

Общество с ограниченной ответственностью «Нефтегазметрология»
ООО «НГМ»

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора по метрологии
ООО «НГМ»
Проккоев В.В.
12.04.2021 г.



РЕКОМЕНДАЦИЯ
Государственная система обеспечения единства измерений
УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ ТРУБОПОРШНЕВЫЕ ДВУНАПРАВЛЕННЫЕ OGSB
Методика поверки поверочными установками на базе мерников

МП-003-2021

Белгород – 2021 г.

РАЗРАБОТАНА Общество с ограниченной ответственностью «Нефтегазметрология»
ООО «НГМ»

РАЗРАБОТЧИКИ Проккоев В.В., Юнусов Н.Н.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения.....	4
1 Перечень операций поверки средства измерений	4
2 Метрологические и технические требования к средствам поверки	5
3 Требования(условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
4 Требования к условиям проведения поверки.....	6
5 Подготовка к поверке	7
6. Внешний осмотр средства измерений	8
7. Подготовка к поверке и опробованию средства измерений.....	8
8. Определение метрологических характеристик средства измерений	9
9. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....	12
10 Проверка отсутствия протечек.....	14
11 Оформление результатов поверки.....	15
Приложение А_(рекомендуемое) Принципиальная схема соединений поверяемой ТПУ и средств поверки	
Приложение Б (справочное) Значения коэффициентов объемного расширения и сжимаемости воды, коэффициентов линейного расширения и модулей упругости материала стенок ТПУ и мерника	
Приложение В_(справочное) Методика анализа результатов измерений, значения коэффициентов Стьюдента, значения коэффициента Z в зависимости от отношения $\theta_{\Sigma_0}/S_0^{ТПУ}$	
	19

Общие положения

Настоящий документ распространяется на установки поверочные трубопоршневые двунаправленные OGSB (далее - ТПУ) 1-го разряда OGSB 3000 (Зав №107/1) и OGSB 800 (Зав №107/2) стационарного исполнения и устанавливает методику их первичной и периодических поверок с поверочными установками (ПУ) на базе мерников.

Прослеживаемость ТПУ к Государственному первичному эталону единицы объема жидкости ГЭТ 216-2018 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (часть 2) с применением рабочих эталонов 1 разряда из 3 части ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256. В методике поверки реализован следующий метод передачи единиц: метод косвенных измерений.

Межповерочный интервал: не более двух лет;

1 Перечень операций поверки средства измерений

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	8.1,8.3	1	да	да
3.2	– вместимости измерительного участка	8.4	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 Метрологические и технические требования к средствам поверки

2.1 При проведении поверки ТПУ применяют средства поверки и вспомогательное оборудование указаны в п.2.4.

2.2 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.

2.3 ТПУ должна обеспечивать прослеживаемость к рабочим эталонам 1 разряда

2.4 Средства поверки:

- Рабочий эталон единицы объема жидкости (мерник шкальный 1-го разряда, далее – мерник) с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,02$ % и номинальной вместимостью 1000 дм³;

- 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., 8.3;

Необходимо, чтобы СЖ обеспечил 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.

- Преобразователи температуры или термометры с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,2$ °С;

- Преобразователи давления с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5$ %. Допускается применение манометров класса точности 0,6.

- Устройство обработки информации (УОИ) с пределами допускаемой относительной погрешности измерений количества импульсов за интервал времени $\pm 0,01$ %. В качестве УОИ применяют: вычислители расхода, комплексы измерительно-вычислительные, контроллеры измерительные отечественного и импортного производства, установленные стационарно или монтируемые и применяемые только во время поверки ТПУ;

- Секундомер любого типа, погрешность $\pm 1,0$ с;

- Емкость-хранилище, конструкция и вместимость которой исключают возможность захвата воздуха насосом при проведении поверки ТПУ;

- Насос, соединительные трубопроводы и запорная и регулирующая арматура.

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

3 Требования(условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

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 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.

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

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

3.6 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".

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

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

4 Требования к условиям проведения 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 2.

Таблица 2.1 OGSB 3000

Условный диаметр калиброванного участка, мм	$Q_1, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_2, \text{м}^3/\text{ч}$
750	18 – 60	9 – 30

Таблица 2.2 OGSB 800

Условный диаметр калиброванного участка, мм	$Q_1, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_2, \text{м}^3/\text{ч}$
400	12 – 40	6 – 20

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.

4.7 Поверка в сокращенном объеме проводится на основании письменного заявления владельца ТПУ на поверку, оформленного в произвольной форме с указанием нумерации поверяемых пар детекторов.

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 (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 проверяют степень очистки ее внутренней поверхности от нефтепродуктов. Чистоту внутренней поверхности ТПУ после промывки считают удовлетворительной, если в пробе воды, отобранной из ТПУ в стеклянный сосуд, отсутствуют следы 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 вентилях 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 $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

6. Внешний осмотр средства измерений

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. Подготовка к поверке и опробованию средства измерений

При значении расхода Q_1 согласно таблицы 2 выполняют пробное(ые) измерение(ия) в следующем порядке:

7.1 Закрывают кран K_3 .

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.

7.2 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 K_2 и $K_{вх}$.

С дисплея УОИ считывают значение количества импульсов, сгенерированных ПР и измеренных УОИ за время измерения. Открывают кран K_3 .

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

7.3 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 K_{P1} и K_{P2} .

7.4 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 K_{P1} и K_{P2} .

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.

7.5 При поверке двунаправленных ТПУ операции по 7.4 повторяют для движения поршня в противоположном направлении.

7.6 Для ТПУ с двумя парами детекторов операции по 7.4, 7.5. повторяют для второй пары (Д2, Д4). При наличии в УОИ соответствующей возможности измерения производятся одновременно для обеих пар детекторов.

8. Определение метрологических характеристик средства измерений

8.1 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.

8.1.2 При открытых кранах K_1 , K_2 , K_3 и закрытых кранах $K_{вх}$, $K_{вых}$ устанавливают расход жидкости через технологическую схему Q_1 .

8.1.3 Выполняют операции по 7.1.

8.1.4 Выполняют пять измерений по 7.2.

8.1.5 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

$$K_i = \frac{N_i \times C_{plm_i}}{V_i \times C_{tstp_i} \times C_{tdw_i}}, \quad (3)$$

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 объём 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/°С, значение которого определяют по Приложению Б;
 t_{mi} – значение температуры жидкости в мернике при i -м измерении, °С;
 C_{tdw_i} – комбинированный коэффициент, учитывающий влияние разности температур в СЖ и мернике на объём 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

$$\rho_t = 999,8395639 + 0,06798299989 \times t - 0,009106025564 \times t^2 + 0,0001005272999 \times t^3 - 0,000001126713526 \times t^4 + 0,000000006591795606 \times t^5 \quad (7)$$

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

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

8.1.7 Проверяют выполнение условия

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

8.1.8 При невыполнении условия (9) анализируют полученные результаты, устраняют причины их возникновения и проводят повторные операции по 8.1.2 – 8.1.7.

8.2 Определение МХ ТПУ

8.2.1 Выполняют семь измерений ($m=7$) по 7.4-7.6

8.3 Определение МХ СЖ (вторая серия измерений)

8.3.1 Выполняют операции по 8.1.2 – 8.1.4.

8.3.2 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.

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

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

8.3.4 Проверяют выполнение условия

$$S_0^{СЖ} \leq 0,015 \% \quad (12)$$

8.3.5 При невыполнении условия (12) анализируют полученные результаты, устраняют причины их возникновения и проводят повторные операции по 8.3

8.4 Определение объема измерительного участка ТПУ.

8.4.1 Объем измерительного участка ТПУ при стандартных условиях (температуре 20 °С и избыточном давлении, равном нулю), V_0 , м^3 , 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} – объем измерительного участка ТПУ при стандартных условиях при j -м измерении, м^3 , 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 t в СЖ и ТПУ соответственно;

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

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

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

C_{tsp_j} – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость измерительного участка ТПУ при j -м измерении, значение которого определяют по формуле

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

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

$t_{ТПУj}$ – среднее арифметическое значение температуры жидкости на входе и выходе ТПУ при j -м измерении, $^\circ\text{C}$;

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

где $P_{ТПУj}$ – 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

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

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.

8.5 Определение СКО случайной составляющей погрешности ТПУ

8.5.1 СКО случайной составляющей погрешности ТПУ $S_0^{ТПУ}$, %, определяют по формуле

$$S_0^{ТПУ} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (V_{0j} - V_0)^2}{m-1}} \times \frac{100}{V_0}, \quad (20)$$

8.5.2 Проверяют выполнение условия

$$S_0^{ТПУ} \leq 0,015 \% \quad (21)$$

8.5.3 Если условие (21) не выполнено, анализируют причины и выявляют промахи согласно приложению В. Допускается не более одного промаха. В противном случае поверку прекращают.

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

8.5.5 При повторном невыполнении условия (21) поверку прекращают. Технологическую схему поверки и ТПУ освобождают от поверочной жидкости. ТПУ предъявляют на профилактический осмотр и ремонт.

8.5.6 При соблюдении условия (21) проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

8.6 Границы суммарной систематической составляющей погрешности ТПУ (неисключенной систематической погрешности) θ_{Σ_0} , %, вычисляют по формуле

$$\theta_{\Sigma_0} = k \times \sqrt{\theta_M^2 + \theta_{t_1}^2 + \theta_{t_2}^2 + \theta_K^2 + \theta_{ИВК}^2}, \quad (22)$$

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, %;

$\theta_{ИВК}$ – 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

$$\theta_{t_1} = \beta \times 10\theta \times \sqrt{\Delta t_M^2 + \Delta t_{СЖ}^2}, \quad (23)$$

$$\theta_{t_2} = \beta \times 10\theta \times \sqrt{\Delta t_{ТП}^2 + \Delta t_{ТПУ}^2}, \quad (24)$$

где $\Delta t_M, \Delta t_{СЖ}, \Delta t_{ТПУ}$ – 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

$$\theta_K = t_{0,99}^n \times \frac{S_0^{СЖ}}{\sqrt{n}}, \quad (25)$$

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

8.7 Определение границы случайной составляющей погрешности определения среднего значения вместимости.

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

$$\theta_{V_0} = t_{0,99}^m \times \frac{S_0^{ТПУ}}{\sqrt{m}}, \quad (26)$$

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

8.8 Определение относительной погрешности ТПУ.

8.8.1 Относительную погрешность ТПУ δ_0 , %, определяют по формуле

$$\delta_0 = \begin{cases} Z \times (\theta_{\Sigma_0} + \theta_{V_0}) & \text{при } 0,8 \leq \theta_{\Sigma_0} / S_0^{\text{ТПУ}} \leq 8, \\ \theta_{\Sigma_0} & \text{при } \theta_{\Sigma_0} / S_0^{\text{ТПУ}} > 8; \end{cases} \quad (27)$$

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

8.8.2 Проверяют выполнение условия

$$\delta_0 \leq \delta_0^{\text{дон}} \quad (28)$$

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

8.9 Определение относительного отклонения объема ТПУ от значения, полученного при предыдущей поверке.

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

$$\delta_{00} = \frac{V_0 - V_0^{\text{ПП}}}{V_0^{\text{ПП}}} \times 100, \quad (29)$$

где $V_0^{\text{ПП}}$ – объем измерительного участка ТПУ при стандартных условиях определенная при предыдущей поверке, м³, значение берут из свидетельства о предыдущей поверке.

8.9.2 Проверяют выполнение условия

$$|\delta_{00}| \leq \delta_0^{\text{дон}} \quad (30)$$

8.9.3 Результат положительный, если выполняются условия п. 8.9.1-8.9.2

При невыполнении условия (30) анализируют полученные результаты, устраняют причины их возникновения и проводят повторную поверку ТПУ.

8.9.4 Допускается проводить поверку вместимости измерительного участка ТПУ только для выбранных пар детекторов.

9. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Результаты поверки ТПУ считают положительными, если метрологические характеристики соответствуют требованиям, указанным в таблице 3.

Наименование характеристики	Значение	
	OGSB 3000	OGSB 800
Диапазон объемного расхода измеряемой жидкости, м ³ /ч	от 30 до 3100	от 20 до 800
Вместимость измерительного участка, м ³ , не более: - детекторы 1-3-1/2-4-2 - детекторы 1-7; 4-6/ 2-8;3-5	13,6 26,4	3,2 -
Пределы допускаемой относительной погрешности определения вместимости калиброванного участка, %	в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 №256	
Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности, %	±0,010	

При положительных результатах поверки ТПУ считают соответствующей рабочему эталону 1 разряда единиц объема и объемного расхода жидкости в потоке в соответствии с ГПС (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 №256.

10 Проверка отсутствия протечек

10.1 Устанавливают значение расхода (Q_2 , м³/ч), выбранное для проверки отсутствия протечек в соответствии с таблицей 2.

10.2 Выполняют первые три из шести измерений ($n_{\text{прот}}=6$) для определения коэффициента преобразования ПР по п.8.1

10.3 Выполняют не менее трех измерений для определения вместимости измерительного участка ТПУ при стандартных условиях ($m_{\text{прот}}=3$) по 8.1.5 – 8.1.6

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.

10.4 Выполняют оставшиеся три измерения для определения коэффициента преобразования ПР по 8.1

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

10.6 Определяют вместимость измерительного участка ТПУ при стандартных условиях $V_0^{\text{прот}}$, м³, по формулам (13) – (19).

10.7. Определяют относительное отклонение объема ТПУ при различных значениях расхода δ_v , %, т по формуле

$$\delta_v = \frac{V_0^{\text{прот}} - V_0}{V_0} \times 100. \quad (31)$$

10.7.1 Проверяют выполнение условия

$$|\delta_v| \leq 0,35 \times \delta_0^{\text{дон}} \quad (32)$$

10.7.2 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 $\delta_v < -0,35 \times \delta_0^{\text{дон}}$, 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 объемов (м³) и коэффициентов преобразования (имп/м³) 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 (°С) 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 и указывают пределы допускаемой относительной погрешности ТПУ.

На оборотной стороне свидетельства о поверке указывают:

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

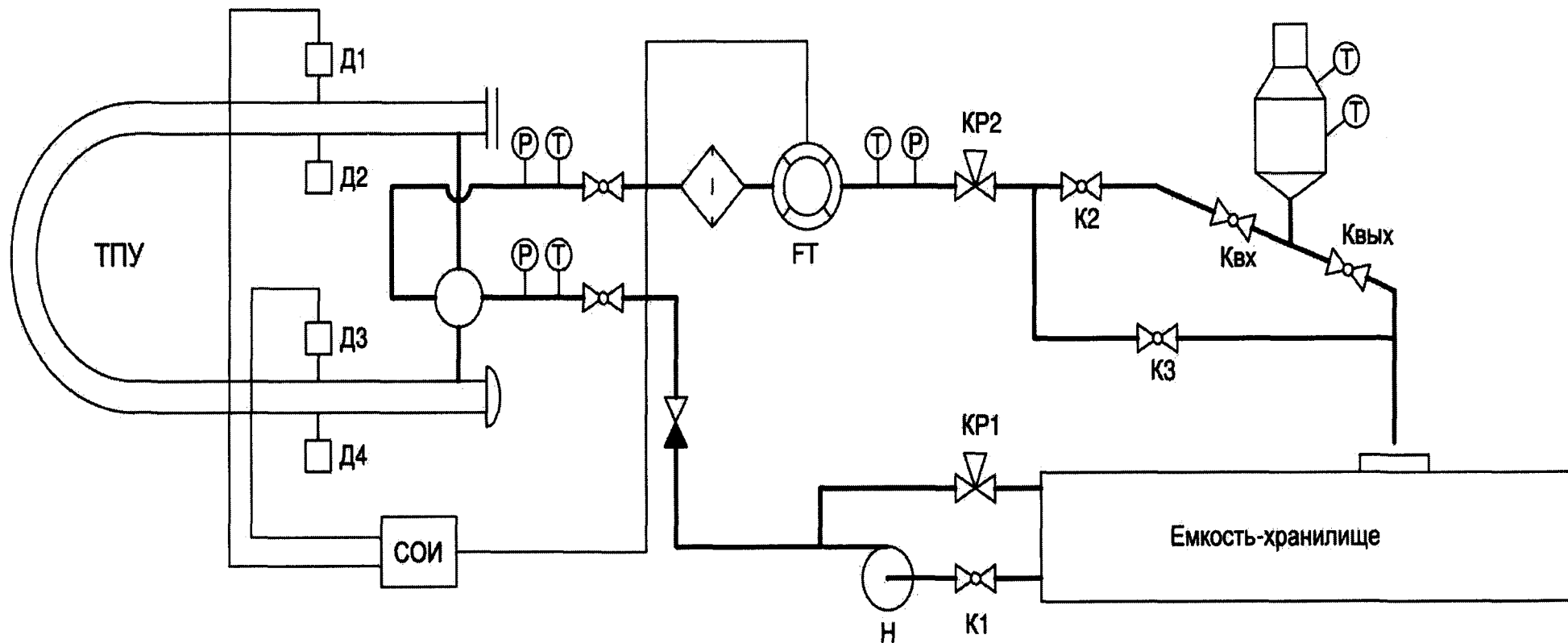
Для ТПУ с несколькими парами детекторов указывают метрологические характеристики для каждой пары поверяемых детекторов.

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 действующих НД.

Приложение А
(рекомендуемое)
Принципиальная схема соединений поверяемой ТПУ и средств поверки



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.

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

Продолжение приложения Г

Проверка отсутствия протечек

№ измер.	Мерник			Счетчик					
	V, м ³	tм, °C	Ctstp	N, имп	tсч, °C	Pсч, МПа	Cplm	Ctdw	K, имп/м ³
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	
		tтпу, °C	Pтпу, МПа	K, имп/м ³	N, имп	tсж, °C	Pсж, МПа	ТПУ			Счетчик			
								Ctsp	Cpсп	Cplp	Ctdw	Cplm		
1 ... m ^{прот}														

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

V ₀ , м ³	S ₀ ^{ТПУ} , %	θ _{Σ₀} , %	θ _{v₀} , %	θ _{Σ₀} /S ₀ ^{ТПУ}	Z	δ ₀ , %	V ₀ ^{Прот} , м ³	δ _v , %	V ₀ ^{ПП} , м ³	δ ₀₀ , %

Заключение: ТПУ в качестве ТПУ _____ разряда к дальнейшей эксплуатации _____

(пригодна, не пригодна)

Поверитель:

ООО "Нефтегазстройинвест"
наименование поверяющей организации

подпись

Южуров Н.Н.
инициалы, фамилия

Дата поверки: "___" _____ 20___ г.