

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ -
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
ИМ.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора филиала
ВНИИР филиала ФГУП
«ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



А.С. Тайбинский

_____ 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЪЕМА И МАССЫ УПМ-2000

Методика поверки

МП 1524-1-2023

Начальник научно-
исследовательского отдела
_____ Р.А. Корнеев
Тел. отдела: +7(843) 272-12-02

г. Казань
2023 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на установки поверочные средств измерений объема и массы УПМ-2000 (далее – установка), предназначенную для измерений объема и массы жидкости в потоке, воспроизведения, хранения и передачи единиц массы и объема жидкости в потоке при проведении исследований, испытаний, поверки, калибровки и других работ по определению метрологических характеристик средств измерений объема жидкости в потоке и/или массы жидкости в потоке.

Прослеживаемость установок к Государственному первичному эталону единицы массы ГЭТ 3-2020 и Государственному первичному эталону единицы объема жидкости ГЭТ 216-2018 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356. В методике поверки реализован метод косвенных измерений.

В результате поверки установки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Основные метрологические характеристики

| Наименование | Значение |
|--|-----------------|
| Номинальная вместимость мерника, дм ³ | 2000 |
| Вместимость, соответствующая верхней отметке шкалы мерника при температуре 20 °С, дм ³ | 2040 |
| Вместимость, соответствующая нижней отметке шкалы мерника при температуре 20 °С, дм ³ | 1980 |
| Цена деления шкалы мерника, дм ³ | 1 |
| Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении массы жидкости, % | ±0,04 |
| Диапазон измерения массы жидкости, кг | от 1000 до 2040 |
| Цена деления прибора весоизмерительного ПВ-24, кг | 0,1 |
| Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении объема жидкости, % | ±0,05 |

2 Перечень операций поверки

Перечень операций при проведении первичной и периодической поверки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций при проведении первичной и периодической поверки

| Наименование операции | Номер раздела | Проведение операции при | |
|---|---------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверки | периодической поверки |
| Внешний осмотр средства измерений | 7 | Да | Да |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений | 8 | Да | Да |
| Проверка программного обеспечения средства измерений | 9 | Да | Да |
| Определение метрологических характеристик средства измерений | 10 | Да | Да |
| Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | 11 | Да | Да |

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

3.1.1 Измеряемая среда – жидкость (вода питьевая) с параметрами:

- температура, °С от +15 до +25;
- 3.1.2 Окружающая среда установки – воздух с параметрами:
- температура окружающей среды, °С от +15 до +25;
- относительная влажность окружающей среды, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 107.

3.2 Средства измерений, входящие в состав установки, должны иметь действующие сведения о поверке, которые должны быть внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений аккредитованным лицом, проводившим поверку.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 При проведении поверки специалисты должны соответствовать следующим требованиям:

- знать требования руководства по эксплуатации на установку и на применяемые средства поверки;
- знать требования данного документа;
- обладать навыками работы по данному документу.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Метрологические и технические требования к средствам поверки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|---|---|
| п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений | Рабочий эталон 4 разряда в соответствии с ГПС для средств измерений массы, утвержденной приказом Росстандарта от 04.07.2022 № 1622, с номинальным значением массы 20 кг и пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 1000 мг в количестве 102 штук | Гири массой 20 кг класса точности М1, рег. № 85346-22 |
| п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений | Рабочий эталон 1 разряда в соответствии с ГПС (часть 3), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, с номинальной вместимостью при температуре +20 °С от 100 до 2000 дм ³ с пределами допускаемой относительной погрешности измерений объема жидкости $\pm 0,02$ % | Мерник металлический эталонный 1-го разряда, рег. № 67392-17 |
| п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений | Диапазон измерений температуры от 0 до +50 °С с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 0,05$ °С | Термометр лабораторный электронный ЛТ-300, рег. № 61806-15 |
| п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений | Диапазон измерений плотности от 0,9 до 1,1 г/см ³ с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,0001$ г/см ³ | Измеритель плотности жидкости вибрационный ВИП-2МР, рег. № 27163-09 |
| п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений | Диапазон измерений температуры от 0 до +50 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,2$ °С, диапазон измерений | Термогигрометр автономный ИВА-6, рег. № 82393-21 |

| | | |
|--|--|--|
| | относительной влажности от 0 до 98 % с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности ± 3 %, диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерения атмосферного давления ± 2 гПа | |
|--|--|--|

Примечания

1 Эталоны и средства измерений, используемые в качестве средств поверки, должны быть аттестованы или иметь действующие положительные сведения о поверке, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;

2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью;

3 Допускается проводить поверку установки, используемых для измерений (воспроизведений) меньшего числа единиц величин (массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке) с уменьшением количества измеряемых единиц на основании письменного заявления владельца средства измерений, оформленного в произвольной форме, с соответствующим занесением информации в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие требования:

- правил техники безопасности, действующих на месте проведения поверки;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и установки, приведенных в их эксплуатационных документах.

6.2 К средствам поверки и установке обеспечивают свободный доступ.

6.3 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость средств поверки и установки, а также снятие показаний с них.

6.4 При появлении течи измеряемой среды и других ситуаций, нарушающих процесс проведения поверки, поверка должна быть прекращена или приостановлена до устранения неисправностей.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

- комплектность и маркировка установки должны соответствовать эксплуатационным документам;

- на установке не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, препятствующих ее применению;

- на установке должна быть возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если комплектность и маркировка установки соответствует эксплуатационным документам, на установке отсутствуют внешние механические повреждения и дефекты, препятствующие ее применению, на установке присутствует возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства или отрицательным, если комплектность и маркировка установки не соответствуют эксплуатационным документам, на установке присутствуют внешние механические повреждения и/или дефекты, препятствующие ее применению, и/или на установке отсутствует возможность нанесения знака поверки в целях защиты от несанкционированного вмешательства. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверка выполнения условий разделов 3, 4, 5 и 6 настоящей методике;

– подготовка к работе установки и средств поверки согласно их эксплуатационным документам.

8.2 Опробование

При опробовании проверяют работоспособность установки и ее составных частей в соответствии с их эксплуатационными документами и выполняют следующие подготовительные работы: проводят заполнение мерника, входящего в состав установки, водой до верхней отметки шкалы и выдержку в течение не менее 20 минут, при этом проверяют работу запорной арматуры, герметичность соединений, а также, наличие показаний на весовом терминале.

Результаты опробования считаются удовлетворительными, если в течение не менее 20 минут уровень воды в мернике не изменяется, на поверхности мерника не появляются капли, а на весовом терминале индцированы показания массы. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

При проведении поверки выполняют операцию подтверждения соответствия программного обеспечения заявленным идентификационным данным с использованием программного обеспечения установки. Для этого с показывающего устройства считывают номер версии программного обеспечения.

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если полученные идентификационные данные программного обеспечения установки (номер версии) соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа на установки или отрицательным, если полученные идентификационные данные программного обеспечения установки (номер версии) не соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа на установки. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении массы жидкости

Абсолютное отклонение показаний весового устройства от показаний рабочего эталона единицы массы 4-го разряда с номинальными значениями от 20 до 2200 кг по ГПС для средств измерений массы № 1622 от 04.07.2022 (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: 1000 кг, 1300 кг, 1600 кг, 1900 кг, 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.

10.2 Определение относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении объема жидкости

Определение относительной погрешности установки заключается в определении относительной погрешности мерника металлического (далее – мерник), входящего в состав установки.

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

Вместимость мерника 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 проверке 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.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Определение пределов допускаемой относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении массы жидкости.

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

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

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

где M_{Bji} – масса по показаниям весового устройства, кг;
 $M_{Гj}$ – 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:

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

где n – количество измерений.

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

$$S_{Bvj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta M_{Bvji} - \overline{\Delta M_{Bvj}})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (3)$$

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

$$\theta_{Bvj} = |\Delta M_{Bvj}|_{max}. \quad (4)$$

11.1.2 Определение НСП измерений плотности воды.

НСП измерений плотности воды, кг/м³, вычисляют по формуле:

$$\theta_{\rho_{ж}} = 1,1 \cdot \sqrt{A^2 \cdot \Delta_{t_{ж}}^2 + \Delta_{\rho_{ж}}^2}, \quad (5)$$

- где A – наибольшее значение приращения плотности измеряемой среды на $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$, выбранное в соответствии с таблицей зависимости плотности измеряемой среды от температуры измеряемой среды, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$ (принимается $A = 0,1 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$);
- $\Delta_{t_{ж}}$ – абсолютная погрешность средства измерения температуры воды, $^\circ\text{C}$ (значения берутся из паспортных данных на используемое средство измерений);
- $\Delta_{\rho_{ж}}$ – абсолютная погрешность средства измерения плотности воды, $\text{кг}/\text{м}^3$ (значения берутся из паспортных данных на используемое средство измерений).

11.1.3 Определение НСП измерений плотности воздуха.

Плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляют по формуле:

$$\rho_{в} = \frac{0,34848 \cdot P_{в} - 0,009024 \cdot h_{в} \cdot e^{0,0612 \cdot T_{в}}}{273,15 + T_{в}}, \quad (6)$$

- где $P_{в}$ – атмосферное давление, гПа;
- $h_{в}$ – относительная влажность окружающего воздуха, %;
- $T_{в}$ – температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$.

НСП измерений плотности воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляют по формулам:

$$\theta_{\rho_{в}} = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial \rho_{в}}{\partial P_{в}}\right)^2 \cdot \Delta_{P_{в}}^2 + \left(\frac{\partial \rho_{в}}{\partial h_{в}}\right)^2 \cdot \Delta_{h_{в}}^2 + \left(\frac{\partial \rho_{в}}{\partial T_{в}}\right)^2 \cdot \Delta_{T_{в}}^2}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial \rho_{в}}{\partial P_{в}} = \frac{0,34848}{273,15 + T_{в}}, \quad (8)$$

$$\frac{\partial \rho_{в}}{\partial h_{в}} = \frac{0,009024 \cdot e^{0,0612 \cdot T_{в}}}{273,15 + T_{в}}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial \rho_{в}}{\partial T_{в}} = -\frac{0,0005522688 \cdot h_{в} \cdot e^{0,0612 \cdot T_{в}}}{273,15 + T_{в}} - \frac{(0,34848 \cdot P_{в} - 0,009024 \cdot h_{в} \cdot e^{0,0612 \cdot T_{в}})}{(273,15 + T_{в})^2}, \quad (10)$$

- где $\Delta_{P_{в}}$ – абсолютная погрешность средства измерения атмосферного давления, гПа;
- $\Delta_{h_{в}}$ – абсолютная погрешность средства измерения относительной влажности окружающего воздуха, %;
- $\Delta_{T_{в}}$ – абсолютная погрешность средства измерений температуры окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$;
- $\frac{\partial \rho_{в}}{\partial P_{в}}, \frac{\partial \rho_{в}}{\partial h_{в}}, \frac{\partial \rho_{в}}{\partial T_{в}}$ – частные производные плотности воздуха по атмосферному давлению, относительной влажности окружающей среды и температуре окружающего воздуха.

Примечание – Для дальнейших расчетов принимаем НСП измерений плотности воздуха равным $\theta_{\rho_{в}} = 0,0043 \%$ (данное значение получено для $P_{в} = 107 \text{ кПа}$; $\Delta_{P_{в}} = 2 \text{ гПа}$; $h_{в} = 80 \%$; $\Delta_{h_{в}} = 3 \%$; $T_{в} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta_{T_{в}} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$).

11.1.4 Определение НСП и СКО установки при измерении массы жидкости

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

$$M_{\text{изм}} = \frac{M_{\text{ВУ}} \cdot \rho_{ж}}{(\rho_{ж} - \rho_{в})}. \quad (11)$$

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

$$\theta_{\text{ВУ}j} = \frac{\theta_{\text{ВУ}\Delta j}}{M_{\text{ВУ}j}} \cdot 100, \quad (12)$$

$$\theta_{\text{ВУ}\Delta j} = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial M_{\text{изм}j}}{\partial M_{\text{ВУ}j}}\right)^2 \cdot \theta_{\text{ВУ}j}^2 + \left(\frac{\partial M_{\text{изм}j}}{\partial \rho_{\text{ж}}}\right)^2 \cdot \theta_{\rho_{\text{ж}}}^2 + \left(\frac{\partial M_{\text{изм}j}}{\partial \rho_{\text{в}}}\right)^2 \cdot \theta_{\rho_{\text{в}}j}^2}, \quad (13)$$

$$\frac{\partial M_{\text{изм}}}{\partial M_{\text{ВУ}}} = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}}}, \quad (14)$$

$$\frac{\partial M_{\text{изм}}}{\partial \rho_{\text{ж}}} = -\frac{M_{\text{ВУ}j} \cdot \rho_{\text{в}}}{(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}})^2}, \quad (15)$$

$$\frac{\partial M_{\text{изм}}}{\partial \rho_{\text{в}}} = \frac{M_{\text{ВУ}j} \cdot \rho_{\text{ж}}}{(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}})^2}, \quad (16)$$

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

СКО установки при измерении массы, %, вычисляют по формулам:

$$S_{\text{ВУ}j} = \frac{S_{\text{ВУ}\Delta j}}{M_{\text{ВУ}j}} \cdot 100, \quad (17)$$

$$S_{\text{ВУ}\Delta j} = \frac{\partial M_{\text{изм}j}}{\partial M_{\text{ВУ}j}} \cdot S_{\text{ВУ}j}. \quad (18)$$

11.1.5 Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении массы жидкости, %, вычисляют по формулам:

$$\delta_{\text{ВУ}j} = S_{\Sigma j} \cdot \frac{\theta_{\text{ВУ}j} + t_{0,95} \cdot S_{\text{ВУ}j}}{S_{\theta j} + S_{\text{ВУ}j}}, \quad (19)$$

$$S_{\Sigma j} = \sqrt{S_{\theta j}^2 + S_{\text{ВУ}j}^2}, \quad (20)$$

$$S_{\theta j} = \frac{\theta_{\text{ВУ}j}}{1,1 \cdot \sqrt{3}}, \quad (21)$$

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 испытаний считают положительным, если выполняется следующее условие:

$$\delta_{\text{ВУ}j} \leq \pm 0,04 \%. \quad (22)$$

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.2. Определение пределов допускаемой относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении объема жидкости.

11.2.1 Определение относительной погрешности мерника металлического, входящего в состав установки

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

$$V_t = \sum_{i=1}^n \left(V_{M1pi} \cdot \left(1 + 3\alpha_{M1p} \cdot (t_{M1pi} - 20) \right) \right) + \sum_{j=1}^k \left(\pm \Delta V_j \cdot \left(1 + \alpha_{K3} \cdot (t_{Kj} - 20) \right) \right), \quad (24)$$

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 , дм^3 ;

- α_{M1p} – коэффициент линейного расширения материала стенок эталона 1-го разряда, °C⁻¹ (Таблица Б.1 Приложение Б);
 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;
 $\alpha_{Kэ}$ – коэффициент линейного расширения материала стенок эталонной колбы (боросиликатное стекло), °C⁻¹ (Таблица Б.2 Приложение Б);
 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:

$$V_{20} = V_t \cdot (1 - 3\alpha_{M2p} \cdot (t_{M2p} - 20)), \quad (25)$$

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

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

$$t_{M2p} = \frac{\sum_{z=1}^h t_{M2pz}}{h}, \quad (26)$$

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

Действительную вместимость на отметке номинальной вместимости измеряют дважды по формуле (25). Разность между результатами двух измерений не должна превышать половины допускаемой абсолютной погрешности мерника, входящего в состав установки:

$$|V_{20(1)} - V_{20(2)}| \leq 0,5 \cdot \Delta V_{M2p}, \quad (27)$$

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

$$\Delta V_{M2p} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot V, \quad (28)$$

где V – номинальная вместимость мерника, дм³.

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

$$V_{20(1,2)} = \frac{V_{20(1)} + V_{20(2)}}{2}. \quad (29)$$

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

$$\delta_{M2p} = \left| \frac{V - V_{20(1,2)}}{V_{20(1,2)}} \right| \cdot 100. \quad (30)$$

11.2.2 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:

$$C = \frac{V_{\text{шк1}} + V_{\text{шк2}}}{k}, \quad (31)$$

где $V_{\text{шк1}}$ – действительная вместимость горловины от отметки конечного значения шкалы до отметки номинальной вместимости, дм^3 ;

$V_{\text{шк2}}$ – действительная вместимость горловины от отметки номинальной вместимости до отметки начального значения шкалы, дм^3 ;

k – число делений шкалы горловины мерника.

Примечание – Допускается определять вместимость горловины методом налива.

11.2.3 Определение относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении объема жидкости

Объем жидкости, измеренный установкой, дм^3 , вычисляют по формуле:

$$V_{\text{изм}} = V_{20(1,2)} \cdot \left(1 + 3\alpha_{\text{М2р}} \cdot (t_{\text{М2р}} - 20) \right). \quad (32)$$

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении объема, %, вычисляют по формуле:

$$\delta_{\text{vy}} = \delta_{\text{М2р}} + \delta_t, \quad (33)$$

где δ_t – погрешность измерения температуры, % (принимается равной 0,0025 %).

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

Результат испытаний считают положительным, если выполняется следующее условие:

$$\delta_{\text{vy}} \leq \pm 0,05 \%. \quad (34)$$

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.2.4 Проверка соответствия средства измерений обязательным требованиям к эталону

При положительных результатах поверки установка может соответствовать вторичному эталону единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке в соответствии с ГПС (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты измерений и вычислений вносят в протокол поверки (рекомендуемая форма указана в Приложении А).

Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, предусмотренным действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

12.2 При положительных результатах поверки установки оформляют свидетельство о поверке, подтверждающее соответствие установки обязательным требованиям к эталонам в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в области единства

измерений, к которому прилагают протокол поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке, а также на пломбы, установленные в соответствии с описанием типа.

12.3 При отрицательных результатах поверки установку к применению не допускают, по заявлению заказчика выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки средства измерений

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____

Стр. ____ из ____

Наименование средства измерений: _____ Установки поверочные средств измерений объема и массы УПМ-2000
Заводской номер: _____
Наименование и адрес заказчика: _____
Методика поверки: _____ МП 1524-1-2023 «ГСИ. Установки поверочные средств измерений объема и массы УПМ-2000. Методика поверки»
Место проведения поверки: _____
Поверка выполнена с применением: _____
Условия проведения поверки:
Температура окружающей среды _____
Атмосферное давление _____
Относительная влажность _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ:

- 1 Внешний осмотр средства измерений: (положительный/отрицательный, пункт 7) _____
- 2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений: (положительный/отрицательный, пункт 8) _____
- 3 Проверка программного обеспечения: (положительный/отрицательный, пункт 9) _____
- 4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:

Таблица 1

| Абсолютная погрешность средства измерения температуры окружающей среды, °С | Абсолютная погрешность средства измерения температуры измеряемой среды, °С | Абсолютная погрешность средства измерения атмосферного давления, гПа | Абсолютная погрешность средства измерения относительной влажности окружающей среды, % | Температура окружающей среды $T_{в}$, °С | Атмосферное давление $P_{в}$, гПа | Относительная влажность $h_{в}$, % | Коэффициент линейного расширения материала стенок УПМ, °С ⁻¹ |
|--|--|--|---|---|------------------------------------|-------------------------------------|---|
| | | | | | | | |

Таблица 2

| № изм. | $M_{г}$, кг | $M_{вј}$, кг | $\Delta M_{вј}$, кг | $\overline{\Delta M_{вј}}$, кг | $S_{вј}$, кг | $\Theta_{вј}$, кг | $\rho_{ж}$, кг/м ³ | $\Theta\rho_{ж}$, кг/м ³ | $\rho_{в}$, кг/м ³ | $\Theta\rho_{в}$, кг/м ³ | $M_{изм}$, кг | $\Theta_{вудј}$, кг | $\Theta_{ву}$, % | $S_{вудј}$, кг | $S_{ву}$, % | S_{Θ} , % | S_{Σ} , % | $\delta_{ву}$, % | |
|-----------|-----------------|------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|----------------|-------------------------|----------------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|--|
| 1 | 1000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2040 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Таблица 3

| Вариант | Номинальная вместимость, л | Номер измерения | Температура, °С | | V_t , дм ³ | V_{20} , дм ³ | $V_{20(1,2)}$, дм ³ | δ_{M2p} , % | δ_{vy} , % |
|---------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|
| | | | в мернике | в установке | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Цена деления шкалы мерника установки С равна – 1 дм³; цена деления весоизмерительного устройства – 0,1 кг.

Результат: (положительный/отрицательный) _____

Заключение по результатам поверки (годен / негоден): _____

Подпись поверителя _____ / _____
подпись И. О. Фамилия

« __ » _____ 20__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Коэффициент линейного расширения материала стенок мерника

Б.1 Коэффициент линейного расширения материала стенок мерника определяют из таблицы Б.1.

Таблица Б.1

| 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.

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

Таблица Б.2

| 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.