

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

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

Государственный научный метрологический центр

ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по развитию

ФГУП «ВНИИР»

А.С. Гайбинский

« 21 » 02 2019 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные ТЕСТ-РС

Методика поверки

МП 0924-1-2019

г. Казань

2019

Настоящая инструкция распространяется на установки поверочные ТЕСТ-РС (далее – установки), предназначенные для измерений, воспроизведения, хранения и передачи единиц массового и объемного расходов 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

1.1 При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (пункт 6.1);
- опробование (пункт 6.2);
- подтверждение соответствия программного обеспечения СИ (пункт 6.3);
- определение метрологических характеристик при помощи эталона сравнения (пункт 6.5);

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

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

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства:

– Государственный первичный специальный эталон единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2017 (для установок, класса точности А, В или С);

– 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 В или С);

– 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 по ГОСТ 8.021-2015;

– калибратор многофункциональный модели МС5-Р 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 по ГОСТ 8.021-2015 использовать следующий набор средств поверки: рабочий эталон единицы массы 3 разряда с номинальным значением 20 кг по ГОСТ 8.021-2015, 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 (20 ±5)
- относительная влажность окружающей среды, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 86 до 107

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

- температура, °С (20 ±5)
- давление, МПа, не более 0,8
- изменение температуры измеряемой среды в процессе одного измерения, °С, не более ±0,2
- изменение давления измеряемой среды в процессе поверки, МПа, не более ±0,05

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 ТЕСТ-РС 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 устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

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

6.2 Опробование

6.2.1 При опробовании определяют работоспособность установки и ее составных частей в соответствии с их эксплуатационными документами. При этом, изменяя расход измеряемой среды, убеждаются по показаниям расходомеров, входящих в состав установки (далее – расходомеры) в изменении их значений.

6.2.2 Проверка верхнего и нижнего значения воспроизводимых температур измеряемой среды установки (данный пункт выполняется, если значение наибольшей температуры измеряемой среды установки превышает 50 °С)

Для этого с помощью системы подогрева (охлаждения) и поддержания заданной температуры установки устанавливают поочередно наименьшую и наибольшую температуру измеряемой среды с допуском ± 2 °С и задают любой расход.

Результат считается положительным, если зафиксированы значения наименьшей и наибольшей температуры соответствует значениям, указанным в руководстве по эксплуатации.

6.2.3 Диапазон воспроизведения расхода установки определяется нижним и верхним значениями воспроизводимого установкой расхода на соответствующих измерительных линиях:

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

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

Для этого согласно руководству по эксплуатации устанавливают поочередно наименьший и наибольший расходы измеряемой среды в соответствующей измерительной линии установки, и не менее 100 секунд регистрируют значение расхода по индикатору установки.

Результат считается положительным, если показания средств измерений расхода установки стабильны и не превышают ± 5 %, от нормированных в руководстве по эксплуатации наибольшего и наименьшего значений расхода.

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 установки поверочные ТЕСТ-РС

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 по ГОСТ 8.021-2015) равномерно размещая на платформе весовых устройств. Количество измерений должно быть не менее пяти в каждой точке нагружения.

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

Поверка производится в пяти равноудаленных друг от друга точках нагружения включая крайние. За максимальное 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 по ГОСТ 8.021-2015 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 (объема) жидкости, обусловленных работой переключателя потока

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

Данный пункт выполняется только при наличии ВУ 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 ($Q_{M(V)\text{наим}}$), т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$), наибольший ($Q_{M(V)\text{наиб}}$), т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$), 0,5 от суммы наибольшего и наименьшего расходов ($0,5 \cdot (Q_{M(V)\text{наиб}} + Q_{M(V)\text{наим}}$), т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$). Допускается увеличивать количество точек расхода в диапазоне.

В зависимости от диапазона количества (массы и (или) объема) жидкости в потоке для каждого переключателя потока на конкретной расходной точке выбирают следующие точки количества: наименьший ($M(V)\text{наим}$), т (м^3), наибольший ($M(V)\text{наиб}$), т (м^3), и 0,25 от суммы

наибольшего и наименьшего количества $(0,25 \cdot (M(V)_{\text{наиб}} + M(V)_{\text{наим}}))$, т (м³); 0,5 от суммы наибольшего и наименьшего количества $(0,5 \cdot (M(V)_{\text{наиб}} + M(V)_{\text{наим}}))$, т (м³); 0,75 от суммы наибольшего и наименьшего количества $(0,75 \cdot (M(V)_{\text{наиб}} + M(V)_{\text{наим}}))$, т (м³). Допускается увеличивать количество точек количества в диапазоне.

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

6.4.2.3 Точки расхода и нагружения выбираются в соответствии с п. 6.4.2.1. Допускается смещать точки расхода и нагружения на значение $\pm 5\%$ от выбранного.

6.4.2.4 Для каждой точки расхода рассчитывают следующие времена измерений: наибольшее (τ_1), с; наименьшее (τ_5), с; среднеарифметическое значение от $(0,5 \cdot (\tau_1 + \tau_5)) = (\tau_3)$, с; среднеарифметическое значение $(0,5 \cdot (\tau_1 + \tau_3)) = (\tau_2)$, с; среднеарифметическое значение от $(0,5 \cdot (\tau_3 + \tau_5)) = (\tau_4)$, с.

Для каждой точки расхода при каждом интервале времени проводят не менее 11 (одиннадцати) измерений.

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

Относительную погрешность измерительного канала массы жидкости, обусловленная работой переключателя потока, стабильностью расхода и режимом работы установки δ_{m_j} в j точке, %, вычисляют по формулам:

$$\begin{cases} \overline{Q_{M1_j}} = \frac{(\overline{M_{\text{изм}1}})_j}{\overline{\tau_{1_j}}} \\ \overline{M_{m(1-2)_j}} = \overline{Q_{M1_j}} \cdot \overline{\tau_{2_j}} - \overline{M_{\text{изм}2_j}} \end{cases}, \quad (2)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M1_j}} = \frac{(\overline{M_{\text{изм}1}})_j}{\overline{\tau_{1_j}}} \\ \overline{M_{m(1-3)_j}} = \overline{Q_{M1_j}} \cdot \overline{\tau_{3_j}} - \overline{M_{\text{изм}3_j}} \end{cases}, \quad (3)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M1_j}} = \frac{(\overline{M_{\text{изм}1}})_j}{\overline{\tau_{1_j}}} \\ \overline{M_{m(1-4)_j}} = \overline{Q_{M1_j}} \cdot \overline{\tau_{4_j}} - \overline{M_{\text{изм}4_j}} \end{cases}, \quad (4)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M1_j}} = \frac{(\overline{M_{\text{изм}1}})_j}{\overline{\tau_{1_j}}} \\ \overline{M_{m(1-5)_j}} = \overline{Q_{M1_j}} \cdot \overline{\tau_{5_j}} - \overline{M_{\text{изм}5_j}} \end{cases}, \quad (5)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M 2_j}} = \frac{\overline{(M_{u3M 2})_j}}{\overline{\tau_{2_j}}} \\ M_{nn(2-3)_j} = \overline{Q_{M 2_j}} \cdot \overline{\tau_{3_j}} - \overline{M_{u3M 3_j}} \end{cases}, \quad (6)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M 2_j}} = \frac{\overline{(M_{u3M 2})_j}}{\overline{\tau_{2_j}}} \\ M_{nn(2-4)_j} = \overline{Q_{M 2_j}} \cdot \overline{\tau_{4_j}} - \overline{M_{u3M 4_j}} \end{cases}, \quad (7)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M 2_j}} = \frac{\overline{(M_{u3M 2})_j}}{\overline{\tau_{2_j}}} \\ M_{nn(2-5)_j} = \overline{Q_{M 2_j}} \cdot \overline{\tau_{5_j}} - \overline{M_{u3M 5_j}} \end{cases}, \quad (9)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M 3_j}} = \frac{\overline{(M_{u3M 3})_j}}{\overline{\tau_{3_j}}} \\ M_{nn(3-4)_j} = \overline{Q_{M 3_j}} \cdot \overline{\tau_{4_j}} - \overline{M_{u3M 4_j}} \end{cases}, \quad (9)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M 3_j}} = \frac{\overline{(M_{u3M 3})_j}}{\overline{\tau_{3_j}}} \\ M_{nn(3-5)_j} = \overline{Q_{M 3_j}} \cdot \overline{\tau_{5_j}} - \overline{M_{u3M 5_j}} \end{cases}, \quad (10)$$

$$\begin{cases} \overline{Q_{M 4_j}} = \frac{\overline{(M_{u3M 4})_j}}{\overline{\tau_{4_j}}} \\ M_{nn(4-5)_j} = \overline{Q_{M 4_j}} \cdot \overline{\tau_{5_j}} - \overline{M_{u3M 5_j}} \end{cases}, \quad (11)$$

$$\overline{M_{nn_j}} = \frac{M_{nn(1-2)_j} + M_{nn(1-3)_j} + M_{nn(1-4)_j} + M_{nn(1-5)_j} + \dots + M_{nn(4-5)_j}}{10} \quad (12)$$

$$\delta_{m_j} = \frac{\overline{M_{m_j}}}{M_{\text{наим}_j}} \cdot 100 \quad (13)$$

Фиксируется наибольшее из полученных значений $\delta_{\text{пн}}$, из серии измерений.

6.4.3 Определение погрешности измерительного канала интервалов времени измерений

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

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

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

Относительную погрешность измерительного канала интервалов времени измерений, $\delta_{\text{вк}}$, %, вычисляют по формуле:

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

где $t_{\text{уст}}$ – время, по показаниям установки, с;
 $t_{\text{ч}}$ – время, по показаниям частотомера, с.

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

6.4.4 Определение погрешности измерительного канала плотности воды и воздуха

Данный пункт выполняется только при наличии ВУ 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 в ССОИ установки.

6.4.4.1 Определение погрешности измерительного канала плотности воды

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

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

где A – значение приращения плотности измеряемой среды на 0,1 °С, кг/м³/°С;
 B – значение приращения плотности измеряемой среды на 0,1 МПа, кг/м³/МПа;
 $\Delta_{t_{\text{жс}}}$ – абсолютная погрешность измерения температуры измеряемой среды установки, °С.

$\Delta_{P_{\text{жс}}}$ – абсолютная погрешность измерения избыточного давления измеряемой среды установки, МПа.

$\Delta_{\rho_{\text{жс}}}$ – абсолютная погрешность средства измерения плотности воды, кг/м³.

$P_{\text{жс}_{\text{наим}}}$ – 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 в соответствии ГСССД 2-77. $\Delta_{t_{ж}}$, $\Delta_{P_{ж}}$, $\Delta_{\rho_{ж}}$ – значения погрешностей указаны в эксплуатационных документах на конкретное средство измерений.

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

6.4.4.2 Определение погрешности измерительного канала плотности воздуха.

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

6.4.5 Определение погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов

Определение погрешности измерительного канала частотно-импульсных сигналов производится по схеме, представленной на рисунке 1.

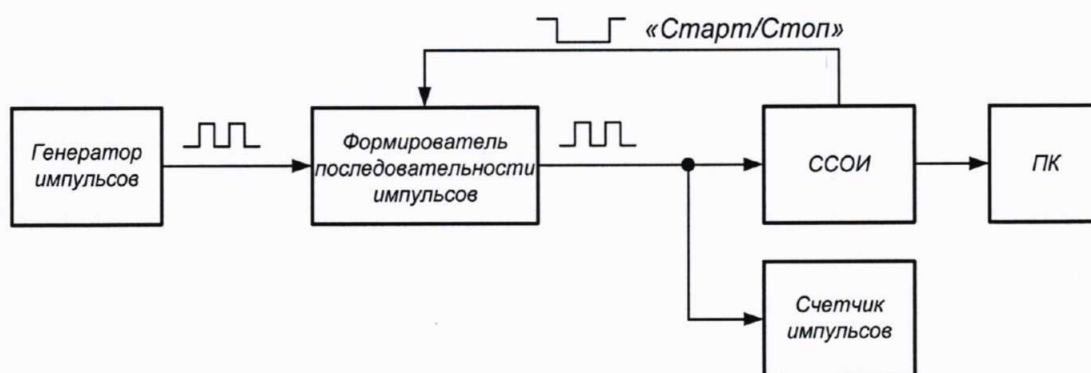


Рисунок 1 – Схема подключения

Частотомер включают в режиме счетчика импульсов.

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

Определение метрологических характеристик производится в режиме поверки средства измерений 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) отрабатывает 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 отрабатывает 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 измерительного канала частотно-импульсных сигналов $\delta_{чк}$, %, вычисляют по формуле:

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

где $N_{\text{к}}$ – количество импульсов, по показаниям ССОИ;
 $N_{\text{э}}$ – количество импульсов, по показаниям частотомера.

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

Фиксируют наибольшее из полученных значение $\delta_{\text{чк}}$ 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.

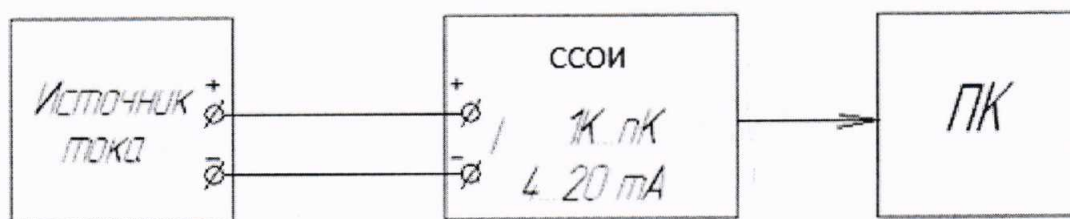


Рисунок 2

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 ССОИ установки.

Приведенная относительная погрешность измерительного канала аналоговых сигналов, $\delta_{\text{кА}}$, %, вычисляют по формуле:

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

где $I_{\text{изм}}$ – значение тока, по показаниям ССОИ, мА;
 $I_{\text{э}}$ – эталонное значение тока (заданное с калибратора), мА;
 $I_{\text{н}}$ – диапазон измерения аналогового сигнала, мА.

Операцию повторяют для всех измерительных каналов аналоговых сигналов установки. Фиксируют наибольшее из полученных значение $\delta_{\text{кА}}$ 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 ВУ, 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).

В случае, если температура измеряемой среды на установке превышает 50 °С (согласно руководству эксплуатации на установку), то определение относительной погрешности расходомеров при измерении массы (объема) жидкости в потоке и массового (объемного) расхода жидкости проводится на двух температурах измеряемой среды от +15 до +25 °С включительно и наибольшей температуры измеряемой среды с допуском ±5°С.

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 5 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 $\delta_{m(v)}$, %, вычисляют по формуле:

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

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 (имп/дм³).

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

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

где $Q_{qm(v)}$ – массовый (объемный) расход жидкости, измеренный расходомером, т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$);
 $Q_э$ – массовый (объемный) расход жидкости по показаниям весов (ВТ, ЭТ или ЭС), т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$).

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 из полученных значений из серии измерений по формулам 18 и 20.

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_{Q_M} , %, вычисляется по формуле:

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

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_{Q_V} , %, вычисляется по формуле:

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

где: $\delta_{\text{вУ}}$ – наибольшая погрешность ВУ, полученная по пункту 6.4.1, %;
 $\delta_{\text{чк}}$ – наибольшая погрешность, измерительных каналов частотно-импульсных (аналоговых сигналов), полученная по пункту 6.4.6 (пункту 6.4.7), %;
 $\delta_{\text{пт}}$ – наибольшая погрешность, измерительного канала массы жидкости полученная по п. 6.4.2, %;
 $\delta_{\text{вк}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала интервалов времени, полученная по п. 6.4.3, %;
 $\delta_{\text{ржс}}$ – наибольшая погрешность, %, измерительного канала плотности воды, полученная по п. 6.4.4, %.
 $\delta_{\text{рв}}$ – погрешность, %, измерительного канала плотности воздуха, полученная по п.6.4.4

Результаты поверки считают положительным, если значения относительной погрешности не превышают значения соответствующих единиц, 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, вычисляют 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 $\delta_{Q_M(Q_V)}$, %, при применении расходомеров, вычисляется по формуле:

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

где δ_p – погрешность расходомеров, полученная по пункту 6.4.7, %;

Результаты поверки считают 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 основного средства измерения установки (ВУ и/или расходомеры), в зависимости от его диапазона расходов, выбирают следующие контрольные точки расходов: $Q_{\text{наим}}$, $(Q_{\text{наим}} + Q_{\text{наиб}})/2$, $Q_{\text{наиб}}$, (допускается в силу особенностей установки смещать контрольные точки $\pm 10\%$). В случае если расход превышает 300 т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$), то $Q_{\text{наиб}}$ выбирают равной 300 т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$). В случае если минимальный расход меньше 0,1 т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$), то точку $Q_{\text{наим}}$ выбирают равной 0,1 т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$).

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

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

где $M_{уст,ij}$ – 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:

$$\delta_{Q_{M_{ji}}} = \frac{Q_{уст,ji} - Q_{M_{ЭТ,ji}}}{Q_{M_{ЭТ,ji}}} \cdot 100 \quad (33)$$

$$\delta_{Q_{M_j}} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{Q_{M_{ij}}}}{n} \quad (34)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$S_{M_{усм}}$ – 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:

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

где $V_{\text{учм}ij}$ – 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 вычисляются по формулам:

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

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

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

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

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

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

$\Theta_{Q_{усм}}$ – 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:

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

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

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

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

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

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

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

$S_{Q_v \text{ ЭТ}}$ – 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:

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

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:

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

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:

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

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

$$K_v = \frac{t \cdot S_v + \Theta_v}{S_v + S_{\Theta_v}} \quad (64)$$

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

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, предыдущее свидетельство о поверке аннулируют и выдают извещение о непригодности к применению, с указанием причин в соответствии с процедурой, утвержденной приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015.