

Приложение
к приказу Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «12» июля 2023 г. № 1447

Методика поверки МИ 3593-2017
«Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений.
Установки поверочные трубопоршневые. Методика поверки поверочными
установками на базе мерников»

Федеральное государственное унитарное предприятие
"Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева"

СОГЛАСОВАНО

Технический директор –
зам. генерального директора
ООО «ИМС Индастриз»

С.В. Самсонов

22 ноября 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

22 ноября 2017 г.

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные трубопоршневые

Методика поверки поверочными установками на базе мерников

МИ 3593–2017

Санкт-Петербург
2017 г.

1 РАЗРАБОТАНА:	ФГУП "ВНИИМ им. Д.И.Менделеева" Попов К.В. ООО "Системы Нефть и Газ Балтия" (ООО "СНГБ") Бобрик Н.В. ООО "ИМС Индастриз" Сафонов А.В., к.т.н., Денисенко С.Ю.	
2 УТВЕРЖДЕНА:	ФГУП "ВНИИМ им. Д.И.Менделеева"	22 ноября 2017 г.
3 СОГЛАСОВАНА:	ООО "ИМС Индастриз"	22 ноября 2017 г.
4 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА:	ФГУП «ВНИИМС»	29 ноября 2017 г.
5 ВВЕДЕНА:	ВПЕРВЫЕ	01 декабря 2017 г.

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и (или) распространена без разрешения ООО "ИМС Индастриз".

СОДЕРЖАНИЕ

1	Операции поверки	4
2	Средства поверки	5
3	Требования безопасности, охраны труда и требования к квалификации поверителей	6
4	Условия поверки.....	7
5	Подготовка к поверке	8
6	Внешний осмотр.....	9
7	Опробование	9
8	Выполнение измерений и определение вместимости измерительного участка ТПУ	11
9	Обработка результатов измерений	16
9.1	Определение СКО случайной составляющей погрешности ТПУ	16
9.2	Определение границы суммарной систематической составляющей погрешности ТПУ	17
9.3	Определение границы случайной составляющей погрешности определения среднего значения вместимости	18
9.4	Определение относительной погрешности ТПУ	18
9.5	Определение относительного отклонения вместимости ТПУ от значения, полученного при проведении первичной поверки	18
10	Проверка отсутствия протечек.....	19
11	Оформление результатов поверки.....	20
	Приложение А (рекомендуемое) Принципиальная схема соединений поверяемой ТПУ и средств поверки.....	21
	Приложение Б (справочное) Значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости воды, коэффициентов линейного расширения и модулей упругости материала стенок ТПУ и мерника	23
	Приложение В (справочное) Методика анализа результатов измерений, значения коэффициентов Стьюдента, значения коэффициента Z в зависимости от отношения $\theta_{\Sigma_0}/S_0^{\text{ТПУ}}$	24
	Приложение Г (рекомендуемое) Форма протоколов поверки.....	25

Настоящий документ распространяется на установки поверочные трубопоршневые (ТПУ) 1-го и 2-го разрядов стационарного и передвижного исполнений и устанавливает методику их первичной и периодических поверок с поверочными установками (ПУ) на базе мерников.

Интервал между поверками:

- стационарных ТПУ: не более двух лет;
- передвижных ТПУ: не более одного года.

1 Операции поверки

При проведении поверки ТПУ выполняют следующие операции:

Таблица 1

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики	Номер варианта методики	Обязательность применения операции	
				Первичная поверка	Периодическая поверка
1	Внешний осмотр	6	1, 2	да	да
2	Опробование	7	1, 2	да	да
3	Определение метрологических характеристик:				
3.1	– счетчика жидкости	8.1.1, 8.1.3	1	да	да
3.2	– вместимости измерительного участка	8.1.4, 8.2.5	1, 2	да	да
3.3	– среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности	9.1	1, 2	да	да
3.4	– границы суммарной систематической составляющей погрешности	9.2	1, 2	да	да
3.5	– относительной погрешности	9.4	1, 2	да	да
3.6	– проверка отсутствия протечек жидкости	10	1, 2	да	да
3.7	– проверка относительного отклонения вместимости измерительного участка ТПУ от значения при предыдущей поверке	9.5	1, 2	нет	да *

* - значение не определяется в том случае, если после предыдущей поверки производили ремонт калиброванного участка ТПУ или замену детекторов.

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки ТПУ в зависимости от используемого метода определения объема калиброванного участка применяют различные наборы средств поверки. Средства поверки и вспомогательное оборудование указаны в таблице 2.

2.2 В строке 2 таблицы 2 указаны номера условно присвоенным методам поверки ТПУ:

№1 – на базе мерника и счетчика жидкости.

При проведении поверки применяют метод измерений объема измерительного участка ТПУ при помощи рабочего эталона единицы объема жидкости (мерника) и компаратора (СЖ) с учетом поправки по давлению и температуры поверочной среды.

№ 2 – на базе мерника (мерников).

При проведении поверки применяют метод прямых измерений объема измерительного участка ТПУ, основанный на том, что поверочную жидкость, вытесняемую из ТПУ при движении поршня по измерительному участку от одного детектора до другого, направляют в мерник (и) и измеряют ее объем с учетом поправки по давлению и температуры поверочной среды.

Таблица 2

№ п/п	Средства поверки	
1	Метод № 1	Метод № 2
2	Рабочий эталон единицы объема жидкости (мерник шкальный 1-го разряда, далее–мерник) с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,01\% \dots \pm 0,02\%$ и номинальной вместимостью от 500 до 1000 дм ³ .	Рабочий эталон единицы объема жидкости (мерник шкальный 1-го разряда, далее–мерник) с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,01\% \dots \pm 0,02\%$ и номинальной вместимостью от 20 до 1000 дм ³ .
3	Компаратор, в качестве которого применяют СЖ, предназначенный для измерений объема воды со значением среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности не более 0,015 %. Значение СКО случайной составляющей погрешности компаратора определяют экспериментально в соответствии с 8.1.1., 8.1.3. <i>Коэффициент преобразования СЖ должен обеспечивать получение не менее 10 000 импульсов за время прохода шарового поршня по измерительному участку ТПУ в одном направлении и за время заполнения мерника. В качестве СЖ могут применяться СЖ объемного и массового типа. При применении СЖ массового типа частотный выход должен быть настроен пропорционально объемному расходу.</i>	Индикатор расхода- применяют любой тип преобразователя расхода в комплекте с вторичным прибором или указателем расхода. <i>Допускается определять расход жидкости по вместимости ТПУ и времени прохождения поршня расчетным путем.</i>
4	Преобразователи температуры или термометры с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.	
5	Преобразователи давления с пределами допускаемой приведенной погрешности	

	$\pm 0,5$ %. Допускается применение манометров класса точности 0,6.	
6	<p>Устройство обработки информации (УОИ) с пределами допускаемой относительной погрешности измерений количества импульсов за интервал времени $\pm 0,01$ %.</p> <p>В качестве УОИ применяют:</p> <ul style="list-style-type: none"> – систему обработки информации (СОИ), входящую в состав СИКН или ТПУ; – вычислители расхода, комплексы измерительно-вычислительные, контроллеры измерительные отечественного и импортного производства, установленные стационарно или монтируемые и применяемые только во время поверки ТПУ. 	Устройство, обеспечивающее управление электромагнитным клапаном по сигналу детекторов ТПУ.
7		<p>Клапан электромагнитный.</p> <p><i>Пропускная способность клапана должна обеспечивать равномерное движение шарового поршня ТПУ.</i></p>
8	Секундомер любого типа, погрешность $\pm 1,0$ с	
9	Емкость-хранилище, конструкция и вместимость которой исключают возможность захвата воздуха насосом при проведении поверки ТПУ.	
10	Насос, соединительные трубопроводы и запорная и регулирующая арматура.	

Допускается применять другие аналогичные по назначению средства поверки утвержденных типов, если их метрологические характеристики не уступают указанным в данной методике.

3 Требования безопасности, охраны труда и к квалификации поверителей

3.1 При проведении поверки соблюдают требования, определяемые:

- в области охраны труда – Федеральным законом "Об основах охраны труда в Российской Федерации" №181-РФ от 17.07.1999 г.;

- в области промышленной безопасности – ПБ 08-624-03 "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности", ПБ 03-585-03 "Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов", а также другими действующими отраслевыми нормативными документами;

- в области пожарной безопасности – СНиП 21.01-99 "Пожарная безопасность зданий и сооружений" с изменением № 2 2002 г., ППБ 01-03 "Правила пожарной безопасности в Российской Федерации" 2003 г., СНиП 2.04.09-84 "Пожарная автоматика зданий и сооружений";

- в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок – ПОТ Р М-016 РД 153-34.0-03.150-2000 (с изменениями 2003 г.) "Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок", "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей", VI-ое издание, 2003 г.;

– в области охраны окружающей среды – Федеральным законом "Об охране окружающей среды" № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. и другими действующими законодательными актами на территории РФ;

– инструкцией по охране труда, действующей на измерительной системе.

3.2 Оборудование, используемое при поверке, и СИ должны иметь эксплуатационную документацию, формуляр, паспорт и техническое описание.

3.3 Поверку проводят физические лица, аттестованные в качестве поверителей в установленном порядке.

3.4 Наибольшее давление при поверке не должно превышать значения, указанного в эксплуатационной документации на оборудование и СИ. Использование элементов монтажа или шлангов, не прошедших гидравлические испытания, запрещаются.

3.5 На СИ и оборудовании должны быть четкие надписи и условные знаки, нанесенные для обеспечения их безопасной эксплуатации.

3.6 К СИ и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы и площадки, соответствующие требованиям безопасности.

3.7 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость применяемых СИ, снятие показаний СИ и соответствовать санитарным нормам согласно СНиП П-4-79 "Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования".

3.8 Управление оборудованием и СИ выполняют лица, прошедшие обучение и проверку знаний требований безопасности и допущенные к обслуживанию технологического и поверочного оборудования.

3.9 При появлении течи поверочной жидкости, загазованности и в других ситуациях, нарушающих процесс поверки, поверка должна быть прекращена.

4 Условия поверки

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 10 до 30;
- поверочная жидкость вода питьевая, СНиП 2.04.02-84;
- температура поверочной жидкости, °С от 10 до 30;
- давление поверочной жидкости на выходе ТПУ, МПа, не менее 0,1;
- содержание свободного газа в поверочной жидкости не допускается.

Примечание - Допускается использовать воду подземных и поверхностных источников, имеющую мутность не более 1500 мг/дм³ (по ГОСТ 3351-74).

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

Наличие вблизи мерника или поверяемой ТПУ каких-либо нагревательных приборов или отопительных систем, способствующих одностороннему нагреванию мерника или поверяемой ТПУ, не допускается.

4.2 Значение поверочного расхода (Q_1 , м³/ч) при котором определяют метрологические характеристики (МХ), и значение расхода (Q_2 , м³/ч), при котором производят контроль отсутствия протечек, устанавливают, исходя из следующих условий:

- значение расхода Q_1 должно не менее, чем в 2 раза превышать значение Q_2 ;
- значения расхода выбирают в пределах диапазона, в котором нормируются МХ ТПУ.

4.3 Рекомендуемые значения поверочного расхода жидкости при поверке ТПУ приведены в таблице 3.

Таблица 3

Условный диаметр калиброванного участка, мм	$Q_1, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_2, \text{м}^3/\text{ч}$
150	4 – 40	2 – 20
200	6 – 40	3 – 20
250	8 – 40	4 – 20
300	10 – 40	5 – 20
400	12 – 40	6 – 20
500	14 – 44	7 – 22
600	16 – 50	8 – 25
750	18 – 60	9 – 30
920	20 – 60	10 – 30

4.4 Отклонение поверочного расхода от установленного значения в процессе поверки не должно превышать $\pm 2,5 \%$.

4.5 Изменение температуры поверочной жидкости в ТПУ не должно превышать $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ за время прохождения поршня в одном направлении от одного детектора до другого.

4.6 Изменение температуры поверочной жидкости возле СЖ не должно превышать $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ за время заполнения мерника.

5 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки проводят следующие подготовительные работы:

5.1 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке всех средств поверки и целостность пломб.

5.2 Выполняют монтаж технологической схемы поверки в соответствии со схемой А или Б (приложение А) в зависимости от варианта методики поверки. Допускается вносить изменения в схемы с учетом особенностей подключения средств поверки и требованиями эксплуатационной документации на эталонную установку и вспомогательное оборудование.

5.3 Подготовка ПУ

5.3.1 Ёмкость-хранилище наполняют поверочной жидкостью. Количество поверочной жидкости в ёмкости-хранилище должно исключать возможность захвата воздуха насосом.

5.3.2 Визуально проверяют мерник на отсутствие механических повреждений, которые могут повлиять на его вместимость. Мерник должен быть чистым, без следов масла или грязи.

5.3.3 Проверяют правильность установки и работоспособность запорной арматуры мерника.

5.4 Подготовка ТПУ

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

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

5.4.3 Проверяют в соответствии с эксплуатационной документацией герметичность устройства для приема и пуска поршня или четырехходового крана. Проверку четырехходового крана производят в двух положениях.

5.5 Проверка отсутствия воздуха в технологической схеме

Выполняют несколько пусков шарового поршня ТПУ. При этом открывают воздушные вентили, установленные на ТПУ, на верхних точках технологических трубопроводов, и т.д. и проверяют наличие воздуха, при необходимости воздух выпускают.

Считают, что воздух в технологической системе отсутствует, если из воздушных вентилей вытекает струя рабочей жидкости без пузырьков воздуха.

5.6 Контролируют стабилизацию температуры рабочей жидкости. Температуру считают стабильной, если за один проход поршня изменение температуры по показаниям преобразователей температуры (термометров), установленных на входе и выходе ТПУ и возле ПР, не превышает $0,2^{\circ}\text{C}$.

5.7 Контролируют герметичность технологической системы по отсутствию течи рабочей жидкости через фланцевые соединения, через сальники технологических задвижек (шаровых кранов), дренажных и воздушных вентилей, детекторов.

6. Внешний осмотр

При внешнем осмотре поверяемой ТПУ устанавливают:

- отсутствие механических повреждений на ТПУ, узле переключения направления потока жидкости (на четырехходовом кране), на детекторах, которые могут препятствовать нормальной эксплуатации ТПУ;
- целостность рукавов высокого давления для подключения ТПУ к поверочной установке;
- правильность выполнения монтажа технологической схемы поверки в соответствии с настоящей методикой и эксплуатационной документацией на ТПУ и ПУ.

7. Опробование

При значении расхода Q_1 согласно таблицы 3 выполняют пробное(ые) измерение(ия) в следующем порядке:

7.1 Опробование при проведении поверки методом № 1

7.1.1 Закрывают кран КЗ.

Открывают входной кран мерника $K_{вх}$ и выполняют заполнение мерника, контролируя процесс по количеству импульсов на дисплее УОИ, сгенерированных СЖ и по шкале мерника.

После заполнения мерника жидкостью закрывают краны K_2 и $K_{вх}$.

Если через 0,5 мин. после заполнения мерника уровень поверочной жидкости в нем, фиксируемый по шкале на горловине мерника, изменяется, то это свидетельствует о наличии протечек через краны $K_{вх}$ и $K_{вых}$ и необходимости их устранения.

Открывают кран $K_{вых}$ и опорожняют мерник, выдержав время на слив капель в соответствии с описанием типа на мерник, закрывают кран $K_{вых}$, закрывают кран $K_{вх}$.

В случае, когда опорожнение рабочей жидкости из мерника в емкость-хранилище невозможно по причине конструктивных особенностей поверочной установки (низкое размещение мерника по уровню относительно емкости-хранилища), допускается выполнять опорожнение мерника с помощью дополнительного насоса.

7.1.2 Закрывают кран K_3 , в УОИ обнуляют, либо фиксируют текущее значение количества импульсов, сгенерированных ПР и измеренных УОИ.

Открывают кран K_2 и $K_{вх}$ и выполняют заполнение мерника. В процессе заполнения мерника фиксируют значения температуры и давления поверочной жидкости возле ПР.

За значения температуры и давления за время измерения принимают средние арифметические значений в начале и конце заполнения мерника.

После заполнения мерника закрывают краны К₂ и К_{вх}.

С дисплея УОИ считывают значение количества импульсов, сгенерированных ПР и измеренных УОИ за время измерения. Открывают кран К₃.

Через 0,5 мин. после заполнения мерника определяют объем воды в нем по шкале на горловине и снимают показания с датчиков температуры (термометров) установленных в мернике.

Открывают кран К_{вых} и опорожняют мерник, выдержав время на слив капель в соответствии с описанием типа на мерник, закрывают кран К_{вых}.

7.1.3 Рассчитывают значение частоты выходного сигнала ПР f , Гц, соответствующей расходу Q_1 , м³/ч, по формуле

$$f = \frac{Q_1 \times K^{зав}}{3600}, \quad (1)$$

где $K^{зав}$ – коэффициент преобразования СЖ, имп/м³, значение которого берут из сертификата калибровки или определенный при предыдущих измерениях.

При необходимости выполняют коррекцию расхода жидкости при помощи регуляторов расхода К_{Р1} и К_{Р2}.

7.1.4 Выполняют пуск шарового поршня ТПУ. При прохождении поршнем первого детектора Д1 в УОИ начинается, а при прохождении детектора Д3 заканчивается счет импульсов, поступающих со СЖ.

В процессе движения поршня при необходимости выполняют коррекцию расхода жидкости до значения Q_1 при помощи К_{Р1} и К_{Р2}.

В процессе прохождения поршнем измерительного участка ТПУ фиксируют значения температуры и давления поверочной жидкости возле СЖ, на входе и выходе ТПУ.

За значения температуры и давления жидкости в СЖ принимают средние арифметические значений в начале и в конце прохождения поршнем измерительного участка.

За значения температуры и давления жидкости в ТПУ принимают средние арифметические значений на входе и на выходе ТПУ в начале и в конце прохождения поршнем измерительного участка.

7.1.5 При поверке двунаправленных ТПУ операции по 7.1.4 повторяют для движения поршня в противоположном направлении.

7.1.6 Для ТПУ с двумя парами детекторов операции по 7.1.4, 7.1.5. повторяют для второй пары (Д2, Д4). При наличии в УОИ соответствующей возможности измерения производятся одновременно для обеих пар детекторов.

7.2 Опробование при проведении поверки методом № 2

7.2.1 Открывают краны К1, К2, К3, К4 и включают насос Н1.

7.2.2 С помощью регуляторов расхода К_{Р1}, К_{Р2} устанавливают через технологическую схему расход жидкости Q_1 согласно табл.1. Выполняют несколько пусков шарового поршня ТПУ. При этом открывают воздушные вентили, установленные на верхних точках ТПУ.

7.2.3 Проверяют герметичность ТПУ, соединительных трубопроводов и запорной арматуры. 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 минут после установления расхода и давления не наблюдается течи и капель через фланцевые, резьбовые и сварные соединения и сальники.

7.2.4 Производят смачивание стенок мерника водой, для чего открывают входной кран мерника $K_{вх}$, закрывают кран K_3 . После заполнения мерника до номинальной вместимости, закрывают входной кран мерника $K_{вх}$, открывают кран K_3 . Открывают выходной кран мерника $K_{вых}$. После опорожнения мерника, выдержав 1 мин. * закрывают выходной кран мерника $K_{вых}$.

* - время выдержки должно соответствовать указанному в документации на мерник.

В случае, когда опорожнение из мерника рабочей жидкости в емкость-хранилище невозможно по причине конструктивных особенностей поверочной установки (низкое размещение мерника по уровню относительно емкости-хранилища), допускается выполнять опорожнение мерника с помощью дополнительного насоса.

7.2.5 Проверяют вручную с блока управления срабатывание электромагнитного клапана $K_э$, несколько раз закрыв и открыв его.

7.2.6 При срабатывании первого детектора клапан $K_э$ должен закрыться и поршень должен остановиться.

7.2.7 Открывают краны K_1, K_2 , с блока управления открывают электромагнитный клапан $K_э$ и прогоняют поршень по калиброванному участку. Заблаговременно закрывают клапан K_1 . При подходе шарового поршня ко второму детектору электромагнитный клапан $K_э$ снова должен закрыться.

Для двунаправленной ТПУ описанные операции выполняют при движении шара в обоих направлениях.

8. Выполнение измерений и определение вместимости измерительного участка ТПУ

8.1 Выполнение измерений и определение вместимости измерительного участка ТПУ методом №1

8.1.1 Определение МХ СЖ. Первая серия измерений.

Определение МХ СЖ выполняют двумя сериями по пять измерений в каждой. Первую серию выполняют перед определением МХ ТПУ, вторую – после.

8.1.1.2 При открытых кранах K_1, K_2, K_5 и закрытых кранах $K_{вх}, K_{вых}$ устанавливают расход жидкости через технологическую схему Q_1 .

8.1.1.3 Выполняют операции по 7.1.1.

8.1.1.4 Выполняют пять измерений по 7.1.2.

8.1.1.5 Вычисляют коэффициент преобразования СЖ по результатам первой серии измерений K_1 , имп/м³, по формуле

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} K_i}{n_1}, \quad (2)$$

где n_1 – количество измерений в первой серии при определении МХ СЖ;

K_i – коэффициент преобразования СЖ при i -м измерении, имп/м³, значение которого определяют по формуле

$$K_i = \frac{N_i \times Cplm_i}{V_i \times Ctstp_i \times Ctdw_i}, \quad (3)$$

где N_i – количество импульсов от СЖ, накопленное УОИ за время i -го измерения;

V_i – объём жидкости в мернике при i -м измерении, м³;

C_{plm_i} – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем жидкости в СЖ при i -м измерении, значение которого определяют по формуле

$$C_{plm_i} = \frac{1}{1 - P_{СЖi} \times F}, \quad (4)$$

где $P_{СЖi}$ – значение давления жидкости в СЖ при i -м измерении, МПа;

F – коэффициент сжимаемости жидкости, для воды принимают равным $4,91 \times 10^{-4}$ МПа $^{-1}$;

C_{tstp_i} – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость мерника при i -м измерении, значение которого определяют по формуле

$$C_{tstp_i} = 1 + 3 \times \alpha_m \times (t_{mi} - 20), \quad (5)$$

где α_m – коэффициент линейного расширения материала стенок мерника, $1/^\circ\text{C}$, значение которого определяют по Приложению Б;

t_{mi} – значение температуры жидкости в мернике при i -м измерении, $^\circ\text{C}$;

C_{tdw_i} – комбинированный коэффициент, учитывающий влияние разности температур в СЖ и мернике на объем жидкости при i -м измерении, значение которого определяют по формуле

$$C_{tdw_i} = \frac{\rho_{mi}}{\rho_{СЖi}}, \quad (6)$$

где $\rho_{mi}, \rho_{СЖi}$ – значения плотности воды, вычисленные по формуле (7) при температуре воды t в мернике и СЖ соответственно, кг/м 3 ;

$$\rho_t = 999,8395639 + 0,06798299989 \times t - 0,009106025564 \times t^2 + 1,005272999 \times 10^{-4} \times t^3 - 1,126713526 \times 10^{-6} \times t^4 + 6,591795606 \times 10^{-9} \times t^5 \quad (7)$$

8.1.1.6 Вычисляют СКО случайной составляющей погрешности СЖ для первой серии измерений $S_{01}^{СЖ}$, %, по формуле

$$S_{01}^{СЖ} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_1} (K_i - K_1)^2}{n_1 - 1}} \times \frac{100}{K_1} \quad (8)$$

8.1.1.7 Проверяют выполнение условия

$$S_{01}^{СЖ} \leq 0,015 \% \quad (9)$$

8.1.1.8 При невыполнении условия (9) анализируют полученные результаты, устраняют причины их возникновения и проводят повторные операции по 8.1.1.2 – 8.1.1.7.

8.1.2 Определение МХ ТПУ

8.1.2.1 Выполняют семь измерений ($m=7$) по 7.1.4-7.1.6

8.1.3 Определение МХ СЖ (вторая серия измерений)

8.1.3.1 Выполняют операции по 8.1.1.2 – 8.1.1.4.

8.1.3.2 Вычисляют коэффициент преобразования СЖ по результатам суммарного по двум сериям количества измерений K , имп/м 3 , по формуле

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n}, \quad (10)$$

где n – суммарное количество измерений при определении МХ СЖ.

8.1.3.2 Вычисляют СКО случайной составляющей погрешности СЖ для суммарного количества измерений $S_0^{СЖ}$, %, по формуле

$$S_0^{СЖ} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - K)^2}{n-1}} \times \frac{100}{K} \quad (11)$$

8.1.3.3 Проверяют выполнение условия

$$S_0^{СЖ} \leq 0,015 \% \quad (12)$$

8.1.3.4 При невыполнении условия (12) анализируют полученные результаты, устраняют причины их возникновения и проводят повторные операции по 8.1.3.1

8.1.4 Определение вместимости измерительного участка ТПУ.

8.1.4.1 Вместимость измерительного участка ТПУ при стандартных условиях (температуре 20 °С и избыточном давлении, равном нулю), V_0 , м³, определяют по формуле

$$V_0 = \frac{\sum_{j=1}^m V_{0j}}{m}, \quad (13)$$

где m – количество измерений при определении МХ ТПУ;

V_{0j} – вместимость измерительного участка ТПУ при стандартных условиях при j -м измерении, м³, значение которой определяют по формуле

$$V_{0j} = \frac{N_j \times Ctdw_j \times Cplm_j}{K \times Ctsp_j \times Cpsp_j \times Cplp_j}, \quad (14)$$

где $Ctdw_j$ – комбинированный коэффициент, учитывающий влияние разности температур в ТПУ и СЖ на объем жидкости при j -м измерении, значение которого определяют по формуле

$$Ctdw_j = \frac{\rho_{СЖj}}{\rho_{ТПУj}}, \quad (15)$$

где $\rho_{СЖj}$, $\rho_{ТПУj}$ – значения плотности воды, вычисленные по формуле (7) при температуре воды в СЖ и ТПУ соответственно, кг/м³;

$Cplm_j$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем жидкости в СЖ при j -м измерении, значение которого определяют по формуле

$$Cplm_j = \frac{1}{1 - P_{СЖj} \times F}, \quad (16)$$

где $P_{СЖj}$ – значение давления жидкости в СЖ при j -м измерении, МПа;

$Ctsp_j$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость измерительного участка ТПУ при j -м измерении, значение которого определяют по формуле

$$Ctsp_j = 1 + 3 \times \alpha_T \times (t_{ТПУj} - 20), \quad (17)$$

где α_T – коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, 1/°С, значение которого определяют по Приложению Б;

$t_{ТПУj}$ – среднее арифметическое значение температуры жидкости на входе и выходе ТПУ при j -м измерении, °С;

$$C_{psp_j} = 1 + \frac{P_{ТПУ j} \times D}{E \times S}, \quad (18)$$

где $P_{ТПУ j}$ – среднее арифметическое значение давления жидкости на входе и выходе ТПУ при j -м измерении, МПа;

D, S – внутренний диаметр и толщина стенок измерительного участка ТПУ соответственно, мм, значения которых берут из эксплуатационной документации ТПУ;

E – модуль упругости материала стенок ТПУ, МПа, значение которого определяют по Приложению Б;

C_{plp_j} – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем жидкости в ТПУ при j -м измерении, значение которого определяют по формуле

$$C_{plp_j} = \frac{1}{1 - P_{ТПУ j} \times F}. \quad (19)$$

Примечание – При поверке двунаправленных ТПУ V_{0j} вычисляют как сумму вместимостей ТПУ при прямом и обратном движении поршня, каждую из которых определяют по (14). При наличии в УОИ возможности, допускается V_{0j} вычислять по суммарному количеству импульсов от СЖ при прямом и обратном движении поршня. При этом за значения температуры и давления жидкости в ТПУ и у СЖ принимают средние арифметические значений при прямом и обратном движении поршня.

8.2. Выполнение измерений и определение вместимости измерительного участка ТПУ методом № 2

8.2.1 Выполняют пуск шарового поршня ТПУ. При этом должен быть закрыт шаровой кран мерника $K_{вх}$, открыты краны K_1, K_2, K_3, K_4 . При подходе шарового поршня к первому детектору заблаговременно закрывается кран K_1 (при этом поток воды проходит через открытый электромагнитный клапан $K_э$ и краны K_2, K_3 . По сигналу первого детектора закрывается электромагнитный клапан $K_э$. Шаровой поршень останавливается. Закрывают шаровые краны K_2, K_3 . Открывают краны $K_1, K_2, K_{вх}$ и электромагнитный клапан $K_э$ с поста управления. Начинается заполнение мерника. В процессе заполнения мерника фиксируют показания термометров (преобразователей температуры) и манометров (преобразователей давления) на входе и выходе ТПУ.

Участок трубопровода между входным краном мерника $K_{вх}$ и кранами K_1, K_2, K_3 должен быть заполнен водой до начала определения M_X

8.2.2 При подходе шарового поршня к второму детектору заблаговременно закрывается кран K_1 (при этом поток воды проходит через открытый электромагнитный клапан $K_э$ и кран K_2 . По сигналу второго детектора закрывается электромагнитный клапан $K_э$. Шаровой поршень останавливается. Закрывают кран K_2 , входной кран мерника $K_{вх}$. Через 1 минуту после заполнения мерника определяют объем воды по шкале на горловине мерника и снимают показания с датчиков температуры (термометров) установленных в мернике. Открывают выходной кран мерника $K_{вых}$. После опорожнения мерника выжидают 1 минуту для слива «капель» воды и закрывают выходной кран мерника $K_{вых}$.

8.2.3. При поверке двунаправленных ТПУ операции по п.п. 8.2.1 - 8.2.3 повторяют для движения шарового поршня в противоположном направлении.

8.2.4 Выполняют семь измерений по п.п. 8.2.1 – 8.2.4.

8.2.5 Определение вместимости измерительного участка ТПУ.

8.2.6.1 Вместимость измерительного участка ТПУ при стандартных условиях ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P_{изб} = 0\text{ МПа}$) ($V_0, \text{ м}^3$) определяют по формуле:

$$V_0 = \frac{\sum_{i=1}^m V_{0i}}{m} \quad (20)$$

где V_{0i} – значение вместимости измерительного участка ТПУ при стандартных условиях при i -м измерении, м^3 ;
 m – количество измерений при поверке ТПУ ($m \geq 7$).

8.2.6.2 Вместимость измерительного участка ТПУ при стандартных условиях при i -м измерении V_{0i} , м^3 определяют по формуле

$$V_{0i} = \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{n_k} V_{0M\ ijk} \quad (21)$$

где $V_{0M\ ijk}$ – объём, м^3 , поверочной жидкости в k -м эталонном мернике при i -м измерении и j -м наполнении, скорректированный с учетом разных условий в эталонных мерниках и поверяемой ТПУ, и приведенный к стандартным условиям по формуле (3);
 n_j – количество заполнений мерников за i -е измерение при поверке ТПУ;
 n_k – количество мерников, используемых при j -м наполнении мерников при поверке ТПУ.

$$V_{0M\ ijk} = V_{M\ ijk} \times Ctdw_{ijk} \times \frac{Ctstm_{ijk}}{Ctsp_{ijk}} \times \frac{1}{Cpsp_{ijk} \times Cplp_{ijk}} \quad (22)$$

где $V_{M\ ijk}$ – объём поверочной жидкости в k -м эталонном мернике при i -м измерении и j -м наполнении, м^3 ;

8.2.6.3 Если при наполнении какого-либо эталонного мерника уровень поверочной жидкости окажется выше (ниже) отметки шкалы, то

$$V_{M\ ijk} = V_{Mn\ ijk} + \Delta V \quad (23)$$

где ΔV – объём слитой в мерный цилиндр (долитой из мерного цилиндра, с обратным знаком) поверочной жидкости, м^3 .

$Ctdw_{ijk}$ – комбинированный коэффициент, учитывающий влияние разности температур в ТПУ и в k -м эталонном мернике на объём жидкости, определенный для температуры жидкости в ТПУ и в k -м эталонном мернике за время i -го измерения и j -го наполнения k -го эталонного мерника. Вычисляется по формуле:

$$Ctdw_{ijk} = \frac{\rho_{M\ ijk}}{\rho_{ТПУ\ ijk}} \quad (24)$$

где $\rho_{M\ ijk}$, $\rho_{ТПУ\ ijk}$ – плотность воды, вычисленная по формуле при температуре t , $\text{кг}/\text{м}^3$;

$$\rho_t = 999,8395639 + 0,06798299989 \times t - 0,009106025564 \times t^2 + 1,005272999 \times 10^{-4} \times t^3 - 1,126713526 \times 10^{-6} \times t^4 + 6,591795606 \times 10^{-9} \times t^5 \quad (25)$$

$Cpsp_{ijk}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления жидкости на вместимость измерительного участка ТПУ при i -м измерении и j -м наполнении k -го эталонного мерника, вычисляемый по формуле (26);

$Ctsp_{ijk}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок ТПУ на объём ТПУ при i -м измерении и j -м наполнении k -го эталонного мерника, вычисляемый по формуле (27);

$$C_{\text{sp}}_{ijk} = 1 + \frac{P_{\text{ТПУ}}_{ijk} \times D}{E \times S}, \quad (26)$$

$$C_{\text{tsp}}_{ijk} = 1 + 3 \times \alpha_t \times (t_{\text{ТПУ}}_{ijk} - 20), \quad (27)$$

α_t – коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, $1/^\circ\text{C}$, определяемый по Приложению Б;

D – внутренний диаметр калиброванного участка ТПУ, мм (берут из эксплуатационной документации ТПУ);

S – толщина стенок ТПУ, мм (берут из эксплуатационной документации ТПУ);

E – модуль упругости материала стенок ТПУ, МПа, определяемый по таблице Д.1 Приложения Д;

C_{stm}_{ijk} – коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок k -го эталонного мерника на объем мерника при i -м измерении и j -м наполнении k -го эталонного мерника, вычисляемый по формуле:

$$C_{\text{stm}}_{ijk} = 1 + 3 \times \alpha_{tM} \times (t_{Mijk} - 20), \quad (28)$$

α_{tM} – коэффициент линейного расширения материала стенок эталонных мерников, $1/^\circ\text{C}$, определяемый по Приложению Б;

C_{rlp}_{ijk} – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем жидкости, определенный для давления жидкости в ТПУ за время i -го измерения и j -го наполнения k -го эталонного мерника. Вычисляется по формуле при давлении $P_{\text{ТПУ}}_{ijk}$

$$C_{\text{rlp}}_{ijk} = \frac{1}{1 - F \cdot P_{\text{ТПУ}}_{ijk}} \quad (29)$$

где F – коэффициент сжимаемости воды, равный $4,91 \times 10^{-4} \text{ МПа}^{-1}$;

$t_{\text{ТПУ}}_{ijk}, P_{\text{ТПУ}}_{ijk}$ – среднее значение температуры, $^\circ\text{C}$, и давления, МПа, жидкости в ТПУ за время i -го измерения и j -го наполнения k -го эталонного мерника, определяемые по формуле (30);

t_{Mijk} – значение температуры поверочной жидкости в k -м эталонном мернике, $^\circ\text{C}$.

$$t_{\text{ТПУ}}_{ijk} = \frac{t_{\text{ВХ}}_{ijk} + t_{\text{ВЫХ}}_{ijk}}{2}, \quad P_{\text{ТПУ}}_{ijk} = \frac{P_{\text{ВХ}}_{ijk} + P_{\text{ВЫХ}}_{ijk}}{2}, \quad (30)$$

где $t_{\text{ВХ}}_{ijk}, t_{\text{ВЫХ}}_{ijk}$ – температура поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ при i -м измерении и j -м наполнении k -го эталонного мерника, $^\circ\text{C}$;

$P_{\text{ВХ}}_{ijk}, P_{\text{ВЫХ}}_{ijk}$ – давление поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ при i -м измерении и j -м наполнении k -го эталонного мерника, МПа.

9. Обработка результатов измерений

9.1 Определение СКО случайной составляющей погрешности ТПУ

9.1.1 СКО случайной составляющей погрешности ТПУ $S_0^{\text{ТПУ}}$, %, определяют по формуле

$$S_0^{\text{ТПУ}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (V_{0j} - V_0)^2}{m-1}} \times \frac{100}{V_0}, \quad (31)$$

9.1.2 Проверяют выполнение условия

$$S_0^{\text{ТПУ}} \leq 0,015 \% \quad (32)$$

9.1.3 Если условие (32) не выполнено, анализируют причины и выявляют промахи согласно приложению В. Допускается не более одного промаха. В противном случае поверку прекращают.

9.1.4 После исключения промаха выполняют дополнительное измерение и проводят повторное оценивание СКО по 9.1.1

9.1.5 При повторном невыполнении условия (32) поверку прекращают. Технологическую схему поверки и ТПУ освобождают от поверочной жидкости. ТПУ предъявляют на профилактический осмотр и ремонт.

9.1.6 При соблюдении условия (32) проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

9.2 Определение границы суммарной систематической составляющей погрешности ТПУ

9.2.1 Границы суммарной систематической составляющей погрешности ТПУ (неисключенной систематической погрешности) θ_{Σ_0} , % для метода № 1, вычисляют по формуле

$$\theta_{\Sigma_0} = k \times \sqrt{\theta_M^2 + \theta_{t_1}^2 + \theta_{t_2}^2 + \theta_K^2 + \theta_{\text{ИВК}}^2}, \quad (33)$$

где k – коэффициент зависимости неисключённых систематических составляющих погрешности от выбранной доверительной вероятности при их равномерном распределении; принимают равным 1,4 при числе суммируемых неисключённых систематических погрешностей больше четырех;

θ_M – пределы допускаемой относительной погрешности мерника, %;

$\theta_{\text{ИВК}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности измерений количества импульсов УОИ, %.

$\theta_{t_1}, \theta_{t_2}$ – границы составляющих неисключенных систематических погрешностей, обусловленных погрешностью измерений температуры, %, вычисляемые по формулам (34) и (35) соответственно

$$\theta_{t_1} = \beta \times 100 \times \sqrt{\Delta t_M^2 + \Delta t_{\text{СЖ}}^2}, \quad (34)$$

$$\theta_{t_2} = \beta \times 100 \times \sqrt{\Delta t_{\text{ПП}}^2 + \Delta t_{\text{ТПУ}}^2}, \quad (35)$$

где $\Delta t_M, \Delta t_{\text{СЖ}}, \Delta t_{\text{ТПУ}}$ – пределы допускаемых абсолютных погрешностей преобразователей температуры (термометров) при измерении температуры в мернике, СЖ и ТПУ соответственно, °С;

β – коэффициент объемного расширения жидкости, для воды принимают равным $2,6 \times 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$;

θ_K – граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения среднего значения коэффициента преобразования СЖ, %, значение которой определяют по формуле

$$\theta_K = t_{0,99}^n \times \frac{S_0^{\text{СЖ}}}{\sqrt{n}}, \quad (36)$$

где $t_{0,99}^n$ – квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности 0,99 и числе измерений n , значение которой определяют по таблице В.2;

9.2.2 Границы суммарной систематической составляющей погрешности ТПУ (неисключенной систематической погрешности) θ_{Σ_0} , % для метода № 2, вычисляют по формуле

$$\theta_{\Sigma_0} = k \times \sqrt{\theta_M^2 + \theta_t^2} \quad (37)$$

где k – коэффициент зависимости неисключённых систематических составляющих погрешности от выбранной доверительной вероятности при их равномерном распределении; принимают равным 1,4 при числе суммируемых неисключённых систематических погрешностей большем четырех;

θ_M – пределы допускаемой относительной погрешности мерника, %;

θ_t – граница составляющей неисключённой систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры, %, вычисляемая по формуле

$$\theta_t = \beta \times \sqrt{\Delta t_{\text{ТПУ}}^2 + \Delta t_M^2} \times 100, \quad (38)$$

где β – коэффициент объемного расширения жидкости, равный $2,6 \times 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$;

Δt_M – пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры (термометров) при измерении температуры в эталонных мерниках и ТПУ, $^\circ\text{C}$.

Для преобразователей температуры или термометров с абсолютной погрешностью $\pm 0,2^\circ\text{C}$ принимают $\theta_t = 0,0074\%$.

9.3 Определение границы случайной составляющей погрешности определения среднего значения вместимости.

9.3.1 Границы случайной составляющей погрешности определения среднего значения объема ТПУ θ_{V_0} , %, определяют по формуле

$$\theta_{V_0} = t_{0,99}^m \times \frac{S_0^{\text{ТПУ}}}{\sqrt{m}}, \quad (39)$$

где $t_{0,99}^m$ – квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности 0,99 и числе измерений m , значение которой определяют по таблице В.2.

9.4 Определение относительной погрешности ТПУ.

9.4.1 Относительную погрешность ТПУ δ_0 , %, определяют по формуле

$$\delta_0 = \begin{cases} Z \times (\theta_{\Sigma_0} + \theta_{V_0}) & \text{при } 0,8 \leq \theta_{\Sigma_0} / S_0^{\text{ТПУ}} \leq 8, \\ \theta_{\Sigma_0} & \text{при } \theta_{\Sigma_0} / S_0^{\text{ТПУ}} > 8; \end{cases} \quad (40)$$

где Z – коэффициент, зависящий от соотношения $\theta_{\Sigma_0} / S_0^{\text{ТПУ}}$, значение определяют по таблице В.3.

9.4.2 Проверяют выполнение условия

$$\delta_0 \leq \delta_0^{\text{дон}} \quad (41)$$

где $\delta_0^{\text{дон}}$ – предел допускаемой относительной погрешности ТПУ в соответствии с описанием типа либо назначением ТПУ.

9.5 Определение относительного отклонения вместимости измерительного участка ТПУ от значения, полученного при предыдущей поверке.

9.5.1 Относительное отклонение вместимости измерительного участка ТПУ от значения вместимости, определенного при предыдущей поверке δ_{00} , %, определяют по формуле

$$\delta_{00} = \frac{V_0 - V_0^{\text{ИП}}}{V_0^{\text{ИП}}} \times 100, \quad (42)$$

где $V_0^{\text{ПП}}$ – вместимость измерительного участка ТПУ при стандартных условиях определенная при предыдущей поверке, м^3 , значение берут из свидетельства о предыдущей поверке.

9.5.2 Проверяют выполнение условия

$$|\delta_{00}| \leq \delta_0^{\text{дон}} \quad (43)$$

При невыполнении условия (43) анализируют полученные результаты, устраняют причины их возникновения и проводят повторную поверку ТПУ.

10 Проверка отсутствия протечек

10.1 Проверка отсутствия протечек по методу №1

10.1.1 Устанавливают значение расхода (Q_2 , $\text{м}^3/\text{ч}$), выбранное для проверки отсутствия протечек в соответствии с таблицей 1.

10.1.2 Выполняют первые три из шести измерений ($n_{\text{прот}}=6$) для определения коэффициента преобразования ПР по п.7.1.1

10.1.3 Выполняют не менее трех измерений для определения вместимости измерительного участка ТПУ при стандартных условиях ($m_{\text{прот}}=3$) по 8.1.1.5 – 8.1.1.6

Если при выбранном значении расхода Q_2 поршень не входит в измерительный участок ТПУ, то допускается увеличить расход с доведением его до Q_2 до подхода поршня к первому детектору.

10.1.4 Выполняют оставшиеся три измерения для определения коэффициента преобразования ПР по 7.1.1

10.1.5 Определяют коэффициент преобразования ПР по формулам (2) – (7).

10.1.6 Определяют вместимость измерительного участка ТПУ при стандартных условиях $V_0^{\text{Прот}}$, м^3 , по формулам (13) – (19).

10.2. Проверка отсутствия протечек по методу № 2

10.2.1 Устанавливают значение расхода (Q_2 , $\text{м}^3/\text{ч}$), выбранное для проверки отсутствия протечек в соответствии с таблицей 3. Производят не менее трех измерений ($n_{\text{прот}} \geq 3$). Вместимость измерительного участка ТПУ ($V_0^{\text{прот}}$, м^3) определяют по формулам (20) – (30).

Если при выбранном значении расхода Q_2 поршень не входит в калиброванный участок ТПУ, то допускается увеличить расход с доведением его до Q_2 до подхода поршня к первому детектору.

10.3. Определяют относительное отклонение вместимости измерительного участка ТПУ при различных значениях расхода δ_v , %, т по формуле

$$\delta_v = \frac{V_0^{\text{Прот}} - V_0}{V_0} \times 100. \quad (44)$$

10.3.1 Проверяют выполнение условия

$$|\delta_v| \leq 0,35 \times \delta_0^{\text{дон}} \quad (45)$$

10.3.2 При невыполнении условия (45) проводят анализ результатов измерений.

Если $\delta_v > 0,35 \times \delta_0^{\text{дон}}$ то это свидетельствует о наличии «протечек» рабочей жидкости в технологической схеме поверки и необходимости их устранения.

Если $\delta_v < -0,35 \times \delta_0^{don}$, то это свидетельствует о допущенных ошибках при выполнении измерений и необходимости повторения измерений после устранения причин, вызвавших ошибки.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки, измерений и вычислений вносят в протокол поверки (Приложение Г)

При оформлении протокола поверки:

- значения вместимости измерительного участка ТПУ (м^3) и коэффициентов преобразования (имп/м^3) вычисляют с точностью до семи значащих цифр, в протокол поверки записывают значения, округленные до шести значащих цифр;

- значения СКО (%) и погрешностей (%) вычисляют с точностью до четвертого знака после запятой, в протокол поверки записывают значения, округленные до третьего знака после запятой.

- значения поправочных коэффициентов вычисляют с точностью до седьмого знака после запятой, в протокол поверки записывают значения, округленные до шестого знака после запятой.

- значения температуры ($^{\circ}\text{C}$) записывают в протокол поверки округленными до первого знака после запятой, давления (МПа) – до второго знака после запятой.

11.2 При положительных результатах поверки ТПУ оформляют свидетельство согласно действующих НД, к которому прилагают протоколы поверки.

На лицевой стороне свидетельства о поверке записывают, что ТПУ на основании результатов поверки признана годной и допущена к применению в качестве рабочего эталона 1-го или 2-го разряда и указывают пределы допускаемой относительной погрешности ТПУ.

На оборотной стороне свидетельства о поверке указывают:

- рабочий диапазон расхода ТПУ;
- вместимость измерительного участка ТПУ;
- СКО случайной составляющей погрешности;
- границы случайной погрешности определения среднего значения вместимости измерительного участка ТПУ;
- границы суммарной систематической составляющей погрешности (неисключенной систематической погрешности);
- фактическое значение относительной погрешности.

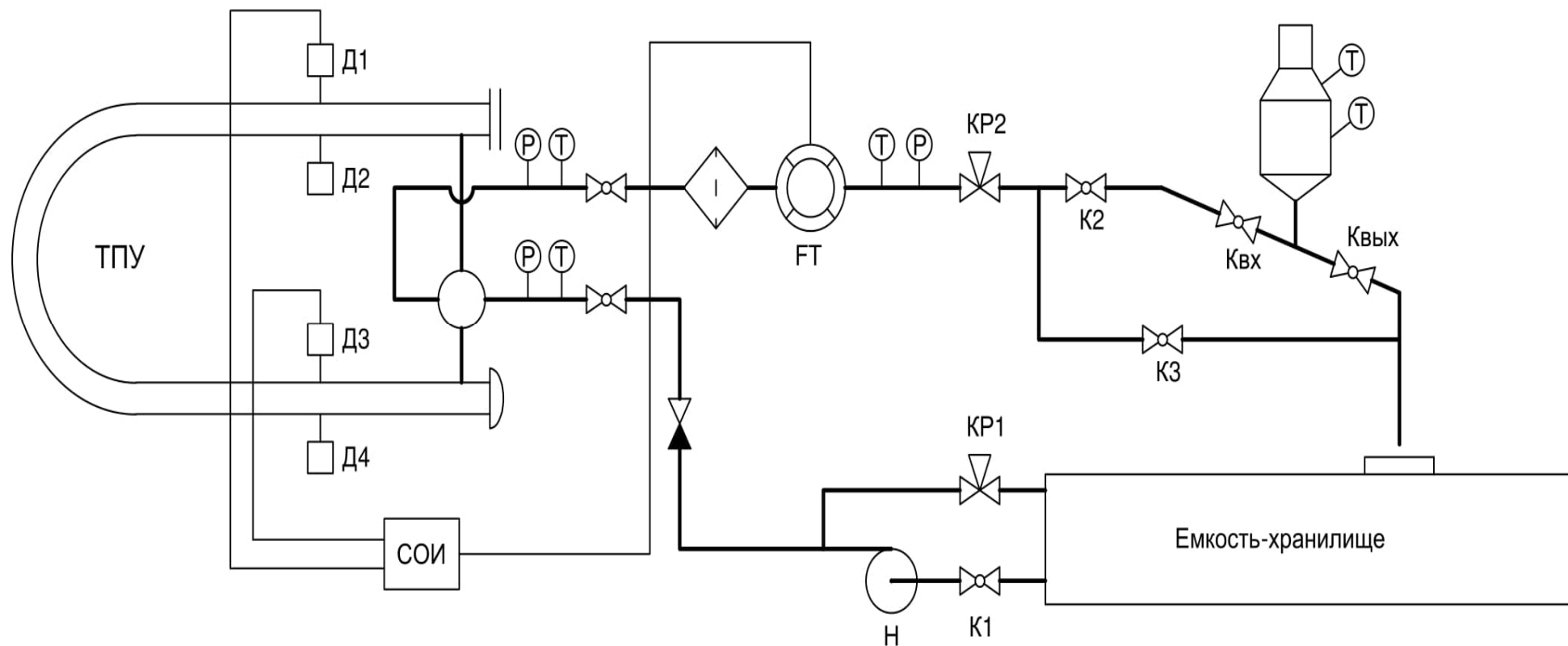
Для ТПУ с двумя парами детекторов указывают метрологические характеристики для каждой пары детекторов.

За нижнее значение рабочего диапазона расхода принимают значение, при котором проведено определение метрологических характеристик ТПУ, за верхнее значение-значение, указанное в паспорте на ТПУ.

11.3. Проводят пломбирование фланцев измерительного участка и детекторов ТПУ.

11.4 При отрицательных результатах поверки ТПУ к применению не допускают, свидетельство аннулируют и выдают извещение о непригодности с указанием причин согласно действующим НД.

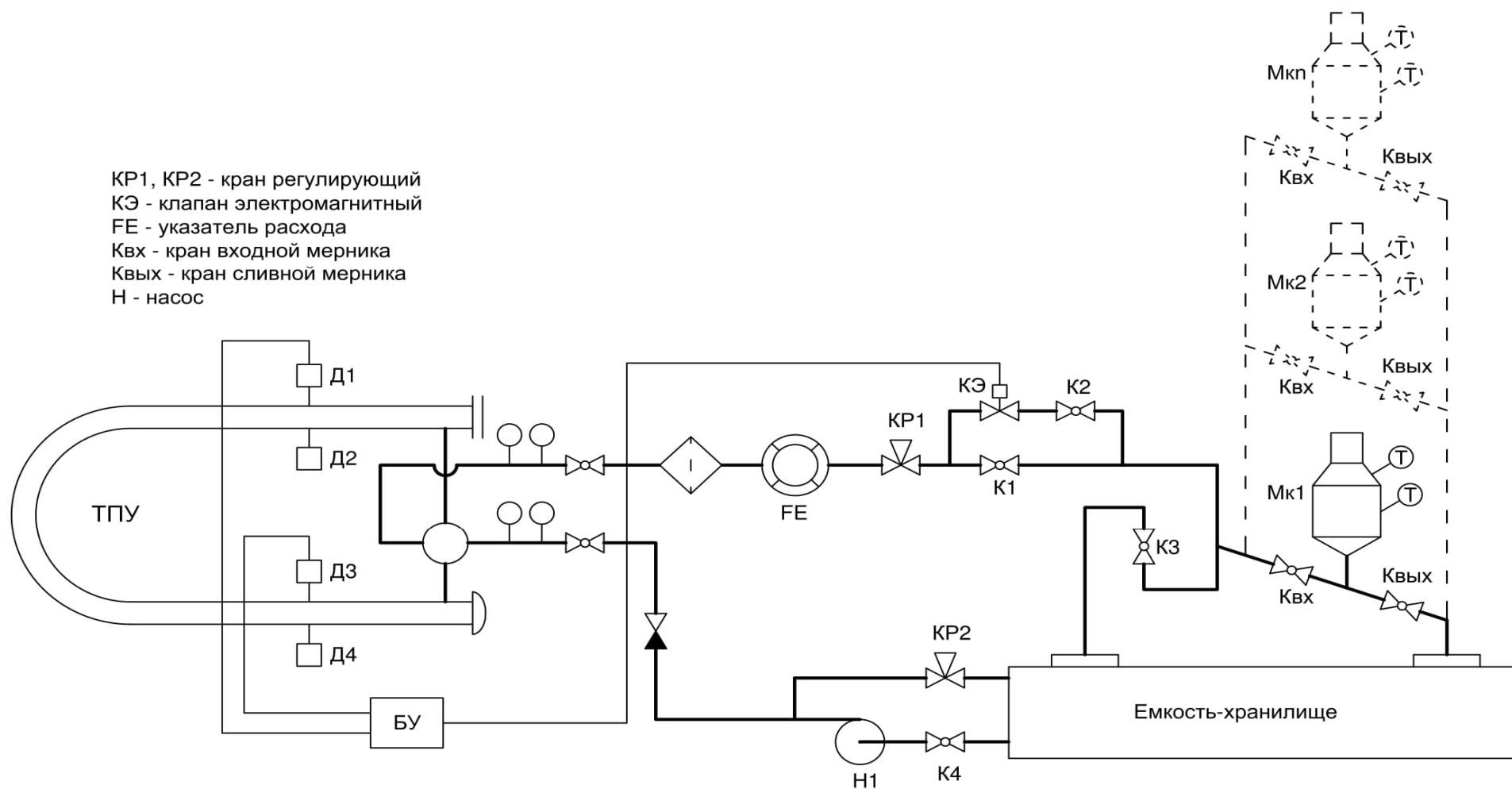
Приложение А
(рекомендуемое)
Принципиальная схема соединений поверяемой ТПУ и средств поверки (метод №1)



FT– счетчик жидкости; Н– насос; 7 – емкость-хранилище; Д1-Д4 – детекторы; К1-К3 – краны запорные; КР1-КР2 – краны регулирующие.

Примечание – Кран К3 должен иметь устройство для контроля герметичности его затвора.

Принципиальная схема соединений поверяемой ТПУ и средств поверки (метод №2)



Приложение Б
(справочное)

Значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости воды, коэффициентов линейного расширения и модулей упругости материала стенок ТПУ и мерника

Б.1 Коэффициенты объемного расширения воды $\beta=2,6 \times 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$;

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

Б.2 Коэффициенты линейного расширения и модули упругости материала стенок ТПУ и мерника определяют по таблице А.1.

Таблица Б.1- Значения коэффициентов линейного расширения и модулей упругости материала стенок ТПУ и мерника

Материал	$\alpha, \text{ 1/}^\circ\text{C}$	Е, МПа
Сталь углеродистая	$11,2 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^5$
Сталь легированная	$11,0 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^5$
Сталь нержавеющая	$16,6 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^5$
Латунь	$17,8 \times 10^{-6}$	
Алюминий	$24,5 \times 10^{-6}$	
Медь	$17,4 \times 10^{-6}$	
Примечание – Если в паспортах ТПУ и мерника приведены значения α и Е, то для расчетов используют приведенные значения.		

Приложение В
(справочное)

**Методика анализа результатов измерений,
значения коэффициентов Стьюдента,
значения коэффициента Z в зависимости от отношения $\theta_{\Sigma_0}/S_0^{\text{ТПУ}}$**

В.1 Методика анализа результатов измерений

В.1.1 Определяют СКО результатов вычислений значений вместимости ТПУ $S_V^{\text{ТПУ}}$ по формуле

$$S_V^{\text{ТПУ}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (V_{0j} - V_0)^2}{m-1}}. \quad (\text{В.1})$$

В.1.2 Для каждого измерения вычисляют соотношение по формуле

$$U_j = \left| \frac{V_{0j} - V_0}{S_V^{\text{ТПУ}}} \right|. \quad (\text{В.2})$$

В.1.3 Из ряда значений U_j , вычисленных по (В.2), выбирают максимальные значения $U_{j\max}$ и $U_{j\min}$, которые сравнивают с величинами h_{\max} и h_{\min} соответственно, взятыми из таблицы В.1 для объема выборки (количества измерений) m .

В.1.4 Если, $U_{j\max} \geq h_{\max}$ и $U_{j\min} \leq h_{\min}$, то подозреваемые результаты исключают из выборки как промахи.

Таблица В.1 – Критические значения для критерия Граббса (ГОСТ Р ИСО 5725)

m	7	8	9	10	11	12	13	14
h_{\max}	2,139	2,274	2,387	2,482	2,564	2,636	2,699	2,755
h_{\min}	2,020	2,126	2,215	2,290	2,355	2,412	2,462	2,507

Таблица В.2 – Значения коэффициентов Стьюдента при доверительной вероятности $P=0,99$

n-1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$t_{0,99}$	5,841	4,604	4,032	3,707	3,499	3,355	3,250	3,169	3,106

Таблица В.3 – Значения коэффициента Z в зависимости от отношения $\theta_{\Sigma_0}/S_0^{\text{ТПУ}}$ при доверительной вероятности $P=0,99$

$\theta_{\Sigma_0}/S_0^{\text{ТПУ}}$	0,5	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
Z	0,87	0,85	0,82	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,85

Приложение Г (рекомендуемое)

Метод №1

ПРОТОКОЛ № _____

поверки ТПУ поверочной установкой на базе мерника и счетчика жидкости

Тип ТПУ:

Заводской номер: _____

Детекторы:

Тип мерника:

Заводской номер: _____

Тип счетчика:

Заводской номер: _____

Температура воздуха возле ПУ, °C

Температура воздуха возле ТПУ, °C

Поверочный расход, м³/ч: Q_{п1}= $Q_{\Pi_2} =$

Место проведения поверки: _____

Методика поверки

Внешний осмотр

Опробование

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

[illegible]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Определение метрологических характеристик счетчика жидкости

[illegible]

Определение метрологических характеристик ТПУ

[illegible]

Продолжение приложения Г

Проверка отсутствия протечек

№ измер.	Мерник			Счетчик					
	V, м³	tм, °C	Ctstp	N, имп	tсч, °C	Рсч, МПа	Cplm	Ctdw	K, имп/м³
1 ... (n ^{прот} /2)									
(n ^{прот} /2)+1 7 n ^{прот}									

Проверка отсутствия протечек

№ измер.	Направл. поршня	ТПУ		Счетчик				Коэффициенты коррекции					V ₀ ^{Прот} ,м ³
								ТПУ			Счетчик		
		t _{тпу} , °C	P _{тпу} , МПа	K, имп/м ³	N, имп	t _{сж} , °C	P _{сж} , МПа	C _{тсп}	C _{псп}	C _{плп}	C _{тдw}	C _{плm}	
1 ... m _{прот}													

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

V ₀ , м³	S ₀ ^{ТПУ} , %	θ _{Σ₀} , %	θ _{V₀} , %	θ _{Σ₀} /S ₀ ^{ТПУ}	Z	δ ₀ , %	V ₀ ^{Прот} , м³	δ _V , %	V ₀ ^{ПП} , м³	δ ₀₀ , %

Заключение: ТПУ в качестве ТПУ ____ разряда к дальнейшей эксплуатации _____
(пригодна, не пригодна)

Поверитель: _____
наименование поверяющей организации подпись инициалы, фамилия

Дата поверки: " ____ " _____ 20 ____ г.

Метод № 2

ПРОТОКОЛ № _____ поверки ТПУ поверочной установкой на базе мерников

Тип ТПУ: _____
 Заводской номер: _____
 Детекторы: _____
 Тип мерника: _____
 Заводской номер: _____

Температура воздуха возле ПУ, °C _____
 Температура воздуха возле ТПУ, °C _____
 Поверочный расход, м³/ч: $Q_{П1} =$ _____
 $Q_{П2} =$ _____

Место проведения поверки: _____

Методика поверки _____

Внешний осмотр _____

Опробование _____

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

V_M , м³	F, 1/МПа	β , 1/°C	α_T , 1/°C	α_M , 1/°C	E, МПа	D, мм	S, мм	Δt_M , °C	$\Delta t_{ТПУ}$, °C	θ_M , %	$t_{0,99}$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Номер измерения	Направление движения поршня	М е р н и к		Т П У		$V_{0M\ ijk}$, м³	V_{0i} , м³
		$V_{M\ ijk}$, м³	$t_{M\ ijk}$, °C,	$t_{ТПУ\ ijk}$, °C	$P_{ТПУ\ ijk}$, МПа		
1	2	3	4	5	6	7	8
Определение метрологических характеристик ТПУ							
1							
...							
n							

Проверка отсутствия протечек							
1							
...							
3							

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

$V_0, \text{м}^3$	$S_0^{\text{ТПУ}}, \%$	$\theta_{\Sigma_0}, \%$	$\theta_{V_0}, \%$	$\theta_{\Sigma_0}/S_0^{\text{ТПУ}}$	Z	$\delta_0, \%$	$V_0^{\text{Прот}}, \text{м}^3$	$\delta_V, \%$	$V_0^{\text{ТП}}, \text{м}^3$	$\delta_{\omega}, \%$

Заключение: ТПУ в качестве ТПУ ____ разряда к дальнейшей эксплуатации _____
(пригодна, не пригодна)

Поверитель: _____
наименование поверяющей организации подпись инициалы, фамилия

Дата поверки: " ____ " _____ 20____ г.