

СОГЛАСОВАНО

**Директор ОП ГНМЦ
АО «Нефтеавтоматика»**



М.В. Крайнов

«**31**»

107

2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Установка трубопоршневая «Сапфир МН-100-4,0-0,05»

Методика поверки

НА.ГНМЦ.0759-23 МП

**г. Казань
2023 г.**

РАЗРАБОТАНА

Обособленным подразделением Головной научный
метрологический центр АО «Нефтеавтоматика» в
г. Казань
(ОП ГНМЦ АО «Нефтеавтоматика»)

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Стеряков О.В.

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на установку трубопоршневую «Сапфир МН-100-4,0-0,05» (далее – ТПУ) и устанавливает методику первичной и периодической поверок.

При определении метрологических характеристик рабочего эталона 1-го разряда в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы объема и объемного расхода жидкости, в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному специальному эталону ГЭТ 63-2019, Государственному первичному эталону единицы объема жидкости от $1,0 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$ до $1,0 \text{ м}^3$ ГЭТ 216-2018, Государственному первичному эталону единицы массы (килограмма) ГЭТ 3-2020 при применении рабочих эталонов, заимствованных из других государственных поверочных схем.

Метод определения вместимости калиброванного участка ТПУ основан на методе косвенных измерений объема поверочной жидкости на основании прямых измерений массы и плотности с применением поверочной установки (ПУ) с весовыми устройствами (ВУ) или ВУ и средств измерений (СИ) плотности. Поверочную жидкость, вытесненную из ТПУ при движении поршня по калиброванному участку от одного детектора до другого, направляют в накопительную емкость. Объем поверочной жидкости определяют методом косвенных измерений, сливая ее порциями из накопительной емкости в бак ПУ с ВУ или ВУ и взвешивая ее массу и измеряя плотность.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.1.

Т а б л и ц а 1.1

Рабочий диапазон расхода, $\text{м}^3/\text{ч}$	Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости калиброванного участка) в потоке при температуре $+20^\circ\text{C}$ и избыточном давлении 0 МПа, %
от 8 до 100	$\pm 0,05$

2 Сокращения

В настоящем документе приняты следующие сокращения:

- ВУ – весовые устройства;
- ГПС – государственная поверочная схема;
- МХ – метрологические характеристики;
- ПУ – установка поверочная;
- СИ – средства измерений;
- СИКН – система измерений количества и показателей качества нефти;
- СКО – среднеквадратическое отклонение;
- ТПУ – установка трубопоршневая;
- ФИФ ОЕИ – Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

3 Перечень операций поверки средства измерений

3.1 При проведении поверки выполняют следующие операции, приведенные в таблице 3.1.

Т а б л и ц а 3.1

Наименование операции	Номер раздела документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Определение вместимости ТПУ	9.1.1	Да	Да
Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) определения вместимости ТПУ	9.1.3	Нет	Да
Проверка отсутствия протечек	9.2	Да	Да

3.2 Поверку ТПУ прекращают при получении отрицательных результатов при проведении той или иной операции.

4 Требования к условиям проведения поверки

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20 ± 10 ;
- поверочная жидкость вода питьевая с температурой 20 ± 10 °С;
- давление избыточное на выходе ТПУ, МПа, не менее 0,1;
- содержание свободного газа не допускается.

Изменение температуры воды в ТПУ за время прохождения поршня от одного детектора до другого не должно превышать 0,2°С.

Наличие вблизи бака накопительной емкости или поверяемой ТПУ нагревательных приборов или отопительных систем, способствующих одностороннему нагреванию накопительной емкости или поверяемой ТПУ, не допускается.

При проведении поверки необходимо исключить воздействие внешних вибраций и тряски, потоков воздуха, сквозняков.

4.2 Значение расхода $Q_{п1}$, м³/ч, при котором определяют метрологические характеристики ТПУ, и значение расхода $Q_{п2}$, м³/ч, при котором выполняют контроль отсутствия протечек, устанавливают исходя из следующих условий:

- значения расхода $Q_{п1}$ и $Q_{п2}$ должны обеспечивать равномерное движение поршня ТПУ;
- значение расхода $Q_{п1}$ должно не менее чем в два раза превышать значение $Q_{п2}$;
- значения расхода выбирают в пределах диапазона, в котором нормируются МХ ТПУ согласно описанию ее типа.

Рекомендуется выбирать значение расхода $Q_{п2}$ максимально приближенным к значению минимального расхода, указанного в эксплуатационном документе и описании типа на ТПУ.

П р и м е ч а н и я

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

2 Значение расхода $Q_{п1}$ и $Q_{п2}$ должно находиться в пределах диапазона расхода, в котором определены метрологические характеристики средства поверки.

4.3 Допускается отклонение расхода воды за период поверки ТПУ (без остановки поршня) на $\pm 2,5$ % от установленного значения.

4.4 Перед проведением поверки ТПУ, которая находилась в эксплуатации на СИКН, проверяют степень очистки ее внутренней поверхности от нефти. Чистоту внутренней поверхности ТПУ после промывки считают удовлетворительной, если в пробе воды, отобранной из ТПУ в стеклянный сосуд, визуально отсутствуют следы нефти.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Средства поверки приведены в таблице 5.1.

Т а б л и ц а 5.1

Наименование раздела методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Пример возможного средства поверки
9 Определение метрологических характеристик средства измерений	вторичный эталон в соответствии с ГПС (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356, с границами суммарной погрешности (пределами допускаемой относительной погрешности) определения вместимости от 0,040 до $\pm 0,045$ % (далее – ПУ)	установка поверочная с весовыми устройствами Калибр-ВУ (регистрационный № эталона 2.7.АЕЦ.0001.2021)
	ВУ с пределами допускаемой относительной погрешности измерений массы в точке взвешивания $\pm 0,01$ %	
	средства измерений плотности с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1$ кг/м ³	измеритель плотности жидкостей вибрационный ВИП-2МР, (регистрационный № 27163-09)
	средства измерений температуры с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °C	термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ (регистрационный № 32777-06)
	средства измерений давления с пределами допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ % (класс точности 0,6)	манометр технический (регистрационный № 10135-15)
	переключатель потока	
	емкость-хранилище с вместимостью не менее чем в 2,2 – 2,5 раза превышающей максимальную вместимость калиброванного участка ТПУ	

Продолжение таблицы 5.1

Наименование раздела методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Пример возможного средства поверки
9 Определение метрологических характеристик средства измерений	накопительная емкость с вместимостью соответствующей вместимости ТПУ или не менее чем в 1,2 раза превышающей вместимость калиброванного участка ТПУ в зависимости от технической особенности эталона	
	СИ времени с относительной погрешностью измерений количества импульсов $\pm 0,01\%$	
	СИ температуры воздуха с абсолютной погрешностью $\pm 1^\circ\text{C}$	

5.2 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемой ТПУ с требуемой точностью.

5.3 Средства поверки должны быть поверены или аттестованы в качестве эталонов в соответствии с действующим законодательством.

5.4 Поверяемая ТПУ и средства поверки должны быть соединены между собой в соответствии со схемами, приведенными в эксплуатационной документации на ТПУ и средства поверки.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают требования, определяемые документами:

- в области охраны труда;
- в области промышленной безопасности;
- в области пожарной безопасности;
- в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок;
- в области охраны окружающей среды.

6.2 Оборудование и средства поверки, используемые при поверке, должны иметь эксплуатационную документацию (формуляр или паспорт, техническое описание или руководство по эксплуатации).

6.3 Рабочее давление применяемых при поверке оборудования и средств поверки, указанное в их эксплуатационной документации, должно быть больше или равно наибольшему давлению, которое может иметь место при поверке.

6.4 На датчиках и приборах должны быть четкие надписи и условные знаки, выполненные для обеспечения их безопасной эксплуатации.

6.5 Поверочная установка должна быть установлена в отапливаемых помещениях с нормальной средой.

6.6 Доступ к средствам измерений и обслуживаемым при поверке датчикам и оборудованию должен быть свободным. При необходимости должны быть предусмотрены лестницы и площадки для обслуживания или переходы с ограждениями, соответствующие требованиям безопасности.

6.7 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость применяемых СИ, снятие показаний СИ и соответствовать санитарным нормам.

6.8 Управление ТПУ, оборудованием и средствами поверки должно производиться лицами, ознакомленными с эксплуатационной документацией на средства поверки и ТПУ.

6.9 Перед началом поверки проверить выполнение требований безопасности, изложенных в п.п. 6.1-6.8.

6.10 При появлении течи воды поверка должна быть прекращена.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемой ТПУ следующим требованиям:

- комплектность должна соответствовать указанной в паспорте;
- на ТПУ не должно быть механических повреждений и дефектов покрытий, влияющих на метрологические характеристики;
- надписи и обозначения должны быть четкими и соответствовать приведенным в паспорте.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке.

8.1.1 Перед проведением поверки должны быть проведены следующие подготовительные работы:

Проверяют наличие действующих сведений о поверке средств поверки (аттестации эталонов), применяемых при поверке ТПУ, в ФИФ ОЕИ.

Проверяют значение диаметра и состояние поверхности (степени износа) шарового поршня поверяемой ТПУ в соответствии с эксплуатационной документацией.

Проверяют правильность монтажа и соединений ТПУ, средств поверки и вспомогательного оборудования в соответствии с эксплуатационной документацией ПУ и ТПУ.

Проверяют герметичность ТПУ, соединительных трубопроводов и задвижек.

Проверку производят внешним осмотром при выбранном значении поверочного расхода и давлении на выходе ТПУ не менее 0,1 МПа. Систему считают герметичной, если через 10 мин после установления расхода и давления отсутствуют течи и падения капель через фланцевые, резьбовые и сварные соединения и сальники.

Проверяют герметичность затворов и задвижек, находящихся при поверке в закрытом положении, утечки воды через которые могут повлиять на результаты измерений в соответствии с их эксплуатационной документацией. В случае отсутствия контроля или невозможности обеспечения герметичности указанных задвижек они должны быть заглушены путем установки заглушек во фланцевые соединения.

Проверяют герметичность сливного клапана весовой ёмкости. Для этого весовую ёмкость заполняют водой и визуально проверяют отсутствие течи или падения капель через сливной клапан (кран или аналогичную запорную арматуру, которая обеспечивает контроль герметичности).

Проверяют отсутствие газа (воздуха) в ТПУ и ПУ. Для этого устанавливают через ТПУ поверочный расход воды и проверяют отсутствие газа (воздуха), открывая краны, расположенные в высших точках. Производят несколько раз пуск поршня, проверяя после каждого пуска отсутствие газа (воздуха). Считают, что газ (воздух) удален полностью, если из кранов вытекает струя воды без газовых (воздушных) пузырьков.

8.1.2 Стабилизацию температуры воды в ТПУ контролируют следующим образом.

Температуру воды в ТПУ считают стабильной, если ее изменение за время, необходимое для одного измерения, по абсолютной величине не превышает $0,2^{\circ}\text{C}$.

П р и м е ч а н и е. Операции по проверке отсутствия газа (воздуха) и контроль стабилизации температуры воды в ТПУ проводят после каждого перерыва в работе с остановкой насоса.

8.2 Опробование.

Опробование поверяемой ТПУ производят в комплекте со средствами поверки.

При опробовании с использованием вторичного эталона определяют работоспособность ТПУ путем проведения одного измерения в соответствии с п. 9.1.1, и работоспособность всех средств поверки и вспомогательного оборудования, применяемых при поверке ТПУ, в соответствии с их эксплуатационными документами.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение МХ ТПУ.

Определяют вместимость ТПУ, приведенную к нормальным условиям (температуре 20°C , давлению $101,3\text{ кПа}$).

9.1.1 Определение вместимости ТПУ.

Вместимость ТПУ определяют в следующей последовательности.

При поверке ТПУ по ПУ при прохождении поршнем ТПУ первого датчика выбранный переключатель потока направляет поток воды в соответствующую весовую ёмкость. При прохождении поршнем ТПУ второго датчика переключатель потока возвращается в исходное положение, направляя поток воды обратно в бак-хранилище. При этом ВУ отображают массу накопленной порции воды. Объем воды, вытесненный из ТПУ, измеряют косвенным методом с помощью ВУ, средств измерений температуры, давления и плотности.

Для пересчёта массы воды в объём используют табличные значения плотности воды. Табличные значения плотности формируются на основе измерений отобранных проб воды и вносятся в систему обработки информации вручную, где производится пересчет плотности воды из стандартных условий в рабочие. На основании полученных данных и результатов измерений температуры, давления и плотности производится расчет объема ТПУ.

При помощи регулятора или средств измерений расхода устанавливают выбранное в соответствии с п. 4.2 значение расхода жидкости. При этом переключатель потока должен быть в положении "пролет".

Операции измерений, описанные в п. 9.1.1, производят семь раз.

Взвешивают (уравновешивают) пустую весовую ёмкость поверочной установки.

Уравновешивание проводится установкой минимальной массы на ВУ, при которой ВУ считаются пустыми.

Производят пуск поршня ТПУ. При прохождении поршня через первый детектор перекидное устройство направляет поток воды в весовую ёмкость, а при прохождении через второй детектор - на "пролет".

П р и м е ч а н и е. Если измерения производят после длительного перерыва (не менее 1 ч), то перед взвешиванием весовой ёмкости поверочной установки и пуском поршня весовую ёмкость предварительно смачивают. Для этого наливают в весовую ёмкость воду в количестве, примерно равном вместимости ТПУ, сливают воду и выдерживают весовую ёмкость в течение 2 мин.

Фиксируют значения температуры воды и давления на входе и выходе ТПУ, время прохождения поршня между детекторами и интервал времени между импульсами выходного сигнала датчика положения весового устройства при переключении его в положение "бак" и "пролет" в протоколе (приложение А).

Температуру и давление в каждой точке (на входе или выходе ТПУ) принимают равной среднему значению двух измерений при переключении перекидного устройства в "бак" и на "пролет". Разность температур в начале и конце измерения в каждой точке не должна превышать 0,2 °С. При использовании термометров и манометров с визуальным отсчетом допускается фиксировать температуру и давление один раз в процессе прохождения поршня.

После полного слива воды из сливной трубы весовой ёмкости проверяют визуально герметичность сливного клапана весовой ёмкости ВУ и взвешивают весовую ёмкость с водой.

Измерение массы жидкости, налитой в весовую ёмкость, проводится через 30-40 с после срабатывания второго детектора.

Допускается определять плотность поверочной жидкости по таблице, содержащей информацию о плотности поверочной жидкости в зависимости от температуры, предоставленной лабораторией. Для пересчета объема ТПУ в протокол поверки по форме Приложения А также вносят результаты измерений плотности и температуры жидкости.

Сливают воду из весовой ёмкости ВУ и уравнивают пустую весовую ёмкость.

Производят операции по заполнению весовой ёмкости водой, измерения плотности и температуры, наливая в весовую ёмкость последующие порции воды, до полного опорожнения весовой ёмкости. После слива последней порции воды делают выдержку не менее 3 минут (до прекращения падения капель воды) и закрывают сливной кран накопительной емкости.

П р и м е ч а н и е:

1 При взвешивании весовой ёмкости осуществляют визуальный контроль герметичности крана на сливной трубе весовой ёмкости.

После каждого измерения определяют вместимость ТПУ в нормальных условиях V_{0i} по формуле

$$V_{0i} = V_i \cdot K_{\text{тпв}}, \quad (1)$$

V_i – вместимость ТПУ при i -ом измерении в условиях поверки, м^3 , определяют по формуле

$$V_i = 1,00105 \cdot K_B \cdot K_T \cdot \sum_{j=1}^n \frac{m_{ij}}{\rho_{ij}}, \quad (2)$$

где 1,00105 – коэффициент, учитывающий потерю веса в воздухе;

K_B – поправочный коэффициент ВУ;

K_T – коэффициент, учитывающий разновременность переключения перекидного устройства в положение «бак» и «пролет» (при применении электромагнитных клапанов и в качестве средства поверки ПУ с ВУ, принимают равным 1) определяют по формуле

$$K_T = \frac{T_i}{T_{ij}}, \quad (3)$$

где T_i – время прохождения поршня между детекторами при i -том измерении, с;
 T'_i – интервал времени между импульсами выходного сигнала датчика положения перекидного устройства при переключении его в положение "бак" и "пролет", с;
 m_{ij} – масса j -й порции воды при i -м измерении, кг;
 ρ_{ij} – плотность воды при i -м измерении j -й порции, кг/м³, определенная по таблицам;
 $K_{tpв}$ – коэффициент, учитывающий влияние разности температур воды в ТПУ и стеклянной прозрачной посуде, влияние температуры и давления воды на вместимость ТПУ и объем воды в ТПУ при i -том измерении, определяется по формуле

$$K_{tpв} = 1 - 3 \cdot \alpha_t \cdot (t_y - 20) - \gamma \cdot P_y - \frac{0.95}{E} \cdot \frac{D}{S} \cdot P_y, \quad (4)$$

где α_t – коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, °С⁻¹;
 t_y – средняя температура в ТПУ за одно измерение, °С, определяется по формуле

$$t_y = \frac{t_{увх} + t_{увых}}{2}, \quad (5)$$

где $t_{увх}$, $t_{увых}$ – температура на входе и выходе ТПУ в начале и конце i -го измерения, °С;

γ – коэффициент сжимаемости воды, МПа⁻¹;
 где P_y – среднее давление в ТПУ за одно измерение, МПа, определяют по формуле

$$P_y = \frac{P_{увх} + P_{увых}}{2}, \quad (6)$$

где $P_{увх}$, $P_{увых}$ – показания манометров на входе и выходе ТПУ, МПа;

D – внутренний диаметр калиброванного участка ТПУ, мм;
 E – модуль упругости материала стенок ТПУ, МПа;

S – толщина стенок ТПУ, мм.

СКО определяют по формуле

$$S_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{0i} - V_0)^2}{n-1}} \cdot \frac{100}{V_0}, \quad (7)$$

где V_0 – вместимость ТПУ в нормальных условиях V_0 , м³/ч, определяют по формуле

$$V_0 = \frac{\sum_{i=1}^n V_{0i}}{n}. \quad (8)$$

Должно соблюдаться условие:

$$S_0 \leq 0,015\%. \quad (9)$$

Если указанные условия не соблюдаются, то необходимо проанализировать значения V_i в соответствии с приложением Г.

Если какой-либо результат измерений будет исключен как аномальный, то вместо него проводят дополнительное измерение и определяют S_0 .

Если аномальных результатов нет или после проведения дополнительного измерения не соблюдаются приведенные выше условия, то поверку прекращают. Анализируют полученные неудовлетворительные результаты поверки, устраняют причины их возникновения и проводят повторную поверку.

П р и м е ч а н и я:

1 Значения V_0 , V_{0i} , V_i вычисляют до пяти значащих цифр, а значения $\bar{K}_{tpв}$ до пятого знака после запятой.

2 Значения γ , α_t , E приведены в приложении Б.

3 Значения D и S берут из эксплуатационной документации ТПУ.

9.1.2 Определение границы суммарной систематической составляющей погрешности.

Границу суммарной систематической составляющей погрешности определяют по формуле

$$\theta_{\Sigma 0} = K \cdot \sqrt{\theta_B^2 + \theta_d^2 + \theta_t^2}, \quad (10)$$

где K – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью, определяют в соответствии с приложением В;

θ_B – граница относительной погрешности ВУ, %, берут из сведений о поверке (калибровки);

θ_d – граница относительной погрешности ПП, %, берут из сведений о поверке;

θ_t – границу неисключенного остатка систематической погрешности, обусловленной погрешностью измерения температуры, %, определяют по формуле

$$\theta_t = \beta_{ж} \cdot \varepsilon_t \cdot 100, \quad (11)$$

где ε_t – погрешность измерения разности температур, °С, определяют по формуле

$$\varepsilon_t = \sqrt{\varepsilon_{to}^2 + \varepsilon_{ty}^2}, \quad (12)$$

где $\varepsilon_{to}, \varepsilon_{ty}$ – абсолютные погрешности термометров соответственно при измерении температуры в стеклянной прозрачной посуде и ТПУ, °С.

9.1.3 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) определения вместимости ТПУ.

Расчет относительной погрешности ТПУ производят по формуле

$$\delta_0 = 1,1 \cdot [\theta_{\Sigma 0} + t_{0,99} \cdot S_0(\bar{V}_0)], \quad (13)$$

где $t_{0,99}$ – квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности 0,99;

$S_0(\bar{V}_0)$ – СКО среднего значения вместимости поверяемой ТПУ, %, определяют по формуле

$$S_0(\bar{V}_0) = \frac{S_0}{\sqrt{n}}.$$

Должно соблюдаться условие $\delta_0 \leq \delta_p$. (14)

$\delta_p = 0,05 \%$.

П р и м е ч а н и я:

1 Значения $\theta_B, \theta_d, \varepsilon_{to}, \varepsilon_{ty}$ берут из сведений о поверке и паспортов соответствующих средств измерений.

2 Значения $S_0, \theta_{\Sigma 0}, \theta_t, S_0(\bar{V}_0), \theta_{vo}, \delta_0$ вычисляют до трех знаков после запятой. Окончательно значение δ_0 округляют до двух знаков после запятой.

3 Принимают $\theta_{\Sigma 0} = 0,022 \%$ в формуле (10) при значениях: $\theta_B = 0,01\%$; $\theta_d = 0,01\%$; $\theta_t = 0,0073\%$.

Значение θ_t вычислено для погрешности термометров $0,2^\circ\text{C}$.

4 Значение K определяют в соответствии с приложением В.

5 При использовании ПУ с ВУ в формуле (10) сумму $\theta_B^2 + \theta_d^2$ принимают равной неисключенной систематической погрешности или стандартной неопределенности измерений ВУ при воспроизведении объема жидкости в потоке, оцениваемой по типу В, $u_B(V)$, в протоколе поверки ТПУ, образец которого представлен в приложении А, вместо значений θ_B и θ_d ставят прочерк, в соответствии с документацией на ПУ (в том числе в эксплуатационной документации).

9.2 Проверка отсутствия протечек.

Устанавливают меньшее значение расхода $Q_{п2}$, выбранное для проверки отсутствия протечек в соответствии с п. 4.2, и производят три измерения вместимости ТПУ. Определяют среднее значение вместимости ТПУ по произведенным измерениям - $V_{опр}$ (вместимость ТПУ, определенная при меньшем значении расхода, $м^3$) и относительное отклонение вместимости $\delta_{пр}$, %, при различных расходах

$$\delta_{пр} = \frac{V_{опр} - V_0}{V_0} \cdot 100. \quad (15)$$

$$\text{Должно соблюдаться условие } |\delta_{пр}| \leq 0,35 \delta_p. \quad (16)$$

Если $\delta_{пр} > 0$ и $|\delta_{пр}| > 0,35 \delta_p$, это свидетельствует о наличии протечек и необходимости их устранения.

Если $\delta_{пр} < 0$ и $|\delta_{пр}| > 0,35 \delta_p$ это свидетельствует о том, что в измерениях допущены ошибки. Необходимо предварительно проанализировать возможные причины ошибок (неправильное измерение температуры, взвешивание и т.д.) и повторить измерения.

Если при выбранном значении расхода воды $Q_{п2}$, поршень не входит в калиброванный участок, то допускается увеличить расход перед запуском поршня с доведением его до $Q_{п2}$ до подхода поршня к первому детектору.

9.3 Относительное отклонение вместимости ТПУ δ_{00} , %, от значения при предыдущей поверке определяют по формуле

$$\delta_{00} = \frac{V_0 - V_{0пп}}{V_{0пп}} \cdot 100, \quad (17)$$

где $V_{0пп}$ – вместимость ТПУ, полученная при предыдущей поверке, $м^3$.

Должны соблюдаться условия:

$$|\delta_{00}| \leq \delta_p. \quad (18)$$

Примечания:

1 При проведении первичной поверки или периодической поверки после ремонта (в том числе после ремонта калиброванного участка или ремонта детектора/ов) δ_{00} не определяют.

2 При невыполнении условия $|\delta_{00}| \leq \delta_p$ анализируют полученные результаты поверки, устраняют причины их возникновения, проводят повторную поверку ТПУ.

9.4 При положительных результатах поверки ТПУ соответствует рабочему эталону 1-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356.

10 Оформление результатов поверки

10.1 По результатам поверки оформляется протокол поверки, рекомендуемая форма которого приведена в приложении А. Сведения о результатах поверки передаются в ФИФ ОЕИ.

10.2 Результаты поверки оформляют в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории РФ.

В случае положительных результатов поверки на ТПУ наносят знак поверки в соответствии с требованиями описания типа.

Установка пломб на ТПУ осуществляется по схеме, приведенной в описании типа.

Поверитель устанавливает пломбы, несущие на себе оттиск клейма поверителя.

Приложение А
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки

Протокол № _____

поверки ТПУ 1-го разряда

Тип ТПУ _____

Температура воздуха, °С _____

Заводской номер: _____

Температура воды, °С _____

Детекторы: _____

Поверочный расход, м³/ч: $Q_{n1} =$ _____
 $Q_{n2} =$ _____

Тип ПУ _____

Заводской номер: _____

Место проведения поверки: _____

Таблица А.1 - Исходные данные

K_B	$\beta_{ж}, 1/°C$	$\alpha_t, 1/°C$	$\gamma, МПа^{-1}$	$D, мм$	$S, мм$	$E, МПа$	$t_{0,99}$	$\theta_d, \%$	$\theta_t, \%$	$\theta_B, \%$	$U_B(Q_M), \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Таблица А.2 - Результаты измерений

Направление движения поршня	№ измер. (t) и порций (j)	ТПУ		ПУ				K_T	$V_i, м^3$	$K_{tpв}$	$V_{oi}, м^3$
		$t_y, °C$	$P_y, МПа$	$m_{ij}, кг$	$\rho_{ij}, 3 кг/м^3$	$t_{ij}, °C$	$t_0, °C$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Определение МХ											
	1.1										
	...										
	1.r										
	n.1										

Приложение Б
(справочное)
Значения коэффициентов линейного расширения и модулей упругости
материала стенок ТПУ

Б.1 Коэффициенты линейного, квадратичного и объемного расширений, модули упругости материала стенок ТПУ определяют по таблице Б.1.

Таблица Б.1

Материал	α , $1/^\circ\text{C}$	E, МПа
Сталь углеродистая	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^5$
Сталь легированная	$1,10 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая	$1,66 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^5$
Латунь	$1,78 \cdot 10^{-5}$	–
Инвар	$1,44 \cdot 10^{-6}$	–

П р и м е ч а н и е – Если в эксплуатационных документах на ТПУ приведены конкретные значения α и E, то для расчетов используют приведенные значения.

Б.2 Квантиль распределения Стьюдента

Квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности $P=0,99$ представлен в таблице Б.2.

Таблица Б.2

n-1	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$t_{0,99}$	3,707	3,499	3,355	3,250	3,169	3,106	3,055	3,012	2,977

Б.3 Коэффициент сжимаемости воды $\gamma = 49,1 \cdot 10^{-5} \text{ МПа}^{-1}$.

Приложение В

(справочное)

Определение коэффициента К

При доверительной вероятности $P = 0,99$ коэффициент k принимают равным 1,4, если число суммируемых неисключенных систематических погрешностей более четырех ($q > 4$). Если число суммируемых погрешностей равно четырем или менее четырех ($q \leq 4$), то коэффициент k определяют по графику зависимости $k = f(q, L)$ (см. рисунок В.1), где q - число суммируемых погрешностей.

$$L = \frac{\Theta_1}{\Theta_2}, \quad (B.1)$$

кривая 1: $q = 2$

кривая 2: $q = 3$

кривая 3: $q = 4$

При четырех или трех слагаемых в качестве Θ_1 принимают составляющую, по числовому значению наиболее отличающуюся от других, в качестве Θ_2 следует принять ближайшую к Θ_1 соответствующую.

Значение коэффициента k при доверительной вероятности $P = 0,99$ может быть определено также по таблице В.1.

Таблица В.1

L	1	2	3	4	5
q=2	1,28	1,22	1,16	1,12	1,09
q=3	1,38	1,31	1,24	1,28	1,14
q=4	1,41	1,36	1,28	1,22	1,18

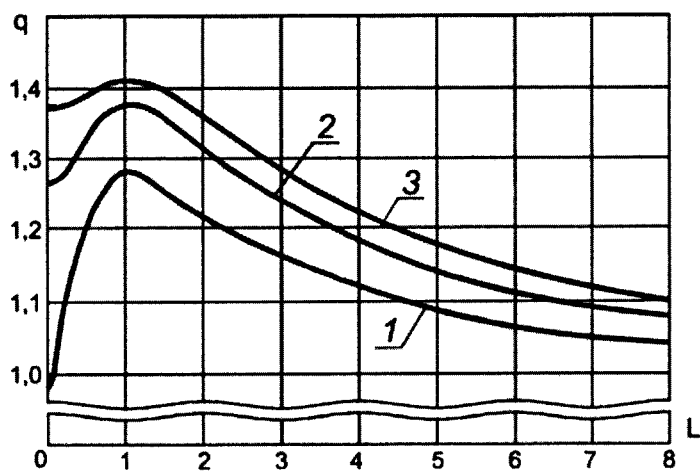


Рисунок В.1 - График зависимости $k = f(q, L)$

Приложение Г

(справочное)

Методика анализа результатов измерений и выявления промахов

Пусть получена выборка из «n» результатов измерений вместимости ТПУ: $V_{01}, V_{02} \dots V_{0i}$. Вначале необходимо выделить значения, резко отличающиеся от остальных, и попытаться выяснить причину их появления (ошибки, допущенные при измерениях, неисправность используемых средств измерений, несоблюдение условий поверки, которые повлияли на результаты и т.д.). Если причина будет установлена, то результаты могут быть аннулированы и измерения проведены вновь после устранения причин.

Если причину выявить не удастся, то проверяют аномальность указанных значений следующим образом:

по полученным результатам определяют выборочные среднее и СКО

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \text{ и } S(V) = \frac{S_o \cdot \bar{V}}{100},$$

где S_o – относительное СКО случайной составляющей погрешности ТПУ, определенное по п. 9.1.1;

для наиболее выделяющихся значений ($V_{\text{наиб}}$ и $V_{\text{наим}}$) определяют соотношение

$$U = \frac{V_{\text{наиб}} - \bar{V}}{S(V)} \text{ или } U = \frac{\bar{V} - V_{\text{наим}}}{S(V)}$$

сравнивают значения "u" с величиной "h", взятой из таблицы для объема выборки "n":

n	7	8	9	10	11
h	1,94	2,03	2,11	2,18	2,23

Если $u > h$, то подозреваемый результат должен быть исключен из выборки как аномальный, в противном случае результат не исключают.

Допускается не более одного аномального результата из семи измерений и не более двух из одиннадцати измерений, в противном случае поверку прекращают.