

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

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

Государственный научный метрологический центр

ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по развитию

ФГУП «ВНИИР»

А.С. Тайбинский

«30» 06 2019 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Установка поверочная СПРУТ 100М

Методика поверки

МП 0985-1-2019

Начальник научно-

исследовательского отдела

Р.А. Корнеев

тел. отдела: (843) 272-12-02

г. Казань

2019

Настоящая инструкция распространяется на установку поверочную СПРУТ 100М, заводской номер 01 (далее – установка), предназначенную 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 ПО ПОВЕРКЕ

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 (пункт 6.4).

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

– 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 расхода жидкости, утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256;

– калибратор многофункциональный модели MC5-R диапазоны измерения ± 500 мВ; ± 50 В, ± 100 мА, 0,0028 Гц – 50 кГц, 0 – 9999999 имп., 0 – 4000 Ом, (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)

2.2 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, установки, 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:

Окружающая среда с параметрами:

- | | |
|-----------------------------------------------|--------------|
| – температура окружающей среды, °С | от 15 до 25 |
| – 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 | от 15 до 25 |
| – давление, МПа, не более | 0,8 |
| – изменение температуры измеряемой среды в процессе одного измерения, °С, не более | $\pm 0,2$ |
| – изменение давления измеряемой среды в процессе поверки, МПа, не более | $\pm 0,05$ |

Попадание воздуха в измерительный участок установки не допускается.

4.2 Все средства измерений, предназначенные для измерений условий измеряемой 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.

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверка выполнения условий п.2 – п.4 настоящей инструкции;
- подготовка к работе установки и средств поверки согласно их эксплуатационным документам;
- проверка герметичности фланцевых соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением. Систему считают герметичной, если при рабочем давлении в течение 5 минут не наблюдается течи и капель поверочной жидкости, а также отсутствует падение давления по манометру (преобразователю давления);
- удаление воздуха из трубопроводов системы согласно руководству по эксплуатации установки;

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

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

Результаты проверки считают удовлетворительными, если маркировка и комплектность соответствует требованиям эксплуатационных документов, и на установке отсутствуют механические повреждения и дефекты, препятствующие их применению.

6.2 Опробование

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 соответствующим образом.

Результаты опробования установки считают удовлетворительными, если при изменении расхода измеряемой среды показания расходомеров 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.

На мониторе ПК в заголовке окна ПО отобразятся идентификационные данные программного обеспечения.

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается удовлетворительным, 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 установку поверочную СПРУТ 100М.

6.4 Определение метрологических характеристик

6.4.1 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 средствами измерения расхода, входящими в состав установки;

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

Верхний и нижний предел определяться как по массовому, так и по объемному расходу жидкости.

Для этого согласно руководству по эксплуатации устанавливают поочередно наименьший и наибольший расходы жидкости в измерительных линиях установки, и не менее 100 секунд регистрируют значение расхода по индикатору средства измерений расхода.

Результат считается удовлетворительным, если показания средств измерений расхода стабильны в каждой точке расхода, а их среднеарифметические значения соответствуют нормированным данным диапазонов измерений для каждой измерительной линии.

6.4.2 Определение погрешности частотно-импульсных каналов

Работу счетчика частотомера (в режиме измерения количества импульсов) синхронизируют с сигналами «старт» и «стоп» предусмотренных на установке (согласно руководству по эксплуатации) которые формируют интервал измерения.

На генераторе прямоугольных импульсов устанавливают последовательно значения частоты выходного сигнала равные 100, 250 и 500 Гц.

Запускают программное обеспечение установки в режиме поверки средства измерения с частотно-импульсным сигналом методом сличения. Задают интервал измерения не менее 120 с. Набранное количество импульсов ИВК установки регистрируемое в протоколе измерения сравнивают с количеством импульсов подсчитанное частотомером. Измерения повторяют не менее трех раз на каждой частоте следования импульсов.

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

$$\delta_{чк} = \left(\frac{N_k - N_{\text{э}}}{N_{\text{э}}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

где N_k – количество импульсов, по показаниям ИВК установки;

$N_{\text{э}}$ – количество импульсов, по показаниям счетчика импульсов.

Операцию повторяют для каждого частотно-импульсного измерительного канала установки.

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

6.4.3 Определение погрешности аналоговых измерительных каналов

На выходе источника постоянного тока (калибратор электрических сигналов) поочередно устанавливают значения тока, соответствующие 4, 8, 12, 16 и 20 мА. При каждом значении входного тока регистрируют показания дисплея установки $I_{изм}$.

Приведенная относительная погрешность аналоговых измерительных каналов средств измерений с токовым выходным сигналом, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{кА} = \left(\frac{I_{изм} - I_{\text{э}}}{I_n} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

где $I_{изм}$ – значение тока, по показаниям установки, мА;

I_{Σ} – эталонное значение тока (заданное с калибратора), мА;

$I_{н}$ – диапазон измерения аналогового сигнала, мА.

Операцию повторяют для всех аналоговых измерительных каналов установки.

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

6.4.4 Определение относительной погрешности установки при измерении массового и объемного расхода, массы и объема жидкости в потоке с помощью эталона сравнения

Для каждого эталонного средства измерения установки (весовые устройства и/или расходомеры), в зависимости от его диапазона расходов, выбираются следующие контрольные точки расходов: $Q_{наим}$, $0,5Q_{наиб}$, $Q_{наиб}$, (допускается в силу особенностей установки смещать контрольные точки $\pm 10\%$). В случае если наименьший расход меньше $0,1$ т/ч ($м^3/ч$), то точку $Q_{наим}$ допускается выбирать равной $0,1$ т/ч ($м^3/ч$).

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.

6.4.4.1 Обработка полученных результатов

6.4.4.2 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:

$$Q_{M_{уст_{ij}}} = \frac{M_{уст_{ij}}}{\tau_{ij}} \cdot 3,6 \quad (4)$$

где $M_{уст_{ij}}$ – масса жидкости в потоке, по показаниям установки, кг

τ_{ij} – время, по показаниям установки, с

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

$$S_{\Theta_{Q_M}} = \frac{\Theta_{Q_{M_{уст}}}}{1,1\sqrt{3}} \quad (5)$$

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

$$\Theta_{Q_{\text{уст}}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{Q_{\text{МЭТ}}}}{1,1}\right)^2 + \Theta_{Q_{\text{М}}}^2 + \delta_{\text{ЧК}}^2} \quad (7)$$

$$\Theta_{M_{\text{уст}}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{M_{\text{ЭТ}}}}{1,1}\right)^2 + \Theta_M^2 + \delta_{\text{ЧК}}^2} \quad (8)$$

где $\Theta_{\text{ЭТ}}$ – НСП ЭТ, %;

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

$\Theta_{Q_{\text{уст}}}$ – 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 ЭТ), %;

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

$\delta_{\text{ЧК}}$ – погрешность, %, частотно-импульсных каналов (токовых), полученная по п.6.4.2 (п.6.4.3);

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

$$\delta_{Q_{\text{М}j}} = \frac{Q_{\text{уст}j} - Q_{\text{МЭТ}j}}{Q_{\text{МЭТ}j}} \cdot 100 \quad (9)$$

$$\delta_{Q_{\text{М}j}} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{Q_{\text{М}ij}}}{n} \quad (10)$$

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

$$\delta_{M_{\text{М}j}} = \frac{M_{\text{уст}j} - M_{\text{ЭТ}j}}{M_{\text{ЭТ}j}} \cdot 100 \quad (11)$$

$$\delta_{M_{\text{М}j}} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{M_{\text{М}ij}}}{n} \quad (12)$$

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

$$S_{Q_{\text{М}}} = \sqrt{S_{Q_{\text{М} \text{ЭТ}}}^2 + S_{Q_{\text{М} \text{уст}}}^2} \quad (13)$$

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

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

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

$$S_{Q_{M_{устj}}} = \frac{1}{Q_{M_{устj}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{M_{устj}} - \overline{Q_{M_{устj}}})^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \quad (14)$$

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

$$S_M = \sqrt{S_{M_{ЭТ}}^2 + S_{M_{уст}}^2} \quad (15)$$

$S_{M_{ЭТ}}$ – СКО ЭТ при измерении массы жидкости в потоке, %;

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

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

$$S_{M_j} = \frac{1}{M_j} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_j - \overline{M_j})^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \quad (16)$$

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

$$S_{\Sigma Q_M} = \sqrt{S_{\Theta_{Q_M}}^2 + S_{Q_M}^2} \quad (17)$$

$$S_{\Sigma M} = \sqrt{S_{\Theta_M}^2 + S_M^2} \quad (18)$$

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

$$\Delta_{Q_M} = K_{Q_M} \cdot S_{\Sigma Q_M} \quad (19)$$

$$\Delta_M = K_M \cdot S_{\Sigma M} \quad (20)$$

$$K_M = \frac{t \cdot S_M + \Theta_M}{S_M + S_{\Theta_M}} \quad (21)$$

$$K_{Q_M} = \frac{t \cdot S_{Q_M} + \Theta_{Q_M}}{S_{Q_M} + S_{\Theta_{Q_M}}} \quad (22)$$

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

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

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

$$Q_{V_{уст_{ij}}} = \frac{V_{уст_{ij}}}{\tau_{ij}} \cdot 3,6 \quad (23)$$

где $V_{уст_{ij}}$ – объем жидкости в потоке, по показаниям установки, m^3

τ_{ij} – время, по показаниям установки, с

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

$$S_{\Theta_{Q_V}} = \frac{\Theta_{Q_{V_{уст}}}}{1,1\sqrt{3}} \quad (24)$$

$$S_{\Theta_V} = \frac{\Theta_{V_{уст}}}{1,1\sqrt{3}} \quad (25)$$

$$\Theta_{Q_{V_{уст}}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{Q_{V_{ЭТ}}}}{1,1} \right)^2 + \Theta_{Q_V}^2 + \delta_{ЧК}^2} \quad (26)$$

$$\Theta_{V_{уст}} = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\Theta_{V_{ЭТ}}}{1,1} \right)^2 + \Theta_V^2 + \delta_{ЧК}^2} \quad (27)$$

где $\Theta_{ЭТ}$ – НСП ЭТ, %;

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 ЭТ), %;

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

$\delta_{ЧК}$ – погрешность, %, частотно-импульсных каналов (токовых), полученная по п.6.4.2 (п.6.4.3);

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

$$\delta_{Q_{V_{ji}}} = \frac{Q_{усм_{ji}} - Q_{VЭТ_{ji}}}{Q_{VЭТ_{ji}}} \cdot 100 \quad (28)$$

$$\delta_{Q_{V_j}} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{Q_{V_{ij}}}}{n} \quad (29)$$

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

$$\delta_{V_{ji}} = \frac{V_{усм_{ji}} - V_{ЭТ_{ji}}}{V_{ЭТ_{ji}}} \cdot 100 \quad (30)$$

$$\delta_{V_j} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{V_{ij}}}{n} \quad (31)$$

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

$$S_{Q_V} = \sqrt{S_{Q_V ЭТ}^2 + S_{Q_V усм}^2} \quad (32)$$

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

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

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

$$S_{Q_{V_{усм_j}}} = \frac{1}{Q_{V_{усм_j}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{V_{усм_{ji}}} - \overline{Q_{V_{усм_j}}})^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \quad (33)$$

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

$$S_V = \sqrt{S_{V ЭТ}^2 + S_{V усм}^2} \quad (34)$$

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

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

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

$$S_{M_j} = \frac{1}{V_j} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_j - \bar{V}_j)^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \quad (35)$$

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

$$S_{\Sigma Q_v} = \sqrt{S_{\Theta Q_v}^2 + S_{Q_v}^2} \quad (36)$$

$$S_{\Sigma V} = \sqrt{S_{\Theta V}^2 + S_V^2} \quad (37)$$

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

$$\Delta_{Q_v} = K_{Q_v} \cdot S_{\Sigma Q_v} \quad (38)$$

$$\Delta_V = K_V \cdot S_{\Sigma V} \quad (39)$$

$$K_V = \frac{t \cdot S_V + \Theta_V}{S_V + S_{\Theta V}} \quad (40)$$

$$K_{Q_v} = \frac{t \cdot S_{Q_v} + \Theta_{Q_v}}{S_{Q_v} + S_{\Theta_{Q_v}}} \quad (41)$$

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

Установка считается выдержавшей испытания, если относительная погрешность установки не превышает следующих значений:

- при использовании счетчика-расходомера массового:
- при измерении массового расхода и массы жидкости в потоке $\pm 0,065\%$;
- при измерении объемного расхода и объема жидкости в потоке $\pm 0,09\%$;
- при измерении объемного расхода и объема жидкости в потоке преобразователями расхода электромагнитными $\pm 0,15\%$;

7.ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.

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

7.2 При положительных результатах поверки установки 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 (резьбовые) соединения расходомеров установки.

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