

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

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

Государственный научный метрологический центр

ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора

по научной работе –

Заместитель директора по качеству

ФГУП «ВНИИР»



В.А. Фафурин

2018 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ

СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЪЕМА И МАССЫ УПМ-2000

Методика поверки

МП 0775-1-2018

Начальник отдела НИО-1

A blue ink signature of R.A. Korneev.

Р.А. Корнеев

Тел. отдела: 272-12-02

г. Казань

2018 г.

Настоящая инструкция распространяется на установки поверочные средств измерений объема и массы УПМ-2000 (далее – установки), предназначенные для воспроизведения, хранения и передачи единиц объема и массы жидкости и устанавливает методику и последовательность их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют следующие операции:

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

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

– рабочий эталон единицы массы 4-го разряда с номинальными значениями от 20 до 2040 кг по ГОСТ 8.021-2015 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений массы»;

– рабочий эталон единицы объема жидкости 1-го разряда с номинальным значением 50 дм³, 20 дм³, 2 дм³ в соответствии с частью 3 Приказа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. № 256 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости»;

– колбы стеклянные эталонные 1-го класса точности номинальной вместимостью 0,05; 0,25; 0,5; 1 дм³ (регистрационный номер 4783-04) (далее – колбы);

– термометр лабораторный электронный ЛТ-300 с диапазоном измерений от плюс 10 до плюс 30 °С и погрешностью ±0,05 °С (регистрационный номер 61806-15);

– измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5-Д, диапазон измерений температуры от плюс 10 до плюс 30 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности по каналу температуры ±0,5 °С, диапазон измерений влажности от 30 до 90 % с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности по каналу относительной влажности ±3 %, диапазон измерений давления от 84 до 106 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности по каналу атмосферного давления ±0,5 кПа (регистрационный номер 15500-12);

– секундомер с погрешностью ±1,8 с.

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

2.3 Допускается вместо рабочего эталона единицы массы 4-го разряда по ГОСТ 8.021-2015 с номинальными значениями от 20 до 2040 кг 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 ±0,033 г и балластный груз массой 20 кг в количестве 102 шт.

2.4 Допускается вместо рабочего эталона единицы объема жидкости 1-го разряда с номинальным значением 50 дм³ в соответствии с частью 3 Приказа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. № 256 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости» использовать рабочий эталон единицы объема жидкости 1-го разряда с номинальным значением 100 или 200 дм³ в соответствии с частью 3 Приказа Федерального

агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. № 256.

2.5 Все применяемые эталоны должны быть аттестованы; средства измерений должны иметь действующий знак поверки и (или) свидетельство о поверке и (или) запись в паспорте (формуляре), заверенной подписью поверителя и знаком поверки.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 При проведении поверки соблюдают требования:

- правил технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки, приведенных в их эксплуатационной документации;
- инструкций по охране труда, действующих на объекте.

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

3.3 К средствам поверки и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ.

3.4 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость применяемых средств поверки, снятие показаний с приборов.

3.5 При появлении течи поверочной жидкости и других ситуаций, нарушающих процесс поверки, поверка должна быть прекращена.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- | | |
|--|--------------------------------|
| – поверочная жидкость | вода по СанПиН 2.1.4.1074-2001 |
| – температура воды, °С | 20±10 |
| – температура окружающего воздуха, °С | 20±10 |
| – относительная влажность окружающего воздуха, % | от 30 до 80 |
| – атмосферное давление, кПа | от 84 до 107 |

4.2 Изменение температуры воды и окружающего воздуха при определении относительной погрешности установки при измерении объема за время одного измерения вместимости мерника установки не должно превышать ±0,5 °С.

4.3 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов из состава установки в соответствии с заявлением владельца средства измерений, с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки.

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверяют выполнение требований разделов 2, 3 и 4 настоящего документа;
- средства поверки и установку выдерживают при температуре, указанной в разделе 4, не менее двух часов, если иное время не указано в эксплуатационных документах на средства поверки;
- устанавливают установку по уровню в соответствии с руководством по эксплуатации установки, обеспечив ее вертикальность;
- подготавливают к работе средства поверки и установку в соответствии с их эксплуатационными документами.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При внешнем осмотре установки определяют:

- соответствие комплектности установки требованиям эксплуатационных документов;
- соответствие нанесенной маркировки на установке данным эксплуатационных документов;
- отсутствие вмятин и механических повреждений на установке, влияющих на ее работоспособность;

– отсутствие дефектов на прозрачной части горловины мерника установки или уровнемерной трубке, препятствующих наблюдению за уровнем жидкости.

6.1.2 Результаты проверки считают положительными, если маркировка и комплектность соответствует требованиям эксплуатационных документов, и на установке отсутствуют механические повреждения и дефекты, препятствующие ее применению, отсутствуют дефекты на прозрачной части горловины мерника установки или уровнемерной трубке, препятствующие наблюдению за уровнем жидкости.

6.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения

6.2.1 При проведении поверки выполняют операцию подтверждения соответствия программного обеспечения заявленным идентификационным данным.

6.2.2 Для подготовки к проведению подтверждения соответствия необходимо запустить весовой терминал.

6.2.3 После включения преобразователь весоизмерительный ТВ выполнит самотестирование, затем на цифровом табло должно быть кратковременно выведено название версии программного обеспечения.

6.2.4 Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если полученные идентификационные данные программного обеспечения установки (номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения) соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа на установку.

6.3 Опробование

6.3.1 Опробование установки проводят заполнением мерника, входящего в состав установки, водой до верхней отметки шкалы и выдержки в течение не менее 20 минут, при этом проверяют работу запорной арматуры, герметичность соединений, а также, наличие показаний на весовом терминале.

6.3.2 Результаты опробования считаются положительными, если в течение не менее 20 минут уровень воды в мернике не изменяется, на поверхности мерника не появляются капли, а на весовом терминале индицированы показания массы.

6.4 Определение метрологических характеристик

6.4.1 Определение относительной погрешности установки при измерении массы жидкости прямым методом измерений

6.4.1.1 Определение среднего квадратического отклонения (далее – СКО) и неисключенной систематической погрешности (далее – НСП) измерений массы

Абсолютное отклонение показаний весового устройства от показаний рабочего эталона единицы массы 4-го разряда с номинальными значениями от 20 до 2040 кг по ГОСТ 8.021-2015 (далее – гирь) определяют последовательным нагружением весового устройства гирями. Гири размещают на площадке обслуживания и укладки грузов установки равномерно и симметрично относительно центра платформы. Количество измерений должно быть не менее пяти на следующих точках нагружения: 1400 кг, 1500 кг, 1700 кг, 1960 кг, 2000 кг и 2040 кг. Абсолютное

отклонение показаний весового устройства от показаний гирь определяют отдельно для каждой точки нагружения. Снятие показаний производят после стабилизации значений на цифровом табло весового устройства после установки гирь.

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 $\pm 0,033$ г и балластного груза (груз по 20 кг в количестве 102 штук). Балластный груз предварительно пронумеровывают, далее определяют действительную массу каждого груза.

Абсолютное отклонение показаний весового устройства от показаний гирь, кг, вычисляют по формуле:

$$\Delta M_{Bji} = M_{Bji} - M_{Гj}, \quad (1)$$

где M_B – масса по показаниям весового устройства, кг;
 $M_{Г}$ – масса гирь, кг;
 j, i – порядковый номер точки нагружения и измерения соответственно.

Среднее арифметическое значение абсолютных отклонений показаний весового устройства от показаний гирь в j точке, кг, вычисляют по формуле:

$$\Delta M_{Bj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta M_{Bji}, \quad (2)$$

где n – количество измерений.

Среднее арифметическое значение абсолютных отклонений показаний весового устройства от показаний гирь, кг, вычисляют по формуле:

$$\overline{\Delta M_B} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \Delta M_{Bj}, \quad (3)$$

где m – количество точек нагружения.

СКО результата измерений массы в j точке, кг, вычисляют по формуле:

$$S_{Bj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta M_{Bji} - \overline{\Delta M_{Bj}})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (4)$$

НСП измерений массы в j точке, кг, вычисляют по формуле:

$$\Theta_{Bj} = \left| \frac{\Delta M_{Bj} - \overline{\Delta M_B}}{\overline{\Delta M_B}} \right|. \quad (5)$$

6.4.1.2 Определение НСП измерений плотности воды

Определение НСП измерений плотности воды может проводиться одним из удобных трех способов.

6.4.1.2.1 Перед измерением плотности воды с применением плотномера проверяют наличие действующего свидетельства о поверке (знаков поверки) плотномера. При измерении плотности воды с применением плотномера производят отбор пробы воды из мерника. Производят одновременное измерение плотности и температуры отобранной воды. Плотность воды, приведенной к температуре воды, ρ_{tm} , кг/м³, в мернике осуществляют по формуле:

$$\rho_{tm} = \frac{\rho_{tn}}{1 + \beta \cdot (t_m - t_n)}, \quad (6)$$

где ρ_{tn} – плотность отобранной воды по показаниям плотномера, кг/м³
 t_n – температура отобранной воды, °С
 t_m – температура воды в мернике, °С
 β – значение коэффициента объемного расширения воды, °С⁻¹, определяется в соответствии с приложением Б.

НСП измерений плотности воды при измерении плотности воды посредством плотномера, $\Theta_{\rho_{ж}}$, кг/м³, вычисляются по формуле:

$$\Theta_{\rho_{ж}} = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial \rho_{тм}}{\partial t_{м}}\right)^2 \cdot \Delta_{t_{м}}^2 + \left(\frac{\partial \rho_{тм}}{\partial t_{п}}\right)^2 \cdot \Delta_{t_{п}}^2 + \left(\frac{\partial \rho_{тм}}{\partial \rho_{тп}}\right)^2 \cdot \Delta_{\rho_{тп}}^2}, \quad (7)$$

- где $\Delta_{t_{м}}$ – абсолютная погрешность средства измерения температуры воды в мернике, °С (значения берутся из паспортных данных на используемое средство измерений);
- $\Delta_{t_{п}}$ – абсолютная погрешность средства измерения температуры отобранной воды, °С (значения берутся из паспортных данных на используемое средство измерений);
- $\Delta_{\rho_{тп}}$ – абсолютная погрешность плотномера, кг/м³ (значения берутся из паспорта плотномера);

$$\frac{\partial \rho_{тм}}{\partial t_{м}} = - \frac{\rho_{тп} \cdot \beta}{(1 + \beta \cdot (t_{м} - t_{п}))^2} \quad (8)$$

$$\frac{\partial \rho_{тм}}{\partial t_{п}} = \frac{\rho_{тп} \cdot \beta}{(1 + \beta \cdot (t_{м} - t_{п}))^2} \quad (9)$$

$$\frac{\partial \rho_{тм}}{\partial \rho_{тп}} = \frac{1}{1 + \beta \cdot (t_{м} - t_{п})} \quad (10)$$

6.4.1.2.2 НСП измерений плотности воды с использованием таблицы зависимости плотности воды от температуры, кг/м³, вычисляются по формуле:

$$\Theta_{\rho_{ж}} = 1,1 \cdot \sqrt{A^2 \cdot \Delta_{t_{эс}}^2 + \Delta_{\rho_{ж}}^2}, \quad (11)$$

- где A – наибольшее значение приращения плотности воды на 0,1 °С, выбранное в соответствии с таблицей зависимости плотности воды от температуры воды, кг/(м³·°С);
- $\Delta_{t_{эс}}$ – абсолютная погрешность средства измерения температуры воды, °С (значения берутся из паспортных данных на используемое средство измерений);
- $\Delta_{\rho_{ж}}$ – абсолютная погрешность средства измерения плотности, с помощью которого создавалась таблица зависимости плотности воды от температуры воды, кг/м³ (значения берутся из паспортных данных на используемое средство измерений).

6.4.1.2.3 Плотность воды при проведении поверки определяют посредством измерителя плотности жидкостей вибрационного ВИП-2МР (далее – плотномер), входящего в состав установки, с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1$ кг/м³ или посредством таблицы зависимости плотности воды от температуры, созданной в лаборатории при анализе воды с помощью средств измерений плотности с пределами абсолютной погрешности не более $\pm 0,05$ кг/м³. Плотность воды в данной таблице зависит от температуры воды. Таблица должна быть составлена с шагом 0,1 °С.

6.4.1.3 Определение погрешности измерений плотности воздуха

Плотность воздуха, кг/м³, вычисляются по формуле:

$$\rho_{в} = \frac{0,34848 \cdot P_{в} - 0,009024 \cdot h_{в} \cdot e^{0,0612 \cdot T_{в}}}{273,15 + T_{в}}, \quad (12)$$

- где $P_{в}$ – атмосферное давление, гПа;
- $h_{в}$ – относительная влажность окружающего воздуха, %;
- $T_{в}$ – температура окружающего воздуха, °С.

НСП измерений плотности воздуха, кг/м³, вычисляют по формулам:

$$\Theta_{\rho_a} = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial \rho_a}{\partial P_a}\right)^2 \cdot \Delta_{P_a}^2 + \left(\frac{\partial \rho_a}{\partial h_a}\right)^2 \cdot \Delta_{h_a}^2 + \left(\frac{\partial \rho_a}{\partial T_a}\right)^2 \cdot \Delta_{T_a}^2}, \quad (13)$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial P_a} = \frac{0,34848}{T_a + 273,15}, \quad (14)$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial h_a} = \frac{0,009024 \cdot e^{0,0612 \cdot T_a}}{T_a + 273,15}, \quad (15)$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial T_a} = \frac{0,0005522688 \cdot h_a \cdot e^{0,0612 \cdot T_a}}{T_a + 273,15} - \frac{(0,34848 - 0,00902 \cdot h_a \cdot e^{0,0612 \cdot T_a})}{(T_a + 273,15)^2}, \quad (16)$$

где Δ_{T_a} – абсолютная погрешность средства измерений температуры окружающего воздуха, °С;
 Δ_{h_a} – абсолютная погрешность средства измерения относительной влажности окружающего воздуха, %;
 Δ_{P_a} – абсолютная погрешность средства измерения атмосферного давления, гПа;
 $\frac{\partial \rho_a}{\partial P_a}, \frac{\partial \rho_a}{\partial h_a}, \frac{\partial \rho_a}{\partial T_a}$ – частные производные плотности воздуха по атмосферному давлению, относительной влажности окружающей среды и температуре окружающего воздуха.

6.4.1.4 Определение НСП и СКО установки при измерении массы жидкости прямым методом измерений

Массу жидкости, измеренная установкой, кг, вычисляют по формуле:

$$M_{изм} = \frac{M_B \cdot \rho_{ж}}{(\rho_{ж} - \rho_v)}. \quad (17)$$

НСП установки при измерении массы жидкости прямым методом измерений, %, вычисляют по формулам:

$$\Theta_{B_{УДj}} = \frac{\Theta_{B_{УДj}}}{M_{Bj}} \cdot 100, \quad (18)$$

$$\Theta_{B_{УДj}} = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial M_{измj}}{\partial M_{Bj}}\right)^2 \cdot \Theta_{Bj}^2 + \left(\frac{\partial M_{измj}}{\partial \rho_{жj}}\right)^2 \cdot \Theta_{\rho_{ж}}^2 + \left(\frac{\partial M_{измj}}{\partial \rho_{vj}}\right)^2 \cdot \Theta_{\rho_{vj}}^2}, \quad (19)$$

$$\frac{\partial M_{изм}}{\partial M_B} = \frac{\rho_{ж}}{\rho_{ж} - \rho_v}, \quad (20)$$

$$\frac{\partial M_{изм}}{\partial \rho_{ж}} = \frac{M_{Bj}}{(\rho_v - \rho_{ж})} - \frac{M_B \cdot \rho_{ж}}{(\rho_v - \rho_{ж})^2}, \quad (21)$$

$$\frac{\partial M_{изм}}{\partial \rho_v} = \frac{M_{Bj} \cdot \rho_{ж}}{(\rho_v - \rho_{ж})^2}, \quad (22)$$

где $\frac{\partial M_{изм}}{\partial M_B}, \frac{\partial M_{изм}}{\partial \rho_{ж}}, \frac{\partial M_{изм}}{\partial \rho_v}$ – частные производные массы жидкости по жидкости, измеренной установкой, массе, плотности воды и плотности воздуха.

СКО установки при измерении массы жидкости прямым методом, %, вычисляют по формулам:

$$S_{B_{УДj}} = \frac{S_{B_{УДj}}}{M_{Bj}} \cdot 100, \quad (23)$$

$$S_{B_{УДj}} = \frac{\partial M_{измj}}{\partial M_{Bj}} \cdot S_{Bj}. \quad (24)$$

6.4.1.5 Относительную погрешность установки при измерении массы жидкости прямым методом измерений, %, вычисляют по формулам:

$$\delta_{Byj} = S_{\Sigma j} \cdot \frac{\Theta_{Byj} + t_{0,95} \cdot S_{Byj}}{S_{\Theta j} + S_{Byj}}, \quad (25)$$

$$S_{\Sigma j} = \sqrt{S_{\Theta j}^2 + S_{Byj}^2} \quad (26)$$

$$S_{\Theta j} = \frac{\Theta_{Byj}}{1,1 \cdot \sqrt{3}} \quad (27)$$

где $t_{0,95}$ – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности $P=0,95$ ($t_{0,95}=2,571$ при количестве измерений $n=5$ (Приложение Д ГОСТ Р 8.736–2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения»)).

Результат поверки считают положительным, если выполняется следующее условие:

$$\delta_{By} \leq \pm 0,04\% \quad (28)$$

6.4.2 Определение относительной погрешности установки при измерении объема жидкости прямым методом измерений

6.4.2.1 Определение относительной погрешности мерника металлического установки

При определении относительной погрешности мерника металлического установки проводится определение относительной погрешности на номинальной вместимости не менее 2 раз и на каждой оцифрованной отметке шкалы не менее 1 раза.

Вместимость мерника металлического (далее – мерник) определяют объемным методом, заполняя его водой, объем которой предварительно измерен рабочим эталоном единицы объема 1-го разряда (далее – эталон 1-го разряда) (метод налива), или выливая из него воду в эталон 1-го разряда (метод слива). Непосредственно перед заполнением должны быть смочены в первом случае – поверяемый мерник, а во втором случае – эталон 1-го разряда.

Если вместимость поверяемого мерника превышает вместимость эталона 1-го разряда, применяют многократное использование эталона 1-го разряда. Эталон 1-го разряда в этом случае должен иметь такую вместимость, чтобы число измерений не превышало 50.

Измеряют температуру воды в мернике, эталоне 1-го разряда и колбах после каждого налива, записывают их значения. Измерение температуры в мернике и эталоне 1-го разряда проводят по истечению 10 минут выдержки после каждого налива.

Перед заполнением эталон 1-го разряда устанавливают по уровню, обеспечив вертикальность горловины.

После заполнения эталона 1-го разряда или мерника необходимо убедиться, что уровень воды окончательно установлен, а после опорожнения мерников убедиться, что вода полностью удалена. Для этого после слива сплошной струей выполняют выдержку на слив капель 30 секунд для мерника и 1 минуту для эталона 1-го разряда и закрывают сливной кран.

Если в поверяемом по методу налива мернике или в эталон 1-го разряда при поверке по методу слива установившийся уровень воды не совпадает с отметкой номинальной вместимости, то с помощью колб доливают (отливают) воду до совмещения ее уровня с отметкой номинальной вместимости.

Вместимость мерника со шкалой на горловине на любой отметке шкалы определяют как сумму (разность) номинальной вместимости мерника и вместимости его горловины от отметки номинальной вместимости до выбранной отметки.

Суммируют вместимости при выбранной отметке, расположенной выше отметки номинальной вместимости. Разность применяют при выбранной отметке, расположенной ниже отметки номинальной вместимости.

Вместимость мерника при температуре поверочной жидкости t , дм^3 , вычисляют по

формуле:

$$V_t = \sum_{i=1}^n \left(V_{M1pi} \cdot \left(1 + 3\alpha_{M1p} \cdot (t_{M1pi} - 20) \right) \right) + \sum_{j=1}^k \left(\pm \Delta V_j \cdot \left(1 + \alpha_{K3} \cdot (t_{Kj} - 20) \right) \right) \quad (29)$$

- где i – номер измерения с помощью эталона 1-го разряда;
 n – количество измерений с помощью эталона 1-го разряда;
 V_{M1p} – действительная вместимость эталона 1-го разряда при температуре плюс 20°C, дм³;
 α_{M1p} – коэффициент линейного расширения материала стенок эталона 1-го разряда, °C⁻¹ (Таблица А.1 Приложение А);
 t_{M1p} – температура воды в эталоне 1-го разряда, °C;
 j – номер измерения с помощью эталонных колб;
 k – количество измерений с помощью эталонных колб;
 $+\Delta V$ – объем добавленной воды эталонной колбой, дм³;
 $-\Delta V$ – объем отобранной воды эталонной колбой, дм³;
 α_{K3} – коэффициент линейного расширения материала стенок эталонной колбы (боросиликатное стекло), °C⁻¹ (Таблица А.2 Приложение А);
 t_K – температура воды в эталонной колбе, °C.

После определения номинальной вместимости и вместимостей на крайних отметках с помощью эталонных колб промежуточные значения вместимости следует определять по равномерной шкале, нанесенной с использованием мер длины.

Действительную вместимость установки, соответствующую температуре плюс 20 °C, дм³, вычисляют по формуле:

$$V_{20} = V_t \cdot \left(1 - 3\alpha_{M2p} \cdot (t_{M2p} - 20) \right) \quad (30)$$

где α_{M2p} – коэффициент линейного расширения материала стенок мерника, °C⁻¹ (Таблица А.1 приложение А);

t_{M2p} – температура воды в мернике, °C.

$$t_{M2p} = \frac{\sum_{z=1}^h t_{M2pz}}{h} \quad (31)$$

- где h – количество наливок в мерник установки;
 z – порядковый номер заливки в мерник установки.

Действительную вместимость поверяемого мерника на отметке номинальной вместимости измеряют дважды по формуле (22). Разность между результатами двух измерений не должна превышать половины допускаемой абсолютной погрешности поверяемого мерника:

$$|V_{20(1)} - V_{20(2)}| \leq 0,5 \cdot \Delta V_{M2p}, \quad (32)$$

где ΔV_{M2p} – наибольшее значение допускаемой абсолютной погрешности мерника на отметке номинальной вместимости, дм³.

$$\Delta V_{M2p} = 5 \cdot 10^{-4} V, \quad (33)$$

где V – номинальная вместимость мерника, дм³.

Действительную вместимость мерника при температуре плюс 20 °C, дм³, по результатам двух измерений вычисляют по формуле:

$$V_{20(1,2)} = \frac{V_{20(1)} + V_{20(2)}}{2}. \quad (34)$$

Относительную погрешность мерника при температуре плюс 20 °C, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{M2p} = \left| \frac{V - V_{20(1,2)}}{V_{20(1,2)}} \right| \cdot 100. \quad (35)$$

6.4.2.2 Определение относительной погрешности мерника при температуре плюс 20 °С на каждой оцифрованной отметке шкалы.

6.4.2.2.1 Мерник заполняют водой до отметки начального значения шкалы (нижняя отметка шкалы). Наливают воду по 2 дм³ эталоном 1-го разряда несколько раз до верхней отметки шкалы, при этом каждый раз регистрируя значения в протоколе.

6.4.2.2.2 Сливают воду из мерника до второй отметки шкалы снизу и повторяют процедуру по п. 6.4.2.2.1.

6.4.2.3 Определение цены деления шкалы горловины мерника

Мерник заполняют водой до отметки конечного значения шкалы (верхняя отметка шкалы). По истечении 10 минут выдержки измеряют температуру воды в мернике и регистрируют температуру, t , принимая температуру мерника равной температуре воды.

Сливают воду из мерника от отметки конечного значения шкалы до отметки номинальной вместимости, измеряют ее количество средствами поверки.

Сливают воду из мерника от отметки номинальной вместимости до отметки начального значения шкалы, измеряют ее количество средствами поверки.

Цену деления шкалы горловины мерника установки вычисляют по формуле:

$$C = \frac{V_{\text{шк1}} + V_{\text{шк2}}}{k}, \quad (36)$$

где $V_{\text{шк1}}$ – действительная вместимость горловины от отметки конечного значения шкалы до отметки номинальной вместимости, дм³;

$V_{\text{шк2}}$ – действительная вместимость горловины от отметки номинальной вместимости до отметки начального значения шкалы, дм³.

Примечание – Допускается определять вместимость горловины методом налива.

6.4.2.4 Определение относительной погрешности установки при измерении объема жидкости прямым методом измерений

Объем жидкости, измеренный установкой, дм³, вычисляют по формуле:

$$V_{\text{изм}} = V_{20(1,2)} \cdot (1 + 3\alpha_{M2p} \cdot (t_{M2p} - 20)). \quad (37)$$

Относительную погрешность установки при измерении объема, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{vy} = \delta_{M2p} + \delta_t, \quad (38)$$

где δ_t – погрешность измерения температуры, % (принимается равной 0,00025 %).

Примечание – Значение δ_t вычислено для термометра электронного «ExT-01», входящего в состав установки, с погрешностью $\pm 0,1$ °С. Термометр используется для проведения измерений с помощью установки.

Результат поверки считают положительным, если выполняется следующее условие:

$$\delta_{vy} \leq \pm 0,04\%. \quad (39)$$

6.4.3 Определение относительной погрешности установки при измерении массы жидкости косвенным методом измерений

Определяют относительную погрешности мерника в соответствии с п. 6.4.2.1

Относительную погрешность установки при измерении массы косвенным методом %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{vy_{\text{кос}}} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{M2p}^2 + \delta_t^2 + \delta_p^2} \quad (40)$$

где δ_ρ – погрешность измерения плотности жидкости, %, (принимается равной 0,015 %)

Примечание – Значение δ_ρ вычислено для измерителя плотности жидкостей вибрационного ВИП-2МР, входящего в состав установки, с погрешностью $\pm 0,0001$ °С. Термометр используется для проведения измерений с помощью установки.

Результат поверки считают положительным, если выполняется следующее условие:

$$\delta_{\text{ВУ}_{\text{кос}}} \leq \pm 0,05\%. \quad (41)$$

6.4.4 Определение метрологических характеристик измерителя плотности жидкостей вибрационного ВИП-2МР и термометра электронного «ЕхТ-01», входящих в состав установки, проводится при проведении их поверки в соответствии с их методиками поверки, приведенными в таблице 2 или в их описаниях типа.

Таблица 2

Наименование средства измерений	Наименование документа на поверку
Измеритель плотности жидкостей вибрационный ВИП-2МР	ТКЛШ 2.843.001 МП «Измерители плотности жидкостей вибрационные ВИП-2М и ВИП-2МР. Методика поверки», согласованный ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в 2009 г.
Термометр электронный «ЕхТ-01»	ТКЛШ 2.822.001 РЭ «Термометры электронные «ЕхТ-01». Руководство по эксплуатации»

Поверку средства измерений допускается не проводить, если срок действия его свидетельства о поверке 1 год или более.

Периодическую поверку установок, применяемых для измерений только некоторых измерительных каналов, допускается на основании письменного заявления владельца производить только по тем требованиям методики поверки, которые определяют пригодность установок для измерений данных величин. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке и в паспорте.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

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

На оборотной стороне свидетельства о поверке указывают: наименование и заводские номера средств измерений, входящих в состав установки.

7.3 Если установка по результатам поверки признана непригодной к применению, свидетельство о поверке аннулируют и выписывается извещение о непригодности в соответствии с приказом Минпромторга России № 1815 от 2 июля 2015 г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Коэффициенты линейного расширения материала стенок мерника и колб

А.1 Коэффициенты линейного расширения материала стенок мерника приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 – Коэффициенты линейного расширения материала стенок мерника

Материал стенок мерника	Коэффициент линейного расширения, °С ⁻¹
Сталь углеродистая	11,2·10 ⁻⁶
Сталь легированная	11,0·10 ⁻⁶
Сталь нержавеющая	16,6·10 ⁻⁶
Латунь	17,8·10 ⁻⁶
Алюминий	24,5·10 ⁻⁶
Медь	17,4·10 ⁻⁶

Примечание – Допускается использовать значение коэффициента линейного расширения материала стенок мерника, указанное в документации на мерник.

А.2 Коэффициент линейного расширения материала стенок колбы приведены в таблице А.2.

Таблица А.2 – Коэффициенты линейного расширения материала стенок колбы

Материал стенок колбы	Коэффициент линейного расширения, °С ⁻¹
Боросиликатное стекло	10,0·10 ⁻⁶

Примечание – Допускается использовать значение коэффициента линейного расширения материала стенок колбы, указанное в документации на колбу.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Определение значения коэффициента объемного расширения воды

Коэффициент объемного расширения воды, β , $^{\circ}\text{C}^{-1}$, определяется для отобранной воды в лабораторных условиях в соответствии с аттестованными методиками (методами) измерений. Допускается коэффициент объемного расширения воды, β , определять по формуле:

$$\beta = \frac{\beta_{t_m} + \beta_{t_n}}{2},$$

где:

- β_{t_m} – значение коэффициента объемного расширения воды, $^{\circ}\text{C}^{-1}$, определенное в соответствии с таблицей Б.1 при температуре t_m ;
- β_{t_n} – значение коэффициента объемного расширения воды, $^{\circ}\text{C}^{-1}$, определенное в соответствии с таблицей Б.1 при температуре t_n .

Таблица Б.1 – значение коэффициентов объемного расширения воды, $^{\circ}\text{C}^{-1}$, при значения температурах воды.

Температура, $^{\circ}\text{C}$	Значение коэффициентов объемного расширения воды, $^{\circ}\text{C}^{-1}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
5	0,0000200	0,0000200	0,0000200	0,0000200	0,0000200	0,0000200	0,0000300	0,0000200	0,0000300	0,0000300
6	0,0000300	0,0000300	0,0000300	0,0000400	0,0000400	0,0000300	0,0000400	0,0000400	0,0000500	0,0000400
7	0,0000500	0,0000400	0,0000500	0,0000500	0,0000500	0,0000500	0,0000600	0,0000500	0,0000600	0,0000600
8	0,0000600	0,0000600	0,0000600	0,0000700	0,0000600	0,0000700	0,0000700	0,0000700	0,0000700	0,0000700
9	0,0000700	0,0000800	0,0000800	0,0000700	0,0000800	0,0000800	0,0000800	0,0000900	0,0000800	0,0000900
10	0,0000900	0,0000800	0,0000900	0,0001000	0,0000900	0,0000900	0,0001000	0,0000900	0,0001000	0,0001000
11	0,0001000	0,0001000	0,0001100	0,0001000	0,0001100	0,0001000	0,0001101	0,0001101	0,0001101	0,0001101
12	0,0001201	0,0001101	0,0001201	0,0001201	0,0001101	0,0001201	0,0001301	0,0001201	0,0001201	0,0001301
13	0,0001201	0,0001301	0,0001301	0,0001301	0,0001301	0,0001301	0,0001301	0,0001401	0,0001301	0,0001401
14	0,0001401	0,0001401	0,0001401	0,0001401	0,0001401	0,0001501	0,0001401	0,0001501	0,0001501	0,0001501
15	0,0001501	0,0001501	0,0001501	0,0001501	0,0001602	0,0001602	0,0001501	0,0001602	0,0001602	0,0001702
16	0,0001502	0,0001702	0,0001602	0,0001602	0,0001702	0,0001702	0,0001702	0,0001702	0,0001702	0,0001702
17	0,0001702	0,0001802	0,0001702	0,0001802	0,0001802	0,0001802	0,0001802	0,0001802	0,0001802	0,0001802

Температура, °C	Значение коэффициентов объемного расширения воды, °C ⁻¹									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
18	0,0001903	0,0001803	0,0001903	0,0001903	0,0001903	0,0001803	0,0002003	0,0001903	0,0001903	0,0001903
19	0,0002003	0,0002003	0,0001903	0,0002003	0,0002003	0,0002003	0,0002003	0,0002104	0,0002004	0,0002104
20	0,0002004	0,0002104	0,0002104	0,0002104	0,0002104	0,0002104	0,0002104	0,0002104	0,0002204	0,0002104
21	0,0002204	0,0002104	0,0002205	0,0002205	0,0002205	0,0002205	0,0002305	0,0002205	0,0002205	0,0002305
22	0,0002305	0,0002305	0,0002205	0,0002305	0,0002305	0,0002305	0,0002406	0,0002306	0,0002406	0,0002306
23	0,0002406	0,0002306	0,0002406	0,0002406	0,0002406	0,0002406	0,0002507	0,0002406	0,0002507	0,0002406
24	0,0002507	0,0002407	0,0002507	0,0002507	0,0002507	0,0002507	0,0002607	0,0002507	0,0002507	0,0002608
25	0,0002507	0,0002608	0,0002608	0,0002608	0,0002608	0,0002608	0,0002608	0,0002608	0,0002709	0,0002608
26	0,0002709	0,0002608	0,0002709	0,0002709	0,0002709	0,0002709	0,0002709	0,0002709	0,0002709	0,0002810
27	0,0002709	0,0002810	0,0002710	0,0002810	0,0002810	0,0002810	0,0002810	0,0002810	0,0002810	0,0002811
28	0,0002911	0,0002811	0,0002911	0,0002811	0,0002911	0,0002911	0,0002911	0,0002912	0,0002912	0,0002912
29	0,0002912	0,0003012	0,0002912	0,0003012	0,0002912	0,0003013	0,0003013	0,0003013	0,0003013	0,0003013
30	0,0003013	0,0003013	0,0003114	0,0003013	0,0003013	0,0003114	0,0003114	0,0003114	0,0003014	0,0003114
31	0,0003115	0,0003115	0,0003215	0,0003115	0,0003115	0,0003215	0,0003115	0,0003216	0,0003115	0,0003216
32	0,0003216	0,0002915	0,0003518	0,0003216	0,0003216	0,0003317	0,0003217	0,0003217	0,0003317	0,0003317
33	0,0003217	0,0003318	0,0003318	0,0003318	0,0003318	0,0003318	0,0003318	0,0003318	0,0003419	0,0003319
34	0,0003419	0,0003319	0,0003419	0,0003420	0,0003420	0,0003420	0,0003420	0,0003420	0,0003420	0,0003420
35	0,0003420	0,0003521	0,0003421	0,0003521	0,0003522	0,0003421	0,0003522	0,0003522	0,0003522	0,0003522
36	0,0003522	0,0003623	0,0003522	0,0003523	0,0003523	0,0003624	0,0003624	0,0003523	0,0003624	0,0003624
37	0,0003624	0,0003624	0,0003624	0,0003625	0,0003625	0,0003625	0,0003726	0,0003625	0,0003726	0,0003625
38	0,0003726	0,0003726	0,0003726	0,0003626	0,0003727	0,0003828	0,0003727	0,0003727	0,0003727	0,0003828
39	0,0003728	0,0003728	0,0003829	0,0003829	0,0003728	0,0003829	0,0003829	0,0003829	0,0003830	0,0003830
40	0,0003931	0,0003830	0,0003830	0,0003931	0,0003830	0,0003931	0,0003831	0,0003932	0,0003932	0,0003932