

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора

по научной работе –

Заместитель директора по качеству

ФГУП «ВНИИР»

В.А. Фафурин

«15» *сентября* 2016 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные средств измерений объема и массы

для верхнего и нижнего налива УПМ-2000

Методика поверки

МП 0373-1-2016

а.р. 63522-16

г. Казань

2016

Настоящая инструкция распространяется на установки поверочные средств измерений объема и массы для верхнего и нижнего налива УПМ-2000 (далее – установки), предназначенные для измерений объема и массы жидкости, хранения и передачи единиц массы и объема жидкости.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПО ПОВЕРКЕ

1.1 При проведении поверки выполняют следующие операции:

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

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

- гиря 20 кг М1 ГОСТ OIML R 111-1 – 2009 в количестве 101 шт.;
- мерники металлические эталонные 1-го разряда номинальной вместимостью 1 дм³ и от 50 до 1000 дм³;
- колбы стеклянные эталонные 1-го класса точности номинальной вместимостью 0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 дм³;
- термометр с погрешностью $\pm 0,05$ °С;
- измеритель влажности, температуры окружающего воздуха и атмосферного давления, диапазон измерений температуры от плюс 10 до плюс 30 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности по каналу температуры $\pm 0,5$ °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 $\pm 0,5$ кПа;
- секундомер с погрешностью ± 1 с.

2.2 Допускается использование других средств поверки с техническими характеристиками не хуже, указанных выше.

2.3 Допускается вместо 101 штуки гирь 20 кг М1 ГОСТ OIML R 111-1 – 2009 использование следующего набора средств поверки: гиря 20 кг F1 ГОСТ OIML R 111-1 – 2009, компаратор массы на 20 кг с СКО $\pm 0,033$ кг и балластный груз массой 20 кг в количестве 101 шт.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться 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, руководство по эксплуатации установок и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

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

3.4 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость применяемых средств поверки, а также снятие с них показаний.

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 поверочной жидкости, °С | (20 ± 10) |
| – температура окружающего воздуха, °С | (20 ± 10) |
| – атмосферное давление, кПа | от 84 до 106 |
| – относительная влажность, % | от 30 до 90 |

Изменение температуры воды и окружающего воздуха во время поверки не должна превышать ± 0,5 °С.

Параметры напряжения питания, вибрации, внешних магнитных полей находятся в пределах, нормированных в эксплуатационной документации установки.

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1 Перед проведением поверки проводят следующие подготовительные работы:

- проверяют наличие действующих свидетельств о поверке всех средств поверки;
- установки и средства поверки выдерживают в помещении, предназначенном для проведения поверки, до достижения ими температуры, требуемой при поверке;
- установки устанавливают по уровню, обеспечивают вертикальность положения горловины.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

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

6.2 Опробование

Опробование установки проводят поверочной жидкостью. Заполняют установку водой, при этом проверяют герметичность соединений, сварных швов и запорной арматуры, одновременно при заполнении установки водой проверяют наличие изменений показаний массы на цифровом табло весоизмерительного устройства.

После заполнения установки до верхней отметки шкалы и последующей выдержки в течение 20 минут уровень воды в установке не должен изменяться и на поверхности установки не должны появляться капли.

После проведения опробования воду из установки сливают.

6.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

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

Подготовка к проведению подтверждения соответствия:

- запустить программное обеспечение установки.

Определение идентификационных данных программного обеспечения:

После включения преобразователь выполнит самотестирование, затем на индикатор ТВИ-024ВТ должно быть кратковременно выведено название версии программного обеспечения преобразователя (SC-307).

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

6.4 Определение метрологических характеристик установки

6.4.1 Определение относительной погрешности установки при измерении массы

6.4.1.1 Определение погрешности весоизмерительного устройства

Абсолютную погрешность весоизмерительного устройства определяют последовательным нагружением гирь. Гири размещают на платформе весового устройства равномерно и симметрично. Результаты измерений считывают через пять минут после нагружения. Количество измерений должно быть не менее пяти.

Примечание – при применении компаратора массы, гири 20 кг F1 и балластного груза: балластный груз предварительно пронумеровывают, далее определяют действительную массу каждого груза по схеме АВА с применением компаратора массы и гири 20 кг F1.

Абсолютную погрешность весоизмерительного устройства, кг, определяют по формуле

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

где M_B – масса по показаниям весоизмерительного устройства, кг;
 M_G – масса гирь, кг;
 j, i – индексы точки нагружения и измерения.

Абсолютная погрешность весоизмерительного устройства определяется отдельно для каждой точки нагружения: 1000, 1500, 1800, 1980, 2000, 2020 кг.

Среднеарифметическое значение массы по показаниям весоизмерительного устройства, кг, вычисляют по формуле

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

где n – количество измерений.

Среднее квадратическое отклонение результата измерений для каждой точки вычисляют по формуле

$$S_{Bj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{Bji} - \bar{M}_{Bj})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (3)$$

Неисключенную систематическую составляющую погрешности весоизмерительного устройства для каждой точки вычисляют по формуле

$$\Theta_{Bj} = \Delta M_{Bji} \max \quad (4)$$

6.4.1.2 Определение погрешности измерения плотности воды

Плотность воды выбирается из таблицы, созданной в лаборатории при анализе воды. Плотность воды в данной таблице зависит от температуры воды. Таблица должна быть составлена с шагом 0,1 °С.

Неисключенную систематическую погрешность измерения плотности воды при атмосферном давлении, кг/м³ вычисляют по формуле:

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

где A – наибольшее значение приращения плотности воды на 0,1 °С, выбранное из таблицы, кг/(м³·°С);

$\Delta_{t_{ж}}$ – абсолютная погрешность средства измерения температуры воды, °С;

$\Delta_{\rho_{ж}}$ – абсолютная погрешность средства измерения плотности воды, с помощью которого создавалась таблица, кг/м³;

$\Delta_{t_{ж}}, \Delta_{\rho_{ж}}$ – значения берутся из паспортных данных на используемые средства измерений.

Примечание – допускается вместо таблицы использовать поверенный ареометр (плотномер) с погрешностью $\pm 0,1$ кг/м³.

Неисключенная систематическая погрешность измерения плотности воды не должна превышать $\pm 0,1$ кг/м³.

При дальнейших расчетах неисключенная систематическая погрешность измерения плотности воды принимается равной 0,1 кг/м³.

6.4.1.3 Определение погрешности измерения плотности воздуха

Плотность воздуха, кг/м³, определяется по формуле:

$$\rho_g = \frac{0,34848 \cdot P_g - 0,009024 \cdot h_g \cdot e^{0,0612 \cdot T_g}}{273,15 + T_g} \quad (6)$$

где P_g – атмосферное давление, гПа;

h_g – относительная влажность окружающего воздуха, %;

T_g – температура окружающего воздуха, °С.

Неисключенную систематическую погрешность измерения плотности воздуха, кг/м³, вычисляют по формуле:

$$\Theta_{\rho_g} = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial \rho_g}{\partial P_g}\right)^2 \cdot \frac{\Delta_{P_g}^2}{1,1} + \left(\frac{\partial \rho_g}{\partial h_g}\right)^2 \cdot \frac{\Delta_{h_g}^2}{1,1} + \left(\frac{\partial \rho_g}{\partial T_g}\right)^2 \cdot \frac{\Delta_{T_g}^2}{1,1}} \quad (7)$$

где Δ_{T_e} – абсолютная погрешность средства измерения температуры окружающего воздуха, °С;

Δ_{h_e} – абсолютная погрешность средства измерения относительной влажности окружающего воздуха, %;

Δ_{P_e} – абсолютная погрешность средства измерения атмосферного давления, гПа;

$\left(\frac{\partial \rho_e}{\partial P_e}\right), \left(\frac{\partial \rho_e}{\partial h_e}\right), \left(\frac{\partial \rho_e}{\partial T_e}\right)$ – частные производные плотности воздуха по ее составляющим.

Неисключенная систематическая погрешность измерения плотности воздуха не должна превышать $\pm 0,003 \text{ кг/м}^3$.

При дальнейших расчетах неисключенная систематическая погрешность измерения плотности воздуха принимается равной $0,003 \text{ кг/м}^3$.

6.4.1.4 Определение неисключенной систематической погрешности и среднего квадратического отклонения установки при измерении массы

Масса жидкости, измеренная установкой, кг, определяется по формуле

$$M_{\text{изм}} = \frac{M_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{ж}}}{(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}})} \quad (8)$$

Неисключенную систематическую погрешность установки при измерении массы, %, вычисляют по формулам:

$$\Theta_{\text{ВУ}j} = \frac{\Theta_{\text{ВУ}\Delta j}}{M_{\Gamma j}} \cdot 100, \quad (9)$$

$$\Theta_{\text{ВУ}\Delta j} = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial M_{\text{изм}}}{\partial M_{\text{в}}}\right)^2 \cdot \Theta_{\text{В}j}^2 + \left(\frac{\partial M_{\text{изм}}}{\partial \rho_{\text{ж}}}\right)^2 \cdot \Theta_{\rho_{\text{ж}j}}^2 + \left(\frac{\partial M_{\text{изм}}}{\partial \rho_{\text{в}}}\right)^2 \cdot \Theta_{\rho_{\text{в}j}}^2}, \quad (10)$$

$$\frac{\partial M_{\text{изм}}}{\partial M_{\text{в}}} = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}}}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial M_{\text{изм}}}{\partial \rho_{\text{ж}}} = -\frac{M_{\text{в}}}{(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{ж}})} - \frac{M_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{ж}}}{(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{ж}})^2}, \quad (12)$$

$$\frac{\partial M_{\text{изм}}}{\partial \rho_{\text{в}}} = \frac{M_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{ж}}}{(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{ж}})^2} \quad (13)$$

Среднее квадратическое отклонение установки при измерении массы, %, вычисляют по формулам:

$$S_{\text{ВУ}j} = \frac{S_{\text{ВУ}\Delta j}}{M_{\Gamma j}} \cdot 100, \quad (14)$$

$$S_{\text{ВУ}\Delta j} = \frac{\partial m}{\partial M_{\text{в}}} \cdot S_{\text{В}j} \quad (15)$$

6.4.1.5 Относительную погрешность установки при измерении массы вычисляют по формуле

$$\delta_{ВУj} = S_{\Sigma j} \cdot \frac{\theta_{ВУj} + t_{0,95} \cdot S_{ВУj}}{S_{\theta j} + S_{ВУj}}, \quad (16)$$

$$S_{\Sigma j} = \sqrt{S_{\theta j}^2 + S_{ВУj}^2} \quad (17)$$

$$S_{\theta j} = \frac{\theta_{ВУj}}{\sqrt{3}} \quad (18)$$

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

Результат поверки считают положительным, если выполняется следующее условие

$$\delta_{ВУj} \leq 0,04 \%$$

6.4.2 Определение относительной погрешности установки при измерении объема

6.4.2.1 Определение относительной погрешности мерника металлического эталонного 2-го разряда с номинальной вместимостью 2000 дм³

Вместимость мерника металлического эталонного 2-го разряда с номинальной вместимостью 2000 дм³ (далее – мерник) определяют объемным методом, заполняя его водой, объем которой предварительно измерен мерником металлическим эталонным 1-го разряда (далее – мерник 1-го разряда) (метод налива), или выливая из него воду в мерник 1-го разряда (метод слива). Непосредственно перед заполнением должны быть смочены в первом случае – поверяемый мерник, а во втором случае – мерник 1-го разряда.

Если вместимость поверяемого мерника превышает вместимость мерника 1-го разряда, применяют многократное использование мерника 1-го разряда или набор средств поверки. Мерник 1-го разряда в этом случае должен иметь такую вместимость, чтобы число измерений не превышало 50.

Измеряют температуру воздуха в помещении, предназначенном для поверки, а также температуру воды в резервуаре, записывают их значения.

Перед заполнением мерник 1-го разряда и поверяемый мерники устанавливают по уровню или отвесу, обеспечив вертикальность горловины.

После заполнения мерник 1-го разряда или поверяемого 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 и закрывают сливной кран.

Если в поверяемом по методу налива мернике или в мерник 1-го разряда при поверке по методу слива установившийся уровень воды не совпадает с отметкой вместимости, то с помощью эталонных 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, дм^3 , при температуре t определяют по формуле

$$V_t = V_{M1p} \cdot (1 + 3\alpha_{M1p}(t - 20)) \pm \Delta V \cdot (1 + \alpha_{Kэ}(t - 20)), \quad (19)$$

где V_{M1p} – действительная вместимость мерника 1-го разряда, соответствующая температуре плюс $20\text{ }^\circ\text{C}$, дм^3 ;

$+\Delta V, -\Delta V$ – объем добавленной и отобранной воды соответственно, дм^3 ;

α_{M1p} – коэффициент линейного расширения материала стенок мерника 1-го разряда, $^\circ\text{C}^{-1}$ (см. Таблица А. 1 Приложение А);

$\alpha_{Kэ}$ – коэффициент линейного расширения материала стенок колбы (боросиликатное стекло), $^\circ\text{C}^{-1}$ (см. Таблица А.2 Приложение А);

t – температура воды, $^\circ\text{C}$.

Примечание – у мерников, имеющих на смотровых стеклах или шкальных пластинах несколько отметок, после определения номинальной вместимости и вместимостей на крайних отметках с помощью эталонных стеклянных колб промежуточные значения вместимости следует определять по равномерной шкале, нанесенной с использованием мер длины.

Действительную вместимость поверяемого мерника, дм^3 , соответствующую температуре плюс $20\text{ }^\circ\text{C}$, вычисляют по формуле

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

где α_{M2p} – коэффициент линейного расширения материала стенок мерника, $^\circ\text{C}^{-1}$ (см. Таблица А. 1 Приложение А).

Действительную вместимость поверяемого мерника на отметке номинальной вместимости определяют дважды. Разность между результатами двух измерений не должна превышать половины допускаемой абсолютной погрешности поверяемого мерника

$$|V_{20(1)} - V_{20(2)}| \leq 0,5 \cdot \Delta V_{M2p}, \quad (21)$$

где ΔV_{M2p} – наибольшее значение допускаемой абсолютной погрешности мерника на отметке номинальной вместимости, дм^3 ;

$$\Delta V_{M2p} = 5 \cdot 10^{-4} V, \quad (22)$$

где V – номинальная вместимость мерника, дм^3 ;

Действительную вместимость мерника при температуре $20\text{ }^\circ\text{C}$, дм^3 , по результатам двух измерений определяют по формуле

$$V_{20(1,2)} = \frac{V_{20(1)} + V_{20(2)}}{2}. \quad (23)$$

Относительную погрешность мерника при температуре $20\text{ }^\circ\text{C}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{M2p} = \left| \frac{V - V_{20(1,2)}}{V_{20(1,2)}} \right| \cdot 100. \quad (24)$$

Определение относительной погрешности мерника при температуре $20\text{ }^\circ\text{C}$ проводят на каждой оцифрованной отметке шкалы.

6.4.2.2 Определение цены деления шкалы горловины мерника

Поверяемый мерник заполняют водой до отметки конечного значения шкалы (верхняя отметка шкалы). По истечении 10 мин 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 определяют как частное от деления вместимости горловины на число делений.

Определяют цену деления шкалы горловины мерника

$$C = \frac{V_{\text{шк1}} + V_{\text{шк2}}}{k} \quad (25)$$

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 .

Примечание – допускается определять вместимость горловины методом налива.

6.4.2.3 Определение относительной погрешности установки при измерении объема Объем жидкости, измеренный установкой, дм^3 , определяется по формуле

$$V_{\text{изм}} = V_{20(1,2)} \cdot (1 + 3\alpha_{\text{м2р}}(t - 20)) \quad (26)$$

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

$$\delta_{\text{ву}} = \delta_{\text{м2р}} + \delta_t, \quad (27)$$

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

Примечание – Значение δ_t вычислено для термометра с погрешностью $\pm 0,05$ °С.

Результат поверки считают положительным, если выполняется следующее условие

$$\delta_{\text{ву}} \leq 0,05\%$$

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

7.2 При положительных результатах поверки установки оформляют свидетельство о поверке в соответствии с формой, утвержденной приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015, к которому прилагают протокол поверки.

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

Коэффициент линейного расширения материала стенок мерника

А.1 Коэффициент линейного расширения материала стенок мерника определяют из Таблицы А.1

Таблица А. 1 Коэффициент линейного расширения материала стенок мерника

Материал стенок мерника	Коэффициент линейного расширения, °С ⁻¹
1	2
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

А.2 Коэффициент линейного расширения материала стенок колбы определяют из Таблицы А.2

Таблица А.2 Коэффициент линейного расширения материала стенок колбы

Материал стенок колбы	Коэффициент линейного расширения, °С ⁻¹
1	2
Боросиликатное стекло	10,0·10 ⁻⁶