

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

« 22 » 2017 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКА ПОВЕРОЧНАЯ CALIBRON МОДЕЛИ S-25

Методика поверки

МП 0696-1-17

г. Казань

2017

Настоящая инструкция распространяется на установку поверочную CALIBRON модели S-25 с заводским номером PR25-0070-0905 (далее – установка), предназначенную для измерений, хранения и передачи единицы объема жидкости, и устанавливает методику и последовательность их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 2 года.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПО ПОВЕРКЕ

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (6.1);
- опробование (6.2);
- определение метрологических характеристик (6.3).

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

- рабочий эталон единицы объема жидкости 1-го разряда в соответствии с ГОСТ 8.470-82 (далее – эталон объема или ЭО) с пределами допускаемой относительной погрешности  $\pm 0,02\%$ ;
- весы специальные электронные Кх-Т4 Line/K-Line (регистрационный номер 66571-17) (далее – весы) с пределами допускаемой относительной погрешности не более  $\pm 0,01\%$ ;
- Государственный первичный эталон единиц массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2013;
- Государственный первичный специальный эталон единицы объемного и массового расхода воды ГЭТ 119-2010 (далее – ГЭТ);
- цилиндры мерные стеклянные класса точности А (регистрационный номер 45088-10);
- манометры МТИ (регистрационный номер 1844-15) с диапазоном измерений от 0 до 0,6 МПа, с классом точности 0,6;
- счетчики-расходомеры жидкости ультразвуковые OPTISONIC 4400 (регистрационный номер 67992-17) с пределами относительной погрешности при измерении объемного расхода  $\pm(1+1/v)$  (где  $v$  – скорость потока, м/с);
- термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-4 (регистрационный номер 303-91) с пределами допускаемой абсолютной погрешности  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ , с диапазоном измерений температуры от плюс 10 до плюс 30  $^\circ\text{C}$ .

2.2 При проведении поверки средств измерений, входящих в состав установки, применяют средства поверки в соответствии с методиками поверки, указанными в разделах «Поверка» описаний типа, являющихся обязательным приложением к свидетельствам об утверждении типа на данные средства измерений.

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

2.4 Все эталоны, используемые в качестве средств поверки, должны быть аттестованы в установленном порядке.

## 3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 При проведении поверки соблюдают следующие требования:

- действующие на предприятии, на котором производится поверка;
- изложенные в руководстве по эксплуатации установки;
- изложенные в эксплуатационных документах на средства поверки.

При проведении поверки должны соблюдаться требования «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил техники безопасности при эксплуатации

электроустановок потребителей», «Правил пожарной безопасности в Российской Федерации» и «Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности».

3.2 Перед началом поверки средств измерений, входящих в состав установки, необходимо выполнить требования безопасности в соответствии с методиками поверки, указанные в разделах «Поверка» описаний типа, являющихся обязательным приложением к свидетельствам об утверждении типа на данные средства измерений.

3.3 Наибольшее давление при поверке не должно превышать значения, указанного в эксплуатационных документах на установку и средства поверки.

3.4 К средствам поверки и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы и площадки, соответствующие требованиям безопасности.

3.5 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость применяемых средств поверки.

3.6 При появлении течи измеряемой среды и других ситуаций, нарушающих процесс поверки, поверка должна быть прекращена.

#### 4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- измеряемая среда:
  - при поверке по 6.3.1 вода по СанПиН 2.1.4.1074-2001 или дистиллированная или деионизированная вода
  - при поверке по 6.3.2 и 6.3.3 вода по СанПиН 2.1.4.1074-2001
- температура измеряемой среды (20±10)
- температура окружающего воздуха, °С (20±5)
- относительная влажность, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 107

4.2 При поверке средств измерений, входящих в состав установки, должны быть соблюдены условия поверки в соответствии с методиками поверки, указанные в разделах «Поверка» описаний типа, являющихся обязательным приложением к свидетельствам об утверждении типа на данные средства измерений.

4.3 Отклонение поверочного расхода от установленного значения в процессе поверки не должно превышать ±2,5%.

4.4 Должны отсутствовать потоки воздуха в помещении (например, сквозняков).

4.5 Вблизи средств поверки или установки должны отсутствовать какие-либо нагревательные элементы, способствующие одностороннему нагреванию средств поверки или установки.

#### 5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1 При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверяют выполнение условий разделов 2 – 4 настоящей инструкции;
- подготовка к работе установки и средств поверки согласно их эксплуатационных документов;
- проверка герметичности фланцевых соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением.

5.2 Перед проведением поверки установки, которая находилась в эксплуатации проверяют степень очистки ее внутренней поверхности. Чистоту внутренней поверхности установки после промывки считают удовлетворительной, если в пробе воды, отобранной из

установки в стеклянный сосуд, отсутствуют масляные и иные следы измеряемой среды, применяемой при эксплуатации.

5.3 Подключают установку к средствам поверки в соответствии с требованиями эксплуатационных документов на установку и средства поверки.

5.4 Удаляют из установки газ (воздух). Производят несколько раз пуск поршня, проверяя после каждого пуска отсутствие газа (воздуха). Считают, что газ (воздух) удален полностью, если из кранов вытекает струя воды без газовых (воздушных) пузырьков. Операции по проверке отсутствия газа (воздуха) в установке проводят после каждого перерыва в работе с остановкой насоса.

5.5 Обеспечивают циркуляцию воды в установке и поверочной установке для стабилизации температуры и давления измеряемой среды.

5.6 При подготовке к поверке средств измерений, входящих в состав установки, должны быть выполнены работы в соответствии с методиками поверки, указанными в разделах «Поверка» описаний типа, являющихся обязательным приложением к свидетельствам об утверждении типа на данные средства измерений.

## **6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

### **6.1 Внешний осмотр**

При внешнем осмотре устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

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

### **6.2 Опробование**

Опробование поверяемой установки проводят путём запуска поршня и проверки работоспособности всех средств поверки и вспомогательного оборудования, применяемых для поверки установки.

Осуществляют контроль протечек в соответствии с разделом 6 «Дифференциальная система обнаружения протечек» руководства по эксплуатации установки.

### **6.3 Определение метрологических характеристик**

Определение метрологических характеристик установки проводят по 6.3.1, 6.3.4, 6.3.5 при использовании весов или по 6.3.2, 6.3.4, 6.3.5 при использовании эталона объема или по 6.3.3, 6.3.4, 6.3.5 при использовании ГЭТ. Поверку средств измерений, входящих в состав установки проводят по 6.3.6.

#### **6.3.1 Определение метрологических характеристик весовым методом**

Определение вместимости установки при стандартных условиях основано на измерениях объема жидкости, вытесняемой поршнем установки, с помощью весов и приведения измеренного объема к стандартным условиям.

При помощи регулятора расхода устанавливают требуемый поверочный расход. Поверочный расход должен превышать минимальный расход установки не менее чем в 2 раза. Контроль значения поверочного расхода осуществляют при помощи преобразователя расхода.

Сливают жидкость, вытесненную поршнем установки, в накопительную емкость и взвешивают.

Значения давления и температуры измеряемой среды в установке, показания весов заносят в протокол.

Количество измерений не менее семи. За одно измерение принимают один проход поршня установки.

Фактическую массу воды при  $i$ -ом измерении вычисляют по формуле

$$M_{\theta i} = M_i \cdot \frac{\left(1 - \frac{\rho_{\text{воз.}i}}{\rho_z}\right)}{\left(1 - \frac{\rho_{\text{воз.}i}}{\rho_{\theta i}}\right)} \quad (1)$$

где  $M_i$  – масса воды, измеренная весами при  $i$ -ом измерении, кг;  
 $\rho_{\text{воз.}i}$  – плотность воздуха, вычисленная по формуле (2) для  $i$ -го измерения, г/см<sup>3</sup>;  
 $\rho_z$  – плотность гирь (принимается равной 8 г/см<sup>3</sup>), г/см<sup>3</sup>;  
 $\rho_{\theta i}$  – плотность воды, вычисленная по формуле (3) для  $i$ -го измерения, г/см<sup>3</sup>.

Плотность воздуха при  $i$ -ом измерении вычисляют по формуле

$$\rho_{\text{воз.}i} = 1,223068 \cdot \left(1 - \frac{0,1049869 \cdot h}{1000}\right) \cdot \left(\frac{519,67}{1,8 \cdot t_{\text{воз.}i} + 491,67}\right) \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

где  $h$  – высота над уровнем моря, м;  
 $t_{\text{воз.}i}$  – температура воздуха при  $i$ -ом измерении, °С.

Плотность воды при  $i$ -ом измерении вычисляют по формуле (3) или посредством методики измерений плотности воды с погрешностью не более  $\pm 0,006\%$ .

$$\begin{aligned} \rho_{\theta i} = & (999,8395639 + 0,06798299989 \cdot t_{\theta i} - 0,009106025564 \cdot t_{\theta i}^2 + \\ & + 0,0001005272999 \cdot t_{\theta i}^3 - 0,000001126713526 \cdot t_{\theta i}^4 + \\ & + 0,000000006591795606 \cdot t_{\theta i}^5) \cdot 10^{-3} \end{aligned} \quad (3)$$

где  $t_{\theta i}$  – температура воды в установке при  $i$ -ом измерении, °С.

Объем воды в емкости, при  $i$ -ом измерении при температуре измерений массы воды в емкости вычисляют по формуле

$$V_{\theta i} = \frac{M_{\theta i}}{\rho_{\theta i}} \quad (4)$$

Объем воды при стандартных условиях ( $t = 20$  °С,  $P_{\text{узб.}} = 0$  МПа) вычисляют по формулам

$$V_{oi} = \frac{V_{\theta i}}{CCF} \quad (5)$$

$$CCF = CTS \cdot CPS \cdot CPL \quad (6)$$

$$CTS = (1 + (t_{y i} - 20) \cdot Ga) \cdot (1 + (t_{d i} - 20) \cdot Gl) \quad (7)$$

$$CPS = 1 + \frac{P_{y i} \cdot D_y}{E \cdot d_y} \quad (8)$$

$$CPL = \frac{1}{(1 - P_{yi} \cdot F)} \quad (9)$$

- где  $t_{yi}$  – температура в установке, °С;  
 $G_a$  – коэффициент объемного расширения стенок установки (берут из эксплуатационных документов установки), °С<sup>-1</sup>;  
 $t_{di}$  – температура металла возле детекторов (берут из эксплуатационных документов установки), °С;  
 $G_l$  – коэффициент линейного расширения панели крепления детекторов (берут из эксплуатационных документов установки), °С<sup>-1</sup>;  
 $P_{yi}$  – давление в установке, МПа;  
 $F$  – коэффициент сжимаемости (для воды  $F = 4,64 \cdot 10^{-4}$  МПа<sup>-1</sup>), МПа<sup>-1</sup>;  
 $D_y$  – внутренний диаметр калиброванного участка установки (берут из эксплуатационных документов установки), мм;  
 $d_y$  – толщина стенок установки (берут из эксплуатационных документов установки), мм;  
 $E$  – модуль упругости материала стенок установки (берут из эксплуатационных документов установки), МПа;  
 $i$  – номер измерения.

Среднее значение объема при стандартных условиях  $\bar{V}_o$ , см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$\bar{V}_o = \frac{\sum_{i=1}^n V_{oi}}{n} \quad (10)$$

где  $n$  – количество измерений.

Проводят исключение грубых погрешностей в соответствии с Приложением А. Количество удовлетворительных измерений должно быть не менее 7.

Среднее квадратическое отклонение (СКО) значений объема при стандартных условиях вычисляют по формуле

$$S = \frac{1}{\bar{V}_o} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{oi} - \bar{V}_o)^2}{n-1}} \cdot 100 \% \quad (11)$$

Проверяют выполнение следующего условия

$$S \leq 0,015\% \quad (12)$$

При невыполнении условия (12) результаты поверки считаются отрицательными. СКО среднего значения объема при стандартных условиях вычисляют по формуле

$$S_{\bar{V}_o} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (13)$$

Границу неисключенной систематической погрешности установки вычисляют по формуле

$$\Theta = \pm 1,4 \sqrt{\Theta_{\sigma}^2 + \Theta_{\rho}^2 + \Theta_{CTS}^2 + \Theta_{CPS}^2 + \Theta_{CPL}^2} \quad (14)$$

где  $\Theta_B$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью весов, %;

- $\Theta_p$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью измерений плотности воды в установке ( $\Theta_p = 0,006\%$  – при вычислении плотности воды по формуле (3)), %;
- $\Theta_{CTS}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CTS, учитывающего влияние температуры стенок установки на вместимость установки ( $\Theta_{CTS} = 0,001\%$ ), %;
- $\Theta_{CPS}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CPS, учитывающего влияние давления измеряемой среды на вместимость установки ( $\Theta_{CPS} = 0,001\%$ ), %;
- $\Theta_{CPL}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем измеряемой среды в установке ( $\Theta_{CPL} = 0,0001\%$ ), %.

СКО суммы неисключенной систематической и случайной погрешностей вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{V_0}^2 + S_{\Theta}^2} \quad (15)$$

СКО суммы неисключенных систематических погрешностей при равномерном распределении вычисляют по формуле

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta}{1,4 \cdot \sqrt{3}} \quad (16)$$

Относительную погрешность установки вычисляют по формулам

$$\delta = K \cdot S_{\Sigma} \quad (17)$$

$$K = \frac{\Theta + \varepsilon}{S_{\Theta} + S_{V_0}} \quad (18)$$

$$\varepsilon = t_{0,99} \cdot S_{V_0} \quad (19)$$

где  $t_{0,99}$  – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности  $P = 0,99$  (определяется в соответствии с ГОСТ 8.736-2011 или приложения А);

$\varepsilon$  – границы случайной составляющей погрешности, %.

Результаты проверки считают положительными, если выполняется следующее условие

$$\delta \leq 0,05\% \quad (20)$$

### 6.3.2 Определение метрологических характеристик объемным методом

Определение вместимости поверяемой установки, приведенной к стандартным условиям, основано на измерениях объема измеряемой среды, вытесненной поршнем, при помощи ЭО.

Количество применяемых при измерениях ЭО определяется вместимостью установки. Суммарная вместимость ЭО применяемых при измерениях, должна обеспечить наименьшее число полных заполнений, соответствующих ЭО.

Поверочный расход должен превышать минимальный расход установки не менее чем в 2 раза. Контроль значения поверочного расхода осуществляют при помощи преобразователя расхода. Отклонение поверочного расхода от установленного значения в процессе поверки не должно превышать  $\pm 2,5\%$ . Количество измерений не менее семи.

Поочередно заполняют ЭО. Выдерживают до успокоения измеряемой среды и определяют объем измеряемой среды в ЭО. Показания снимают по нижнему краю мениска измеряемой среды.

Если вместимость поверяемой установки превышает суммарную вместимость ЭО, то после наполнения ЭО до отметки номинальной вместимости, поршень установки останавливают. Определяют объем измеряемой среды в ЭО. Сливают воду из ЭО, выдерживая время слива (после слива воды необходимо в течение 1 минуты выдержать сливные краны открытыми), чтобы каждый раз сливалось одинаковое количество воды. В этом случае ЭО будет готов к заполнению, поскольку на его внутренних стенках всегда будет оставаться одинаковое количество воды в виде пленки.

Если уровень воды в ЭО окажется ниже или выше отметки номинальной вместимости, то его устанавливают, доливая или сливая воду, измеряя ее объем мерными цилиндрами. Объем воды в ЭО определяют вычитанием или сложением с объемом долитой или слитой воды.

Если на горловине ЭО имеются деления, нулевая отметка не имеет особого значения. Залить жидкость можно до любого уровня, записать уровень жидкости, а затем емкость ЭО рассчитывается математически по отрицательным или положительным показаниям шкалы. Минус означает, что уровень воды находится ниже нулевой отметки, плюс означает, что уровень выше нулевой отметки на шкале.

Если измерения производят после длительного перерыва (не менее 1 часа), то перед началом измерений и пуском поршня ЭО предварительно смачивают. Для этого наливают воду в количестве, примерно равном вместимости установки, сливают воду и выдерживают ЭО в течение 2 минут.

Значения давления в установке, температуры воды в ЭО и установке, объем воды заносят в протокол.

Вместимость установки при стандартных условиях вычисляют по формуле

$$\bar{V}_o = \frac{\sum_{i=1}^n V_{oi}}{n} \quad (21)$$

где  $V_{oi}$  – вместимость установки при стандартных условиях при  $i$ -м измерении,  $m^3$ ;  
 $n$  – количество измерений.

Вместимость установки при стандартных условиях при  $i$ -м измерении вычисляют по формулам

$$V_{oi} = \sum_{j=1}^k V_{oMij} \quad (22)$$

$$V_{oMij} = V_{Mij} \cdot CTDW_{Mij} \cdot \frac{CTS_{Mij}}{CTS_{Yij}} \cdot \frac{1}{CPS_{Yij} \cdot CPL_{Yij}} \quad (23)$$

$$V_{Mij} = V_{Mnij} \quad (24)$$

$$V_{Mij} = V_{Mnij} + \Delta V \quad (25)$$

$$CTDW_{ij} = \frac{RHO_{Mij}}{RHO_{Yij}} \quad (26)$$



$$RHO = (999,8395639 + 0,06798299989 \cdot t - 0,009106025564 \cdot t^2 + 0,0001005272999 \cdot t^3 - 0,000001126713526 \cdot t^4 + 0,000000006591795606 \cdot t^5) \cdot 10^{-3} \quad (27)$$

$$CPS_{y ij} = 1 + \frac{P_{y ij} \cdot D_y}{E \cdot d_y} \quad (28)$$

$$CTS_{y ij} = (1 + (t_{y ij} - 20) \cdot \alpha_{k1}) \cdot (1 + (t_{d ij} - 20) \cdot \alpha_d) \quad (29)$$

$$CTS_{M ij} = 1 + 3 \cdot \alpha_{tM} \cdot (t_{M ij} - 20) \quad (30)$$

$$CPL = \frac{1}{(1 - P_{y ij} \cdot F)} \quad (31)$$

$$t_{y ij} = \frac{t_{ex ij} + t_{вых ij}}{2} \quad (32)$$

$$P_{y ij} = \frac{P_{ex ij} + P_{вых ij}}{2} \quad (33)$$

- где  $V_{oM ij}$  – объём измеряемой среды в j-ом ЭО при i-ом измерении, скорректированный с учетом разных условий в ЭО и поверяемой установке, приведенный к стандартным условиям, м<sup>3</sup>;
- $k$  – количество ЭО, используемых при i-ом измерении;
- $V_{M ij}$  – объём измеряемой среды в j-ом ЭО при i-ом измерении. Вычисляют по формуле (24), если при наполнении ЭО уровень измеряемой среды окажется на уровне отметки номинальной вместимости или по формуле (24), если при наполнении какого-либо ЭО уровень измеряемой среды окажется выше (ниже) отметки номинальной вместимости, м<sup>3</sup>;
- $CTDW_{ij}$  – комбинированный коэффициент, учитывающий влияние разности температур в установке и в j-ом ЭО на объём жидкости, определенный для температуры жидкости в установке и в j-ом ЭО за время i-го измерения для j-го ЭО;
- $CTS_{M ij}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок j-ого ЭО на вместимость ЭО при i-ом измерении;
- $CTS_{y ij}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок установки на вместимость установки при i-ом измерении при наполнении j-ого ЭО;
- $CPS_{y ij}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления жидкости на вместимость установки при i-ом измерении при наполнении j-ого ЭО;
- $CPL_{y ij}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на объём жидкости, определенный для давления жидкости в установке за время i-го измерения при наполнении j-ого ЭО;
- $V_{M n ij}$  – номинальная вместимость j-го ЭО (берется из свидетельства о поверке), м<sup>3</sup>;
- $\Delta V$  – объём слитой в мерный цилиндр (долитой из мерного цилиндра, с обратным знаком) измеряемой среды, м<sup>3</sup>;
- $RHO_{M ij}$  – плотности воды, вычисленные по формуле (27) или в соответствии с методикой измерений плотности воды при температуре  $t_{M ij}$  и  $t_{y ij}$
- $RHO_{y ij}$

- соответственно, кг/м<sup>3</sup>;
- $P_{y\ ij}$  – среднее значение давления измеряемой среды в установке за время  $i$ -го измерения при наполнении  $j$ -ого ЭО, МПа;
- $D_y$  – внутренний диаметр калиброванного участка установки (берут из эксплуатационных документов установки), мм;
- $E$  – модуль упругости материала стенок установки, МПа;
- $d_y$  – толщина стенок установки (берут из эксплуатационных документов установки), мм;
- $\alpha_{\text{лм}}$  – коэффициент линейного расширения материала стенок ЭО (берут из эксплуатационных документов ЭО), 1/°С;
- $\alpha_d$  – коэффициент линейного расширения материала планки крепления детекторов установки (берут из эксплуатационных документов установки), 1/°С;
- $\alpha_{kl}$  – квадратичный коэффициент расширения стали калиброванного участка установки, (берут из эксплуатационных документов установки), 1/°С;
- $t_{y\ ij}$  – среднее значение температуры измеряемой среды в установке за время  $i$ -го измерения при наполнении  $j$ -ого ЭО, °С;
- $t_{M\ ij}$  – значение температуры измеряемой среды в  $j$ -ом ЭО, °С;
- $t_{d\ ij}$  – температура планки крепления детекторов (при отсутствии датчика температуры берут значение равное температуре окружающей среды), °С;
- $F$  – коэффициент сжимаемости воды, равный  $4,91 \cdot 10^{-4}$  МПа<sup>-1</sup>;
- $t_{\text{вх}\ ij}, t_{\text{вых}\ ij}$  – температура измеряемой среды на входе и выходе установки при  $i$ -ом измерении при наполнении  $j$ -ого ЭО, °С;
- $P_{\text{вх}\ ij}, P_{\text{вых}\ ij}$  – давление измеряемой среды на входе и выходе установки при  $i$ -ом измерении и при наполнении  $j$ -ого ЭО, МПа.

Проводят исключение грубых погрешностей в соответствии с Приложением А. Количество удовлетворительных измерений должно быть не менее 7.

Оценивают СКО результатов определения вместимости установки по формуле

$$S = \frac{1}{V_o} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{oi} - \bar{V}_o)^2}{n-1}} \cdot 100 \% \quad (34)$$

Проверяют выполнение следующего условия

$$S \leq 0,015\% \quad (35)$$

При невыполнении условия (35) результаты поверки считаются отрицательными. При соблюдении условия (35) проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

Вычисляют границу неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки по формулам

$$\Theta = \pm 1,4 \sqrt{\Theta_M^2 + \Theta_{CTDW}^2 + \Theta_{CTSM}^2 + \Theta_{CTSV}^2 + \Theta_{CPS}^2 + \Theta_{CPL}^2} \quad (36)$$

$$\Theta_i = \beta \cdot \sqrt{\Delta t_y^2 + \Delta t_M^2} \cdot 100 \quad (37)$$

где  $\Theta_M$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью ЭО ( $\Theta_M = 0,02\%$ ), %;

$\Theta_{CTDW}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью

- определения коэффициента CTDW, учитывающий влияние разности температуры измеряемой среды на установке и в ЭО ( $\Theta_{CTDW}=0,008\%$ );
- $\Theta_{CTSM}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости мерника, обусловленная погрешностью определения коэффициента CTS, учитывающего влияние температуры стенок установки на вместимость установки ( $\Theta_{CTSM} = 0,001 \%$ ), %;
- $\Theta_{CTSy}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CTS, учитывающего влияние температуры стенок установки на вместимость установки ( $\Theta_{CTSy} = 0,001 \%$ ), %;
- $\Theta_{CPS}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CPS, учитывающего влияние давления измеряемой среды на вместимость установки ( $\Theta_{CPS} = 0,001 \%$ ), %;
- $\Theta_{CPL}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем измеряемой среды в установке ( $\Theta_{CP} = 0,0001 \%$ ), %;
- $\Theta_t$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью измерения температуры, %;
- $\beta$  – коэффициент объемного расширения воды, равный  $2,6 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;
- $\Delta t_y, \Delta t_M$  – пределы допускаемой абсолютной погрешности термометров при измерении температуры в ЭО и установке (для термометров с абсолютной погрешностью  $\pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$  принимают  $\Delta t = 0,0074 \%$ ),  $^\circ\text{C}$ .

СКО среднего значения результатов определения вместимости установки вычисляют по формуле

$$S_{\bar{V}_o} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (38)$$

СКО суммы неисключенной систематической и случайной погрешностей вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\bar{V}_o}^2 + S_{\Theta}^2} \quad (39)$$

СКО суммы неисключенных систематических погрешностей вычисляют по формуле

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta}{1,4 \cdot \sqrt{3}} \quad (40)$$

Относительную погрешность установки вычисляют по формулам

$$\delta = K \cdot S_{\Sigma} \quad (41)$$

$$K = \frac{\Theta + \varepsilon}{S_{\Theta} + S_{\bar{V}_o}} \quad (42)$$

$$\varepsilon = t_{0,99} \cdot S_{\bar{V}_o} \quad (43)$$

Результаты поверки считают положительными, если выполняется следующее условие

$$\delta \leq 0,05\% \quad (44)$$

### 6.3.3 Определение метрологических характеристик при использовании ГЭТ

Определение вместимости поверяемой установки, приведенной к стандартным условиям, основано на измерениях объема измеряемой среды при помощи ГЭТ, вытесненной поршнем.

Поверочный расход должен превышать минимальный расход установки не менее чем в 2 раза. Отклонение поверочного расхода от установленного значения в процессе поверки не должно превышать  $\pm 2,5\%$ . Количество измерений не менее семи.

Измерения проводят в соответствии с эксплуатационными документами на ГЭТ.

Значения давления в установке, температуры воды в ГЭТ и установке, объем воды заносят в протокол.

Вместимость установки при стандартных условиях вычисляют по формуле:

$$\bar{V}_o = \frac{\sum_{i=1}^n V_{oi}}{n} \quad (45)$$

где  $V_{oi}$  – вместимость установки при стандартных условиях при  $i$ -м измерении,  $\text{м}^3$ ;  
 $n$  – количество измерений.

Вместимость установки при стандартных условиях при  $i$ -м измерении вычисляют по формулам

$$V_{oi} = \sum_{j=1}^k V_{oГЭТj} \quad (46)$$

$$V_{oГЭТj} = V_{ГЭТ20j} \cdot \frac{CTDW_{ГЭТj}}{CTS_{y_i} \cdot CPS_{y_i} \cdot CPL_{y_i}} \quad (47)$$

$$CTDW_i = \frac{RHO_{ГЭТj}}{RHO_{y_i}} \quad (48)$$

$$CPS_{y_i} = 1 + \frac{P_{y_i} \cdot D_y}{E \cdot d_y} \quad (49)$$

$$CTS_{y_i} = (1 + (t_{y_i} - 20) \cdot \alpha_{k1}) \cdot (1 + (t_{d_i} - 20) \cdot \alpha_d) \quad (50)$$

$$CPL = \frac{1}{(1 - P_{y_i} \cdot F)} \quad (51)$$

$$t_{y_i} = \frac{t_{ex i} + t_{вых i}}{2} \quad (52)$$

$$P_{y_i} = \frac{P_{ex i} + P_{вых i}}{2} \quad (53)$$

где  $V_{oГЭТj}$  – объём измеряемой среды в ГЭТ при  $i$ -ом измерении, скорректированный с учетом разных условий в ГЭТ и поверяемой установке, приведенный к стандартным условиям,  $\text{м}^3$ ;

- $V_{ГЭТ\ 20i}$  – плотность измеряемой среды в ГЭТ при 20°C, кг/м<sup>3</sup>;  
 $CTDW_i$  – комбинированный коэффициент, учитывающий влияние разности температур в установке и в ГЭТ на объем жидкости, определенный для температуры жидкости в установке и в ГЭТ за время  $i$ -го измерения;  
 $CTS_{y\ i}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок установки на вместимость установки при  $i$ -ом измерении при наполнении ГЭТ;  
 $CPS_{y\ i}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления жидкости на вместимость установки при  $i$ -ом измерении при наполнении ГЭТ;  
 $CPL_{y\ i}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем жидкости, определенный для давления жидкости в установке за время  $i$ -го измерения при наполнении ГЭТ;  
 $RHO_{ГЭТ\ i}$  – плотности воды, при температуре  $t_{ГЭТ\ j\ i}$  и  $t_{y\ j\ i}$  соответственно, кг/м<sup>3</sup>;  
 $RHO_{y\ i}$   
 $P_{y\ i}$  – среднее значение давления измеряемой среды в установке за время  $i$ -го измерения при наполнении ГЭТ, МПа;  
 $D_y$  – внутренний диаметр калиброванного участка установки (берут из эксплуатационных документов установки), мм;  
 $E$  – модуль упругости материала стенок установки (берут из эксплуатационных документов установки), МПа;  
 $d_y$  – толщина стенок установки (берут из эксплуатационных документов установки), мм;  
 $\alpha_d$  – коэффициент линейного расширения материала планки крепления детекторов установки (берут из эксплуатационных документов установки), 1/°C;  
 $\alpha_{kl}$  – квадратичный коэффициент расширения стали калиброванного участка установки, (берут из эксплуатационных документов установки), 1/°C;  
 $t_{y\ i}$  – среднее значение температуры измеряемой среды в установке за время  $i$ -го измерения при наполнении ГЭТ, °C;  
 $t_{ГЭТ\ i}$  – значение температуры измеряемой среды в ГЭТ, °C;  
 $t_{d\ i}$  – температура планки крепления детекторов (при отсутствии датчика температуры берут значение равное температуре окружающей среды), °C;  
 $F$  – коэффициент сжимаемости воды, равный  $4,91 \cdot 10^{-4}$  МПа<sup>-1</sup>;  
 $t_{вх\ i}, t_{вых\ i}$  – температура измеряемой среды на входе и выходе установки при  $i$ -ом измерении при наполнении ГЭТ, °C;  
 $P_{вх\ i}, P_{вых\ i}$  – давление измеряемой среды на входе и выходе установки при  $i$ -ом измерении и при наполнении ГЭТ, МПа.

Проводят исключение грубых погрешностей в соответствии с Приложением А. Количество удовлетворительных измерений должно быть не менее 7.

Оценивают СКО результатов определения вместимости установки по формуле

$$S = \frac{1}{\bar{V}_o} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{oi} - \bar{V}_o)^2}{n-1}} \cdot 100 \% \quad (54)$$

Проверяют выполнение следующего условия

$$S \leq 0,015\% \quad (55)$$

При невыполнении условия (55) результаты поверки считаются отрицательными. При соблюдении условия (55) проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

Вычисляют границу неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки по формулам

$$\Theta = \pm 1,4 \sqrt{\Theta_{ГЭТ}^2 + \Theta_{CTDW}^2 + \Theta_{CTS}^2 + \Theta_{CPS}^2 + \Theta_{CPL}^2} \quad (56)$$

$$\Theta_t = \beta \cdot \sqrt{\Delta t_y^2 + \Delta t_M^2} \cdot 100 \quad (57)$$

- где  $\Theta_{ГЭТ}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения ГЭТ при измерении объема, %;
- $\Theta_{CTDW}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CTDW, учитывающий влияние разности температуры измеряемой среды на установке и в ГЭТ ( $\Theta_{CTDW} = 0,008\%$ );
- $\Theta_{CTS}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CTS, учитывающего влияние температуры стенок установки на вместимость установки ( $\Theta_{CTS} = 0,001\%$ ), %;
- $\Theta_{CPS}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CPS, учитывающего влияние давления измеряемой среды на вместимость установки ( $\Theta_{CPS} = 0,001\%$ ), %;
- $\Theta_{CPL}$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью определения коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем измеряемой среды в установке ( $\Theta_{CPL} = 0,0001\%$ ), %;
- $\Theta_t$  – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения вместимости установки, обусловленная погрешностью измерения температуры, %;
- $\beta$  – коэффициент объемного расширения воды, равный  $2,6 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;
- $\Delta t_y, \Delta t_M$  – пределы допускаемой абсолютной погрешности термометров при измерении температуры в ГЭТ и установке (для термометров с абсолютной погрешностью  $\pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$  принимают  $\Delta t = 0,0074\%$ ),  $^\circ\text{C}$ .

СКО среднего значения результатов определения вместимости установки вычисляют по формуле

$$S_{\bar{V}_o} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (58)$$

СКО суммы неисключенной систематической и случайной погрешностей вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\bar{V}_o}^2 + S_{\Theta}^2} \quad (59)$$

СКО суммы неисключенных систематических погрешностей вычисляют по формуле

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta}{1,4 \cdot \sqrt{3}} \quad (60)$$

Относительную погрешность установки вычисляют по формулам

$$\delta = K \cdot S_{\Sigma} \quad (61)$$

$$K = \frac{\Theta + \varepsilon}{S_{\Theta} + S_{\bar{V}_0}} \quad (62)$$

$$\varepsilon = t_{0,99} \cdot S_{\bar{V}_0} \quad (63)$$

Результаты поверки считают положительными, если выполняется следующее условие

$$\delta \leq 0,05\% \quad (64)$$

#### 6.3.4 Проверка отсутствия протечек

Производят установление расхода для проверки протечек. При определении метрологических характеристик установки расход для проверки протечек должен быть меньше значения, при котором проводилось определение метрологических характеристик в 2 раза, но быть в пределах диапазона измерений установки. Выполняют не менее 3 измерений. Определяют вместимость установки при стандартных условиях в зависимости от применяемых средств поверки по 6.3.1 или 6.3.2 или 6.3.3. Определяют относительное отклонение вместимости установки, определенной при значении расхода для проверки протечек,  $V_{\text{прот}}$ , м<sup>3</sup>, от значения вместимости установки, определенной при значении расхода для определения метрологических характеристик,  $\delta_v$ , %, по формуле:

$$\delta_v = \frac{V_{\text{прот}} - V_0}{V_0} \cdot 100 \quad (65)$$

Результаты проверки считаются положительными при  $|\delta_v| \leq 0,0175\%$ .

6.3.5 Определение относительного отклонения вместимости установки от значения вместимости, полученной при предыдущей поверке

Определение относительного отклонения вместимости установки от значения вместимости, м<sup>3</sup>, полученной при предыдущей поверке, %, проводят при периодической поверке по формуле:

$$\delta_{00} = \frac{V_0 - V_0^{\text{пн}}}{V_0^{\text{пн}}} \cdot 100 \quad (66)$$

Результаты проверки считаются положительными при  $|\delta_{00}| \leq 0,05\%$

6.3.6 Поверку средств измерений, входящих в состав установки, проводят в соответствии с нормативными документами, указанными в разделах «Поверка» описаний типа, являющихся обязательным приложением к свидетельству об утверждении типа на данные средства измерений. Поверку средства измерений, входящего в состав установки допускается не проводить, если срок действия его свидетельства о поверке превышает интервал между поверками установки.

## 7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.

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

7.2 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке установки в соответствии с приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке». Наносят знак поверки на свидетельство о поверке установки, а также на свинцовые (пластмассовые) пломбы в соответствии с рисунком 2 описания типа на установку.

7.3 В свидетельстве о поверке указывают:

– диапазон расхода установки, м<sup>3</sup>/ч;

- вместимость калиброванного участка при стандартных условиях, м<sup>3</sup>;
- границы случайной составляющей погрешности определения среднего значения вместимости установки;
- границы суммарной систематической составляющей погрешности, %;
- относительную погрешность, %.

7.4 В свидетельстве о поверке или в протоколе поверки указывают перечень свидетельств о поверке средства измерений, входящих в состав установки.

7.5 При отрицательных результатах поверки установки к эксплуатации не допускают, свидетельство о поверке аннулируют и выдают «Извещение непригодности к применению» с указанием причин в соответствии с приказом Минпромторга России №1815 от 02 июля 2015 г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».



Приложение А  
(справочное)

**Методика анализа результатов измерений и  
значения коэффициентов Стьюдента**

Для выявления маловероятных значений выполняют следующие операции:

А.1 Определяют СКО результатов измерений по формуле

$$S_{Vi} = \sqrt{\frac{1}{n_j - 1} \cdot \sum_{i=1}^n (V_{oi} - V_o)^2} \quad (\text{А.1})$$

А.2 Вычисляют критерий Грабса  $G_1$  и  $G_2$  по формулам:

$$G_1 = \left| \frac{V_{oi \text{ наиб}} - V_o}{S_{Vi}} \right| \quad \text{или} \quad G_2 = \left| \frac{V_o - V_{oi \text{ наиб}}}{S_{Vi}} \right| \quad (\text{А.2})$$

А.3 Сравнивают полученные значения  $G_1$  и  $G_2$  с величиной  $G_T$ , взятой из таблицы А.1 для объема выборки « $n_j$ ».

Таблица А.1 – Критические значения для критерия Грабса (ГОСТ Р 8.736)

$n_j$	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$G_T$	1,155	1,481	1,715	1,887	2,020	2,126	2,215	2,290	2,355

Если  $U \geq H$ , то подозреваемый результат исключают из выборки как маловероятное значение, в противном случае результат не исключают.

А.4 Далее вновь проводят процедуры по А.1 – А.3.

Таблица А.2 – Значения коэффициентов Стьюдента  $t_{0,95}$  (ГОСТ Р 8.736)

$n_j - 1$	5	6	7	8	9	10	12	14
$t_{0,99}$	4,032	3,707	2,998	3,355	3,250	3,169	3,055	2,977