

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

М.П.

«22» сентября 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
УСТАНОВКА ПОВЕРОЧНАЯ ВСР

Методика поверки

МП 1553-1-2023

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

г. Казань

2023 г.

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на установку поверочную ВСП (далее – установка).

Прослеживаемость установки к Государственному первичному эталону единицы объема жидкости в диапазоне от $1,0 \cdot 10^{-9}$ м³ до 1,0 м³ ГЭТ 216-2018 и к Государственному первичному эталону единицы массы - килограмма ГЭТ 3-2020 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 реализованы методы передачи единиц величин методом косвенных измерений.

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

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений (воспроизведения) массового и объемного расходов жидкости ¹⁾ , т/ч (м ³ /ч)	от 5 до 390
Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости, %	±0,060
Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости, %	±0,095

¹⁾ – массовый расход жидкости зависит от плотности измеряемой среды

2 Перечень операций поверки

При проведении поверки выполняют следующие операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
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, если не оговорено особо:

Измеряемая среда – жидкость (вода питьевая) с параметрами:

- температура, °С от +10 до +30
- давление, МПа от 0,1 до 1,0

Окружающая среда – воздух с параметрами:

- температура, °С от +10 до +30
- относительная влажность, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 107

Попадание воздуха в измерительный участок установок не допускается.

3.2 Средства измерений, применяемые для измерений условий окружающей среды и измеряемой среды, на момент поверки установки должны иметь действующие сведения о положительных результатах поверки средств измерений, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

3.3 Средства измерений, предназначенные для измерений температуры, плотности и давления измеряемой среды, а также комплекс измерительно-вычислительный расхода и количества жидкостей и газов «АБАК+» (далее – комплекс), входящие в состав установки, на момент поверки установки должны иметь действующие сведения о положительных результатах поверки средств измерений, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

3.4 Если срок периодической поверки средств измерений из состава установки наступает до срока периодической поверки установки, или появилась необходимость проведения внеочередной поверки средств измерений, то поверяется только это средство измерений, при этом внеочередную поверку установки не проводят.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

При проведении поверки специалисты должны соответствовать следующим требованиям:

– знать требования руководства по эксплуатации на установку и на применяемые средства поверки;

– знать требования данного документа.

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, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 1-го разряда единицы объема жидкости в потоке согласно ГПС (часть 3), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356	Мерники металлические эталонные М, регистрационный номер 70516-18 (далее – эталон, мерник)
<p>Примечания:</p> <p>1 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик установки с требуемой точностью;</p> <p>2 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;</p> <p>3 Допускается проводить поверку установки, используемой для измерений меньшего числа единиц величин (масса жидкости в потоке и/или массовый расход жидкости и/или объем жидкости в потоке и/или объемный расход жидкости) с уменьшением количества измеряемых единиц величин на основании письменного заявления владельца установки, оформленного в произвольной форме, с соответствующим занесением информации в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.</p>		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие требования (условия):

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

– правил по охране труда, действующих на месте проведения поверки.

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 жидкости 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 настоящего документа;
- подготовка к работе установки и средств поверки согласно их эксплуатационным документам;

– проверка герметичности соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением;

– удаление воздуха из трубопроводов установки после заполнения жидкостью согласно руководству по эксплуатации установки.

8.2 Опробование

При опробовании проверяют работоспособность установки путем увеличения или уменьшения расхода жидкости в пределах рабочего диапазона измерений.

При подаче расхода жидкости на эталоне в пределах диапазона измерений установки фиксируют изменения показаний установки.

Результат опробования установки считают положительным, если при увеличении или уменьшении расхода жидкости соответствующим образом меняются показания установки или отрицательным, если при увеличении или уменьшении расхода жидкости соответствующим образом не меняются показания установки. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

9 Проверка программного обеспечения

При проведении поверки выполняют операцию подтверждения соответствия программного обеспечения (далее – ПО) заявленным идентификационным данным.

Подготовка к проведению подтверждения соответствия ПО комплекса:

– запустить ПО комплекса.

Определение идентификационных данных ПО:

– выбрать в контекстном меню комплекса пункт «Информация о вычислителе»;

– активизировать данный пункт меню.

На дисплее комплекса отобразятся идентификационные данные ПО.

Результат подтверждения соответствия ПО считают положительным, если полученные идентификационные данные ПО комплекса (установки): идентификационное наименование ПО, номер версии (идентификационный номер ПО) и цифровой идентификатор ПО соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа на установку или отрицательным, если полученные идентификационные данные ПО комплекса (установки): идентификационное наименование ПО и/или номер версии (идентификационный номер ПО) и/или цифровой идентификатор ПО не соответствуют идентификационным данным, указанным в разделе «Программное обеспечение» описания типа на установку. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение диапазона расхода, воспроизводимого установкой

Диапазон расхода жидкости, воспроизводимый установкой, определяется нижним и верхним значениями расхода на измерительной линии:

– верхний предел определяется наибольшим значением расхода, зафиксированным на измерительной линии установки;

– нижний предел определяется наименьшим значением расхода, зафиксированным на измерительной линии установки.

Для этого согласно руководству по эксплуатации устанавливают поочередно наименьший и наибольший расходы жидкости в измерительных линиях установки, и не менее 30 секунд регистрируют значение расхода по показаниям установки.

10.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости методом косвенных измерений

10.2.1 Определение вместимости калиброванных участков компакт-прувера и пределов допускаемой относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) компакт-прувера при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа

Выбирают вместимость мерника, исходя из вместимости компакт-прувера (далее – ТПУ). Объем наливаемой поверочной жидкости, при заполнении мерника, должен находиться на уровне номинальной отметки. При наличии на горловине мерника шкалы, поверочной жидкостью при заполнении мерника должна находиться в пределах шкалы.

При помощи регулятора расхода устанавливают значение расхода поверочной жидкости Q_1 . При этом переключатель потока должен быть переведен в положение «пролет».

Выполняют процедуры с остановкой поршня или без остановки поршня.

Без остановки поршня

Производят пуск поршня ТПУ. При прохождении поршня через первый детектор поверочная жидкость посредством переключателя потока направляется в мерник. Начинается заполнение мерника. При прохождении поршня через второй детектор поток поверочной жидкости посредством переключателя потока направляется в емкость-хранилище и заполнение мерника прекращается.

С остановкой поршня

Производят пуск поршня ТПУ. Закрывают краны на линии «измерение» и на линии «пролет». При прохождении поршня через первый детектор закрывается электромагнитный клапан на линии «измерение» и поршень останавливается. На линии «измерение» открывают кран(ы) и электромагнитный клапан и прогоняют поршень по калиброванному участку, поверочная жидкость посредством переключателя потока направляется в мерник. Начинается заполнение мерника. Заблаговременно до подхода поршня до второго детектора закрывают кран на линии «измерение». При прохождении поршня через второй детектор электромагнитный клапан на линии «измерение» закрывается и поршень останавливается. Заполнение мерника прекращается. Открывается кран на линии «пролет» и поток поверочной жидкости направляется в емкость-хранилище.

За время наполнения мерника фиксируют значения температуры поверочной жидкости и давления на входе (в начале и конце движения поршня по калиброванному участку), время прохождения поршня между детекторами (Д1-2). Дополнительно фиксируют температуру окружающего воздуха возле детекторов (температура планки крепления детекторов или инварового стержня компакт-прувера).

Температуру поверочной жидкости и давление в ТПУ принимают равной среднему значению двух измерений. Разность температуры поверочной жидкости в начале и конце одного измерения не должна превышать 0,2 °С.

Заполненный мерник выдерживают 30 с, проверяют герметичность сливного крана и определяют объем поверочной жидкости в мернике (по шкале или отметке номинальной вместимости) и ее температуру. Если уровень поверочной жидкости в мернике окажется выше отметки номинальной вместимости, то допускается слить излишек поверочной жидкости, измерить ее объем (колбой 1-го класса, цилиндром) и прибавить его к номинальной вместимости мерника.

Открывают сливной кран мерника и сливают поверочную жидкость.

При помощи термометра, который погружают в струю поверочной жидкости при опорожнении мерника, измеряют температуру поверочной жидкости.

Примечания

1 При отсутствии возможности измерить температуру поверочной жидкости в мернике при сливе, допускается измерять температуру поверочной жидкости путем погружения в мерник термометра. Термометр выдерживается в поверочной жидкости не менее 30 с, после чего извлекается из мерника и производится фиксирование показания температуры.

2 В случае если конструктивное исполнение предусматривает встроенный в корпус мерника термометр, измерение температуры измеряется с его помощью.

Выдержав не менее 1 мин после стекания поверочной жидкости из мерника, сливной кран закрывают.

Значения температуры и объема поверочной жидкости в мернике фиксируют в протоколе.

Операции в указанной выше последовательности производят по потоку и против потока

Измерения выполняют не менее семи раз ($n = 7$).

Значение расхода Q_1 , при котором определяют метрологические характеристики ТПУ, и значение расхода Q_2 , при котором выполняют контроль отсутствия протечек, устанавливают, исходя из следующих условий:

– значения расхода Q_1 и Q_2 должны обеспечивать равномерное движение поршня ТПУ;

– значение расхода Q_1 должно не менее, чем в два раза превышать значение Q_2 ;

– значения расхода выбирают в пределах диапазона, в котором нормируются метрологические характеристики ТПУ согласно их описанию типа.

Рекомендуется выбирать значение расхода Q_2 максимально приближенным к значению минимального расхода, указанного в эксплуатационном документе и описании типа на ТПУ.

Примечания

1 Должно обеспечиваться полное заполнение поверочной жидкостью трубопровода до переключателя потока.

2 Значение расхода Q_1 и Q_2 должно находиться в пределах диапазона расхода в котором определены метрологические характеристики средства поверки.

10.2.2 Проверка отсутствия протечек

Выполняют три измерения по 10.1.1, установив регулятором расхода значение расхода Q_2 . Определяют среднее значение вместимости калиброванного участка установки при стандартных условиях (температура 20 °С, избыточное давление 0 МПа) и находят относительное отклонение вместимости калиброванного участка установки от значения, полученного при определении метрологических характеристик установки.

10.2.3 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости

Определяют относительную погрешность (доверительных границ суммарной погрешности) установки: при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке по формуле 22; при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости по формуле 24; при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке по формуле 25; при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости по формуле 27.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Определение диапазона расхода, воспроизводимого установкой

Результат считается положительным, если показания средств измерений стабильны (не превышают $\pm 5\%$ от номинального значения) в каждой точке расхода, а их значения соответствуют нормированным данным диапазонов измерений для каждой измерительной линии или отрицательным, если показания средств измерений не стабильны (превышают $\pm 5\%$ от номинального значения) в каждой точке расхода, а их значения не соответствуют нормированным данным диапазонов измерений для каждой измерительной линии. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости методом косвенных измерений

11.2.1 Определение вместимости калиброванных участков компакт-прувера и пределов допускаемой относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) компакт-прувера при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа

Определение вместимости калиброванного участка установки

Определяют значение коэффициента, учитывающего влияние температуры стенок установки на вместимость калиброванного участка установки при i -м измерении поверочной жидкости $Ctsp_i$ по формуле

$$Ctsp_i = \left(1 + \alpha_k \cdot (\bar{t}_{yi} - 20)\right) \cdot \left(1 + \alpha_{пл} \cdot (t_{стi} - 20)\right), \quad (1)$$

- где $\alpha_{пл}$ – коэффициент линейного расширения материала планки крепления детекторов или инварового стержня ТПУ, $1/^\circ\text{C}$ (берут из эксплуатационных документов на установку);
- α_k – квадратичный коэффициент расширения материала стенок ТПУ, $1/^\circ\text{C}$ (берут из эксплуатационных документов на установку);
- $t_{стi}$ – температура окружающего воздуха возле детекторов компакт-прувера, $^\circ\text{C}$.
- \bar{t}_{yi} – среднее значение температуры поверочной жидкости в установке за i -е измерение, $^\circ\text{C}$, определяемое по формуле

$$\bar{t}_{yi} = \frac{(t_{yi \text{ вх}})_{\text{начало}} + (t_{yi \text{ вх}})_{\text{конец}}}{2}, \quad (2)$$

- где $t_{yi \text{ вх}}$ – температура на входе ТПУ в начале и конце i -го измерения, $^\circ\text{C}$.

Определяют значение коэффициента, учитывающего влияние давления поверочной жидкости на вместимость калиброванного участка ТПУ при i -м измерении Cp_{sp_i} по формуле

$$Cp_{sp_i} = 1 + \frac{D \cdot \bar{P}_{yi}}{E \cdot s}, \quad (3)$$

- где D – внутренний диаметр калиброванного участка ТПУ, мм (берут из эксплуатационного документа на установку);
 E – модуль упругости материала стенок поверяемой ТПУ, МПа, (берут из эксплуатационного документа на установку);
 s – толщина стенок ТПУ, мм (берут из эксплуатационного документа на установку);
 \bar{P}_{yi} – среднее значение давления в ТПУ за i -е измерение, МПа, определяемое по формуле (4);

$$\bar{P}_{yi} = \frac{(P_{yi \text{ вх}})_{\text{начало}} + (P_{yi \text{ вх}})_{\text{конец}}}{2}, \quad (4)$$

- где $P_{yi \text{ вх}}$ – давление на входе установки в начале и конце i -го измерения, МПа.

Определяют значение коэффициента, учитывающего влияние температуры стенок мерника на вместимость мерника при i -м измерении Ct_{sm_i} по формуле

$$Ct_{sm_i} = 1 + 3 \cdot \alpha_m \cdot (\bar{t}_{0mi} - 20) = 1 + \alpha_0 \cdot (\bar{t}_{0mi} - 20), \quad (5)$$

- где α_m – коэффициент линейного расширения материала стенок мерника, $1/^\circ\text{C}$ (принимают согласно приложению Б);
 α_0 – коэффициент объемного расширения материала стенок мерника, $1/^\circ\text{C}$ (принимают согласно приложению Б);
 \bar{t}_{0mi} – средневзвешенное значение температура поверочной жидкости в мернике при i -м измерении, $^\circ\text{C}$, определяемая по формуле (6);

$$\bar{t}_{0mi} = \frac{\sum_{j=1}^r (V_{ij} \cdot t_{ij})}{\sum_{j=1}^r V_{ij}}, \quad (6)$$

- где V_{ij} – объем поверочной жидкости в мернике при i -м измерении j -й порции, м^3
 t_{ij} – значение температура поверочной жидкости в мернике при i -м измерении j -й порции, $^\circ\text{C}$

Определяют значение коэффициента, учитывающего влияние давления на объем поверочной жидкости в ТПУ при i -м измерении Cp_{lp_i} по формуле

$$Cp_{lp_i} = \frac{1}{1 - \bar{P}_{yi} \cdot F}, \quad (7)$$

- где F – коэффициенты сжимаемости поверочной жидкости, $1/\text{МПа}$ (принимают согласно приложению Б).

Определяют значение коэффициента, учитывающего влияние разности температуры в баке ВУ и ТПУ на объем поверочной жидкости при i -м измерении и j -й порции $Ct_{dw_{ij}}$ по формуле

$$Ct_{dw_{ij}} = \frac{\rho_{ij}}{\rho_{yi}}, \quad (8)$$

- где ρ_{ij} – плотность поверочной жидкости при i -м измерении j -й порции, $\text{кг}/\text{м}^3$, измеренная в пробе или определенная по таблицам или вычисленная по формуле (9)
 ρ_{yi} – значения плотности поверочной жидкости в ТПУ при i -м измерении, $\text{кг}/\text{м}^3$, измеренная в пробе или определенная по таблицам или вычисленная по формуле (9) для значения температуры \bar{t}_{yi} .

$$\rho_{ij}(\rho_{yi}) = 999,8395639 + 0,06798299989 \cdot t_{ij}(\bar{t}_{yi}) - 0,009106025564 \cdot t_{ij}(\bar{t}_{yi})^2 + 0,0001005272999 \cdot t_{ij}(\bar{t}_{yi})^3 - 0,000001126713526 \cdot t_{ij}(\bar{t}_{yi})^4 + 0,00000000659179606 \cdot t_{ij}(\bar{t}_{yi})^5 \quad (9)$$

где t_{ij} – температура поверочной жидкости в мернике при i -м измерении j -й порции, °С;
 \bar{t}_{yi} – среднее значение температуры поверочной жидкости в ТПУ за i -е измерение, °С, определяемое по формуле (2).

Определяют вместимость калиброванного участка ТПУ (компакт-прувера) при стандартных условиях (температура 20 °С, избыточное давление 0 МПа) при i -м измерении, V_{0i} , м³, по формуле

$$V_{0i} = \frac{V_{mi} \cdot Ctdw_i \cdot Ctsm_i}{Ctsp_i \cdot Cpsp_i \cdot Cplp_i}, \quad (10)$$

где V_{mi} – объем поверочной жидкости в мернике при i -м измерении, м³.

Определяют среднее значение вместимости калиброванного участка ТПУ при стандартных условиях (температура 20 °С, избыточное давление 0 МПа), \bar{V}_0 , м³, по формуле

$$\bar{V}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n V_{0i}}{n}, \quad (11)$$

Определяют среднего квадратического отклонения (далее – СКО) случайной составляющей погрешности ТПУ S_0 , %, по формуле

$$S_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{0i} - \bar{V}_0)^2}{n-1}} \cdot \frac{100}{\bar{V}_0}, \quad (12)$$

Определяют неисключенную систематическую погрешность ТПУ $\theta_{\Sigma 0}$, %, по формуле

$$\theta_{\Sigma 0} = k \cdot \sqrt{\theta_m^2 + \theta_t^2} \quad (13)$$

где k – коэффициент, принимают равным 1,16;
 θ_m – пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) мерника, %;
 θ_t – границы составляющей неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью измерений температуры, %, вычисляемая по формуле:

$$\theta_t = \beta_{ж} \cdot \sqrt{\Delta t_0^2 + \Delta t_y^2} \cdot 100, \quad (14)$$

где $\beta_{ж}$ – коэффициент объемного расширения поверочной жидкости, 1/°С (принимают согласно приложению Б);
 Δt_y – пределы допускаемой абсолютной погрешности СИ температуры при измерении температуры поверочной жидкости в поверяемой ТПУ, °С;
 Δt_0 – пределы допускаемой абсолютной погрешности СИ температуры при измерении температуры поверочной жидкости в мернике с поверочной жидкостью, °С;

Определяют границы случайной составляющей погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ θ_{V0} , %, по формуле

$$\theta_{V0} = t_{0,99} \cdot S_x, \quad (15)$$

где $t_{0,99}$ – коэффициент Стьюдента при $P=0,99$ и количестве измерений n
 S_x – СКО среднего арифметического среднего значения вместимости ТПУ, %, определяемое по формуле (10)

$$S_x = \frac{S_0}{\sqrt{n}}. \quad (10)$$

Определяют относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) ТПУ при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа δ_0 , %, по формуле

$$\delta_0 = K \cdot S_\Sigma, \quad (16)$$

где S_Σ – СКО суммы неисключенных систематических и случайных погрешностей, %, определяют по формуле

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

S_θ – СКО суммы составляющих неисключенной систематической погрешности, %, определяют по формуле

$$S_\theta = \frac{\theta_{\Sigma 0}}{\sqrt{3}}, \quad (18)$$

K – Коэффициент для нахождения доверительных границ суммы случайных и неисключенных систематических погрешностей, определяют по формуле

$$K = \frac{\theta_{V0} + \theta_{\Sigma 0}}{S_\theta + S_x}. \quad (19)$$

Фиксируют полученные значения.

11.2.2 Проверка отсутствия протечек

Регулятором расхода устанавливают значение расхода Q_2 .

Выполняют три измерения по 10.1.1 и определяют вместимость калиброванного участка установки при стандартных условиях (температура 20 °С, избыточное давление 0 МПа), $V_{0i}^{\text{прот}}$, м³ по формуле (10).

Определяют по формуле (11) среднее значение вместимости калиброванного участка установки при стандартных условиях (температура 20 °С, избыточное давление 0 МПа), $\overline{V_0^{\text{прот}}}$, м³.

Определяют относительное отклонение вместимости калиброванного участка установки $V_0^{\text{прот}}$ от значения, полученного при определении метрологических характеристик установки, δ_V , %, по формуле

$$\delta_V = \frac{\overline{V_0^{\text{прот}}} - V_0}{V_0} \cdot 100. \quad (20)$$

Проверяют выполнение условия

$$|\delta_V| \leq 0,35 \cdot \delta \%. \quad (21)$$

При выполнении условия (21) результат считают положительным.

При невыполнении условия (21) проводят анализ результатов измерений.

Если $\delta_V > 0$ и $|\delta_V| > 0,35 \cdot \delta \%$, то это свидетельствует о наличии протечек поверочной жидкости в ТПУ и необходимости их устранения, результат считают отрицательным.

Если $\delta_V < 0$ и $|\delta_V| > 0,35 \cdot \delta \%$, то это свидетельствует о допущенных ошибках при выполнении измерений и необходимости повторения измерений после устранения причин, вызвавших ошибки. При повторной ошибке результат считают отрицательным.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.2.3 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости

11.2.3.1 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) объема жидкости в потоке и объемного расхода жидкости

11.2.3.1.1 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке.

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке $\delta_\Sigma(V)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_\Sigma(V) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\text{чк}}^2}, \quad (22)$$

где δ_0 – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) ТПУ при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (емкости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа, полученная по п.11.2.1;

$\delta_{\text{чк}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности комплекса при преобразовании входного импульсного сигнала, %, определяют по формуле (23).

Относительную погрешность комплекса при преобразовании входного импульсного сигнала, $\delta_{\text{чк}}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{чк}} = \frac{\Delta_{\text{чк}}}{10000} \cdot 100, \quad (23)$$

где $\Delta_{\text{чк}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности комплекса при преобразовании входного импульсного сигнала, количество импульсов на 10000 импульсов.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке не превышает значения, указанные в таблице 1 или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости в потоке превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.2.3.1.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости.

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости $\delta_{\Sigma}(Q_V)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(Q_V) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\text{ЧК}}^2 + \delta_{\text{БК}}^2}, \quad (24)$$

где δ_0 – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) ТПУ при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (емкости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа, полученная по п.11.2.1;

$\delta_{\text{ЧК}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности комплекса при преобразовании входного импульсного сигнала, %, определяют по формуле (23);

$\delta_{\text{БК}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности комплекса при измерении интервала времени, %.

Результат считается положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости не превышает значения, указанные в таблице 1 или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объемного расхода жидкости превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.2.3.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единиц) массы жидкости в потоке и массового расхода жидкости

11.2.3.2.1 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке $\delta_{\Sigma}(M)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(M) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\text{ЧК}}^2 + \delta_{\text{П}}^2}, \quad (25)$$

где δ_0 – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) ТПУ при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (емкости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа, полученная по п.11.2.1;

$\delta_{\text{ЧК}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности комплекса при преобразовании входного импульсного сигнала, %, определяют по формуле (23);

$\delta_{\text{П}}$ – относительная погрешность, %, средства измерений плотности жидкости, входящего в состав установки, определяют по формуле (26).

Относительную погрешность средства измерений плотности жидкости, δ_{Π} , %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Pi} = \frac{\Delta_{\Pi}}{\rho_{\text{изм}}} \cdot 100, \quad (26)$$

где Δ_{Π} – абсолютная погрешность средства измерений плотности жидкости (сумма основной абсолютной погрешности и наибольшей дополнительной абсолютной погрешности от температуры и давления (определяют исходя из технических характеристик установки), кг/м³;

$\rho_{\text{изм}}$ – наименьшее измеренное значение плотности жидкости, кг/м³.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке не превышает значения, указанные в таблице 1 или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массы жидкости в потоке превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.2.3.2.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости

Данный пункт выполняется при определении относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости.

Относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) установки при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости $\delta_{\Sigma}(Q_M)$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma}(Q_M) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\text{чк}}^2 + \delta_{\Pi}^2 + \delta_{\text{вк}}^2}, \quad (27)$$

где δ_0 – относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) ТПУ при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке при температуре 20 °С и давлении 0 МПа, полученная по п.11.2.1;

$\delta_{\text{чк}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности комплекса при преобразовании входного импульсного сигнала, %, определяют по формуле (23);

δ_{Π} – относительная погрешность, %, средства измерений плотности жидкости, входящего в состав установки, определяют по формуле (26);

$\delta_{\text{вк}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности комплекса при измерении интервала времени, %.

Результат считают положительным, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости не превышает значения, указанные в таблице 1 или отрицательными, если относительная погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) массового расхода жидкости превышает значения, указанные в таблице 1. При отрицательном результате выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

11.3 Проверка соответствия средства измерений обязательным требованиям к эталону

При положительных результатах поверки установка соответствует рабочему эталону 1 разряда единиц массы жидкости в потоке и/или объема жидкости в потоке, и/или массового расхода жидкости и/или объемного расхода жидкости 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 по заявлению заказчика оформляют свидетельство о поверке, подтверждающее соответствие установки обязательным требованиям к эталонам в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений, к которому прилагают протокол поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (при его наличии), на пломбу, пропущенную через отверстие в гайке крепления опорной пластины (компакт-прувера), для ограничения доступа к оптическому блоку, под которым находятся твердотельные датчики объема.

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

Форма протокола поверки средства измерений
(Рекомендуемая)

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____

Стр. ____ из ____

Наименование средства измерений: _____
Тип, модель, изготовитель: _____
Заводской номер: _____
Наименование и адрес заказчика: _____

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 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям: _____

Приложение Б (справочное)

Значения коэффициентов линейного
и объемного расширений материала стенок мерника.
Коэффициенты объемного расширения и сжимаемости воды

Б.1 Коэффициенты линейного и объемного расширений материала стенок мерника определяют по таблице Б.1.

Таблица Б.1 – Коэффициенты линейного и объемного расширений материала стенок мерника

Материал	$\alpha_m, 1/^\circ\text{C}$	$\alpha_0, 1/^\circ\text{C}$
Сталь углеродистая	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$3,36 \cdot 10^{-5}$
Сталь нержавеющая 304	$1,73 \cdot 10^{-5}$	$5,19 \cdot 10^{-5}$
Сталь нержавеющая 316	$1,58 \cdot 10^{-5}$	$4,74 \cdot 10^{-5}$
Сталь нержавеющая РН 17-4 SS	$1,08 \cdot 10^{-5}$	$3,24 \cdot 10^{-5}$
Инвар	$1,44 \cdot 10^{-6}$	

Примечание – Если в эксплуатационных документах на мерник приведены конкретные значения α_m и α_0 , то для расчетов используют приведенные значения.

Б.2 Коэффициенты объемного расширения и сжимаемости воды

Коэффициент объемного расширения воды $\beta_{\text{ж}} = 2,6 \cdot 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$.

Коэффициент сжимаемости воды $F = 49,1 \cdot 10^{-5} 1/\text{МПа}$.