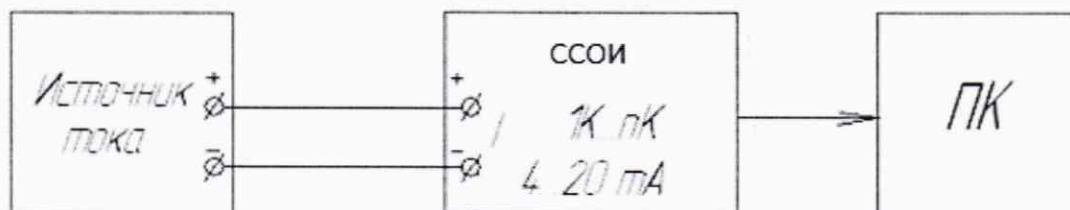


Рисунок 2

На выходе источника постоянного тока (калибратор электрических сигналов) поочередно устанавливают значения тока, соответствующие 4, 8, 12, 16 и 19.8 мА. При каждом значении входного тока регистрируют показания дисплея $I_{изм}$.

Приведенная относительная погрешность аналоговых измерительных каналов средств измерений с токовым выходным сигналом, $\delta_{кА}$, %, вычисляют по формулам:

$$\delta_{кА} = \left(\frac{I_{изм} - I_{\text{э}}}{I_{\text{н}}} \right) \cdot 100 \quad (17)$$

где $I_{изм}$ – значение тока, измеренное ССОИ, мА;

$I_{\text{э}}$ – эталонное значение тока (заданное с калибратора), мА;

I_n – диапазон измерения аналогового сигнала, мА.

Операцию повторяют для всех аналоговых измерительных каналов установки.

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

6.4.7 Определение относительной погрешности расходомеров при измерении массы (объема) жидкости в потоке и массового (объемного) расхода жидкости

Определение относительной погрешности расходомеров при измерении массы (объема) жидкости в потоке и массового (объемного) расхода жидкости проводят путем сличения показаний расходомеров и показаний полученных с использованием следующих вариантов:

– на месте эксплуатации с помощью весовых устройств входящих в состав установки;
– рабочего эталона 1 разряда (далее ЭТ) единиц массы и/или объема жидкости в потоке, массового и/или объемного расхода жидкости с демонтажем расходомеров (для установок с расходомерами с относительной погрешностью более $\pm 0,2\%$);

– на месте эксплуатации по пункту 6.5 данной методики с применением эталона сравнения (из состава ГЭТ 63-2017 или вторичного эталона) (далее ЭС).

Относительную погрешность расходомеров массовых допускается проводить только при измерении массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости.

Относительную погрешность расходомеров объемных допускается проводить только при измерении объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости.

Относительную погрешность расходомера определяют на 3 равноудаленных значениях расхода жидкости, включая наименьшую и наибольшую расходную точку для расходомера в зависимости от рабочего диапазона расходомера.

Расход задается с точностью 2 %. При каждом значении расхода проводят не менее 5 измерений, набранное количество импульсов с расходомера за время измерения должно быть не менее 10000 импульсов.

Относительную погрешность расходомеров при измерении массы (объема) жидкости в потоке $\delta_{м(в)}$, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{м(в)} = \left(\frac{M(V)_p - M(V)_э}{M(V)_э} \right) \cdot 100 \quad (18)$$

где $M(V)_p$ – масса (объем) жидкости в потоке измеренная (ый) расходомером, дм^3 ;
 $M(V)_э$ – масса (объем) жидкости в потоке по показаниям весов (ВТ, ЭТ или ЭС), дм^3 .

Масса (объем) жидкости в потоке по показаниям расходомера, $(M)V_p$, дм^3 , вычисляется по следующей формуле:

$$M(V)_p = \frac{N_p}{K_p} \quad (19)$$

где N_p – количество импульсов по показаниям установки, имп;
 K_p – коэффициент преобразования расходомера, имп/кг(дм^3).

Относительную погрешность расходомеров при измерении массового (объемного) расхода жидкости $\delta_{qm(в)}$, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{qm(v)} = \left(\frac{Q_{pm(v)} - Q_{\varepsilon}}{Q_{\varepsilon}} \right) \cdot 100 \quad (20)$$

где $Q_{pm(v)}$ – массовый (объемный) расход жидкости, измеренный расходомером, т/ч ($M^3/ч$);

Q_{ε} – массовый (объемный) расход жидкости по показаниям весов (ВТ, ЭТ или ЭС), т/ч ($M^3/ч$).

Массовый (объемный) расход жидкости по показаниям расходомера, $Q_{pm(v)}$, т/ч ($M^3/ч$), вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{pm(v)} = \left(\frac{M(V)_p}{t_{изм}} \cdot 3,6 \right) \quad (21)$$

где, $t_{изм}$ – время измерения, с;

Фиксируют наибольшее полученное значение из серии измерений по формулам 7 и 9.

6.4.8 Обработка результатов измерения.

6.4.8.1 Определение относительной погрешности установки при измерении массового и объемного расходов, массы и объема жидкости в потоке, при применении ВУ

Относительную погрешность установки при измерении массы жидкости в потоке δ_M , %, вычисляется по формуле:

$$\delta_M = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{вУ}}^2 + \delta_{\text{чк}}^2 + \delta_{\text{пт}}^2 + \delta_{\text{рв}}^2} \quad (22)$$

Относительную погрешность установки при измерении массового расхода жидкости δ_{QM} , %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{QM} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{вУ}}^2 + \delta_{\text{чк}}^2 + \delta_{\text{пт}}^2 + \delta_{\text{вк}}^2 + \delta_{\text{рв}}^2} \quad (23)$$

Относительную погрешность установки при измерении объема жидкости в потоке δ_V , %, вычисляется по формуле:

$$\delta_V = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{вУ}}^2 + \delta_{\text{чк}}^2 + \delta_{\text{пт}}^2 + \delta_{\text{ржс}}^2 + \delta_{\text{рв}}^2} \quad (24)$$

Относительную погрешность установки при измерении объемного расхода жидкости δ_{QV} , %, вычисляется по формуле:

$$\delta_{QV} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{вУ}}^2 + \delta_{\text{чк}}^2 + \delta_{\text{пт}}^2 + \delta_{\text{вк}}^2 + \delta_{\text{ржс}}^2 + \delta_{\text{рв}}^2} \quad (25)$$

где: $\delta_{\text{вУ}}$ – наибольшая погрешность, %, ВУ, полученная по п.6.4.1;

$\delta_{\text{чк}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного каналов частотно-импульсных или аналоговых сигналов, полученная по п.6.4.6 (п.6.4.7);

$\delta_{\text{пт}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала массы (объема), полученная по п. 6.4.2;

$\delta_{\text{вк}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала плотности воды, полученная по п. 6.4.3;

$\delta_{рж}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала плотности воды, полученная по п. 6.4.4.

$\delta_{рв}$ – погрешность, %, измерительного канала плотности воздуха, полученная по п.6.4.4

Установки считаются выдержавшими испытания, если относительная погрешность при измерении массы жидкости, массового расхода, объема жидкости, объемного расхода не превышает значений, указанных в руководстве по эксплуатации.

6.4.8.2 Определение относительной погрешности установки при измерении массового и объемного расходов жидкости, массы и объема жидкости в потоке, при применении расходомеров

Относительную погрешность установки при измерении массы (объема) жидкости в потоке $\delta_{M(v)}$, %, при применении расходомеров, вычисляется по формуле:

$$\delta_{M(v)} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_p^2 + \delta_{чк}^2} \quad (26)$$

Относительную погрешность установки при измерении массового (объемного) расхода жидкости $\delta_{QM(v)}$, %, при применении расходомеров, вычисляется по формуле:

$$\delta_{QM(v)} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_p^2 + \delta_{чк}^2 + \delta_{вк}^2} \quad (27)$$

где: δ_p – погрешность, %, расходомеров, полученная по п.6.4.7;

Результаты поверки считаются положительными, если значения относительной погрешности установки при применении расходомеров, не превышает значений соответствующих единиц, указанных в руководстве по эксплуатации.

6.5 Определение метрологических характеристик при помощи эталона сравнения

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

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

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

Исходя из выбранных точек расхода, поочередно устанавливают расходы с допуском $\pm 2\%$ от номинального значения.

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

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

6.5.1 Обработка полученных результатов

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

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

$$Q_{M_{устij}} = \frac{M_{устij}}{\tau_{ij}} \cdot 3,6 \quad (28)$$

где $M_{устij}$ – масса жидкости в потоке, измеренная установкой, кг
 τ_{ij} – время, измеренное установкой, с

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

$$S_{\Theta_{Q_M}} = \frac{\Theta_{Q_{M_{уст}}}}{1,1\sqrt{3}} \quad (29)$$

$$S_{\Theta_M} = \frac{\Theta_{M_{уст}}}{1,1\sqrt{3}} \quad (30)$$

$$\Theta_{Q_{M_{уст}}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{Q_{M_{ЭТ}}}}{1,1}\right)^2 + \Theta_{Q_M}^2 + \delta_{ЧК}^2} \quad (31)$$

$$\Theta_{M_{уст}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{M_{ЭТ}}}{1,1}\right)^2 + \Theta_M^2 + \delta_{ЧК}^2} \quad (32)$$

где $\Theta_{ЭТ}$ – НСП ЭТ (с учетом НСП эталона сравнения), %;

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

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

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

$\delta_{ЧК}$ – погрешность, %, частотно-импульсных каналов (токовых), полученная по п.6.4.6 (п.6.4.7);

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

$$\delta_{Q_{M_{ji}}} = \frac{Q_{устji} - Q_{M_{ЭТji}}}{Q_{M_{ЭТji}} \cdot 100} \quad (33)$$

$$\delta_{Q_{Mj}} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{Q_{Mij}}}{n} \quad (34)$$

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

$$\delta_{M_{ji}} = \frac{M_{уст_{ji}} - M_{ЭТ_{ji}}}{M_{ЭТ_{ji}}} \cdot 100 \quad (35)$$

$$\delta_{M_j} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{M_{ij}}}{n} \quad (36)$$

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

$$S_{Q_M} = \sqrt{S_{Q_M \text{ ЭТ}}^2 + S_{Q_M \text{ уст}}^2} \quad (37)$$

$S_{Q_M \text{ ЭТ}}$ – СКО ЭТ (с учетом СКО эталона сравнения) при измерении массового расхода жидкости, %;

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

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

$$S_{Q_{M_{устj}}} = \frac{1}{Q_{M_{устj}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{M_{устj}} - \overline{Q_{M_{устj}}})^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \quad (38)$$

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

$$S_M = \sqrt{S_{M \text{ ЭТ}}^2 + S_{M \text{ уст}}^2} \quad (39)$$

$S_{M \text{ ЭТ}}$ – СКО ЭТ (с учетом СКО эталона сравнения) при измерении массы жидкости в потоке, %;

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

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

$$S_{M_j} = \frac{1}{M_j} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_j - \overline{M_j})^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \quad (40)$$

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

$$S_{\Sigma Q_M} = \sqrt{S_{\Theta_{Q_M}}^2 + S_{Q_M}^2} \quad (41)$$

$$S_{\Sigma M} = \sqrt{S_{\Theta_M}^2 + S_M^2} \quad (42)$$

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

$$\Delta_{Q_M} = K_{Q_M} \cdot S_{\Sigma Q_M} \quad (43)$$

$$\Delta_M = K_M \cdot S_{\Sigma M} \quad (44)$$

$$K_M = \frac{t \cdot S_M + \Theta_M}{S_M + S_{\Theta_M}} \quad (45)$$

$$K_{Q_M} = \frac{t \cdot S_{Q_M} + \Theta_{Q_M}}{S_{Q_M} + S_{\Theta_{Q_M}}} \quad (46)$$

t – коэффициент Стьюдента при $P=0,95$;

6.5.1.2 Обработка результатов измерений единицы объемного расхода и объема жидкости в потоке

Объемный расход жидкости, измеренный поверяемой установкой, $\text{м}^3/\text{ч}$, вычисляется по формуле:

$$Q_{V_{уст_{ij}}} = \frac{V_{уст_{ij}}}{\tau_{ij}} \cdot 3,6 \quad (47)$$

где $V_{уст_{ij}}$ – объем жидкости в потоке, измеренный установкой, м^3
 τ_{ij} – время, измеренное установкой, с

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

$$S_{\Theta_{Q_V}} = \frac{\Theta_{Q_{V_{уст}}}}{1,1\sqrt{3}} \quad (48)$$

$$S_{\Theta_V} = \frac{\Theta_{V_{уст}}}{1,1\sqrt{3}} \quad (49)$$

$$\Theta_{Q_{V_{уст}}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{Q_{V_{ЭТ}}}}{1,1}\right)^2 + \Theta_{Q_V}^2 + \delta_{ЧК}^2} \quad (50)$$

$$\Theta_{V_{уст}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{V_{ЭТ}}}{1,1}\right)^2 + \Theta_V^2 + \delta_{ЧК}^2} \quad (51)$$

где $\Theta_{ЭТ}$ – НСП ЭТ (с учетом НСП эталона сравнения), %;

ЭТ – Эталон от которого передаются единицы объемного расхода жидкости и объема жидкости в потоке;

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

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

$\delta_{ЧК}$ – погрешность, %, частотно-импульсных каналов (токовых), полученная по п.6.4.5 (п.6.4.6);

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

$$\delta_{Q_{V_{ji}}} = \frac{Q_{уст_{ji}} - Q_{V_{ЭТ_{ji}}}}{Q_{V_{ЭТ_{ji}}}} \cdot 100 \quad (52)$$

$$\delta_{Q_{V_j}} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{Q_{V_{ij}}}}{n} \quad (53)$$

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

$$\delta_{V_{ji}} = \frac{V_{уст_{ji}} - V_{ЭТ_{ji}}}{V_{ЭТ_{ji}}} \cdot 100 \quad (54)$$

$$\delta_{V_j} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{V_{ij}}}{n} \quad (55)$$

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

$$S_{Q_V} = \sqrt{S_{Q_V \text{ ЭТ}}^2 + S_{Q_V \text{ уст}}^2} \quad (56)$$

$S_{Q_V \text{ ЭТ}}$ – СКО ЭТ (с учетом СКО эталона сравнения) при измерении объемного расхода жидкости, %;

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

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

$$S_{Q_{V_{\text{уст}j}}} = \frac{1}{Q_{V_{\text{уст}j}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{V_{\text{уст}j}i} - \overline{Q_{V_{\text{уст}j}}})^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \quad (57)$$

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

$$S_V = \sqrt{S_{V_{\text{ЭТ}}}^2 + S_{V_{\text{уст}}}^2} \quad (58)$$

$S_{V_{\text{ЭТ}}}$ – СКО (с учетом СКО эталона сравнения) при измерении массы жидкости в потоке, %;

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

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

$$S_{M_j} = \frac{1}{V_j} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{ji} - \overline{V_j})^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \quad (59)$$

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

$$S_{\Sigma Q_V} = \sqrt{S_{\Theta_{Q_V}}^2 + S_{Q_V}^2} \quad (60)$$

$$S_{\Sigma V} = \sqrt{S_{\Theta_V}^2 + S_V^2} \quad (61)$$

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

$$\Delta_{Q_V} = K_{Q_V} \cdot S_{\Sigma Q_V} \quad (62)$$

$$\Delta_V = K_V \cdot S_{\Sigma V} \quad (63)$$

$$K_V = \frac{t \cdot S_V + \Theta_V}{S_V + S_{\Theta_V}} \quad (64)$$

$$K_{Q_V} = \frac{t \cdot S_{Q_V} + \Theta_{Q_V}}{S_{Q_V} + S_{\Theta_{Q_V}}} \quad (65)$$

t – коэффициент Стьюдента при $P=0,95$;

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

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

7.2 При положительных результатах поверки установки оформляют свидетельство о поверке в соответствии с формой, утвержденной приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015, к которому прилагают протокол поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке, а также на пломбы, установленные на фланцевые соединения расходомеров установки.

7.3 При отрицательных результатах поверки установку к применению не допускают, выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с процедурой, утвержденной приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015.