Государственный научный метрологический центр
Федеральное государственное унитарное предприятие
Всероссийский научно-исследовательский институт расходометрии
(ГНМЦ ФГУП "ВНИИР")

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ГНМЦ ФГУП "ВНИИР"

по научной работе

М.С. Немиров

"_____" _____ 2006 г.

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные трубопоршневые.
Методика поверки с помощью поверочной установки на базе эталонных мерников

МИ 3209 - 2009

Казань - 2006 г.

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАНА	ООО "ИМС Индастриз"
ИСПОЛНИТЕЛИ	Сафонов А.В., Аблина Л.В., Девятова А.П.
2 УТВЕРЖДЕНА	ФГУП ВНИИР
	18 июля 2006 г.
3 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА	ФГУП «ВНИИМС»
	08 июля 2009 г.
4 ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ	

С О Д Е Р Ж А Н И Е

1. Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Операции поверки 2
4 Средства поверки 2
5 Требования безопасности 3
6 Условия поверки 4
7 Подготовка к поверке 5
8 Проведение поверки 6
8.1 Внешний осмотр 6
8.2 Опробование 6
8.3 Определение метрологических характеристик 8
9 Обработка результатов измерений 10
10 Оформление результатов поверки 15
Приложение А Форма протокола поверки трубопоршневой поверочной установки с помощью установки для поверки ТПУ на базе эталонных мерников ЭПУ 17
Приложение Б Схема поверки ТПУ с помощью поверочной установки на базе эталонных мерников 19
Приложение В Методика анализа результатов измерений и выявления промахов 20
Приложение Г Определение значений коэффициента k, квантиля распределения Стьюдента (t0,99) и коэффициента Z 21
Приложение Д Определение коэффициентов расширения и модулей упругости материала стенок ТПУ и эталонных мерников 22

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	
Установки поверочные трубопоршневые. Методика поверки с помощью поверочной установки на базе эталонных мерников	МИ 3209-2009

1. Область применения

Настоящая инструкция распространяется на трубопоршневые поверочные установки (ТПУ) I-го и II-го разрядов всех типов, стационарного и передвижного исполнения, прошедшие испытания для целей утверждения типа. Инструкция устанавливает объём, порядок и методику проведения первичной и периодической поверок ТПУ с помощью установки для поверки ТПУ (УП ТПУ) на базе эталонных мерников I-го разряда (далее – эталонные мерники).

При поверке ТПУ конкретного типа должны быть учтены дополнения или изменения к настоящей инструкции, если они были разработаны при испытаниях для целей утверждения типа единичных или серийных образцов ТПУ данного типа.

Перед поверкой ТПУ должна быть проведена поверка входящих в её состав преобразователей давления (или манометров) и преобразователей температуры (или термометров), если после их последней поверки прошло более половины межповерочного интервала.

Межповерочный интервал передвижных ТПУ составляет 1 год, стационарных – 2 года.

2 Нормативные ссылки

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества;

ГОСТ Р ИСО 5725-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений;

ГОСТ 8.207-76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения;

ГОСТ 8.400-80 Государственная система обеспечения единства измерений. Мерники металлические образцовые. Методика поверки;

ГОСТ 3351-74 Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности;

ГОСТ 28498-90 Термометры жидкостные стеклянные. Общие технические требования. Методы испытаний;

МИ 2083-90 Государственная система обеспечения единства измерений.. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.

3 Операции поверки

При проведении поверки выполняют следующие операции:

– внешний осмотр п.8.1;

– опробование п.8.2;

– определение метрологических характеристик ТПУ п.8.3 и обработка результатов измерений п.9:

а) определение вместимости ТПУ п.9.1, 9.2;

б) определение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности п.9.3;

в) определение границы суммарной систематической составляющей погрешности п.9.10;

г) определение относительной погрешности п.9.12;

д) проверка отсутствия протечек поверочной жидкости п.9.14;

ж) определение относительного отклонения вместимости ТПУ от значения вместимости при предыдущей поверке п.9.15;

– оформление результатов поверки п.10.

4 Средства поверки

4.1 Поверку ТПУ проводят с помощью ЭПУ.

В состав ЭПУ входят следующие средства измерений (СИ):

– мерник эталонный I-го разряда по ГОСТ 8.400 М1р–500–01 номинальной вместимостью 500 дм^3 с пределами допускаемой относительной погрешности ± 0,02 %;

– мерник эталонный I-го разряда по ГОСТ 8.400 М1р–200–01 номинальной вместимостью 200 дм^3 с пределами допускаемой относительной погрешности ± 0,02 % в количестве 2 шт.;

– мерник эталонный I-го разряда по ГОСТ 8.400 М1р–100–01 номинальной вместимостью 100 дм^3 с пределами допускаемой относительной погрешности ± 0,02 % в количестве 3 шт.;

– мерник эталонный I-го разряда по ГОСТ 8.400 М1р–20–01 номинальной вместимостью 20 дм^3 с пределами допускаемой относительной погрешности ± 0,02 %;

– термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ–4 № 2 по ГОСТ 28498 с диапазоном измерений температуры от 0 °С до 55 °С и пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 0,2 °С в количестве 2 шт. (далее – термометр);

– манометр для точных измерений МТИ-1216 класса точности 0,6 с верхним пределом измерений 1,6 МПа в количестве 3 шт. (далее – манометр);

– цилиндр мерный лабораторный стеклянный I-го класса точности номинальной вместимостью 1000 см^3 (далее – мерный цилиндр);

– счётчик жидкости турбинный CRA/MRT 97 фирмы "Daniel" с диаметром условного прохода Dy 2", диапазоном измерений объёмного расхода от 5,68 до 51,1 м^3/ч и пределами допускаемой относительной погрешности ± 0,5 % (ТПР);

– измерительно-вычислительный комплекс (ИВК);

– гигрометр психрометрический ВИТ–1 по ТУ 25–11.1645–84.

4.2 Все СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке или оттиски поверительных клейм.

4.3 Допускается применять другие, аналогичные, по назначению СИ утвержденных типов, если их характеристики не хуже характеристик СИ, указанных в данной инструкции.

5 Требования безопасности

Организация рабочих мест должна обеспечить полную безопасность обслуживающего персонала на всех этапах выполнения работ.

5.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности:

- Правил пожарной безопасности;

- Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (утверждены приказом № 6 Минэнерго РФ от 13.01.03 г.);

- Межотраслевые правила по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок [1];

- Правил устройства электроустановок (ПУЭ) потребителей» (6-е изд., 7-е изд.);

- Правил безопасности при эксплуатации средств поверки, приведенными в эксплуатационной документации;

- инструкций по охране труда, действующих на объекте.

5.2 Оборудование, используемое при поверке, и средства поверки должны иметь эксплуатационную документацию, формуляр, паспорт и техническое описание.

5.3 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.

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

5.5 Управление оборудованием и средствами поверки производят лица, прошедшие обучение и проверку знаний требований безопасности и допущенные к обслуживанию технологического и поверочного оборудования.

5.6 При появлении течи поверочной жидкости и других ситуаций, нарушающих процесс поверки, поверка должна быть прекращена.

6 Условия поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

Температура окружающего воздуха, °С	от 10 до 30
Относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80
Поверочная жидкость	вода питьевая по ГОСТ Р 51232
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	недопустимо
Наличие внешних вибраций и тряски	недопустимо
Наличие каких-либо потоков воздуха (например, сквозняков)	недопустимо
Наличие вблизи эталонных мерников или поверяемой ТПУ каких-либо нагревательных приборов или отопительных систем, способствующих одностороннему нагреванию эталонных мерников или поверяемой ТПУ	недопустимо

Примечание - Допускается при использовании поверочных установок на базе мерников использовать воду подземных и поверхностных источников, имеющую мутность не более 1500 мг/дм^3 (по ГОСТ 3351).

6.2 Значение поверочного расхода (Q_1, м^3/ч) при котором определяют метрологические характеристики (МХ), и значение расхода (Q_2, м^3/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.

Допускается выбирать одно или оба значения расхода меньше нижнего предела диапазона расходов ТПУ, приведенного в эксплуатационной документации.

6.3 Значения поверочного расхода жидкости при поверке ТПУ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Рекомендуемые поверочные расходы жидкости при поверке ТПУ

Ду калиброванного участка,	Q_1, $м^3/ч$	Q_2, $м^3/ч$
200	2,3 – 17	1,2 – 5
250	3,2 – 17	1,6 – 8
300	5 – 17	2,5 –8,5
400	9 – 17	4,5 – 8,5
500	15 – 17	7,5 – 8,5
600	17 – 21	8,5 – 10,5
750	17 – 25	8,5 – 12,5
920	17 – 25	8,5 – 12,5

6.4 Отклонение поверочного расхода от установленного значения в процессе поверки не должно превышать 5%.

7 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки проводят следующие подготовительные работы:

7.1 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке всех средств поверки.

7.2 Подключают ТПУ к ЭПУ в строгом соответствии с требованиями эксплуатационной документации на ТПУ и ЭПУ.

7.3 Подготовка ТПУ

7.3.1 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).

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

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

7.4 Подготовка ЭПУ

7.4.1 Ёмкость-хранилище Е8 (схема приведена в Приложении Б) наполняют поверочной жидкостью. Количество поверочной жидкости в ёмкости-хранилище Е8 должно исключить возможность захвата воздуха насосом.

7.4.2 Визуально проверяют каждый эталонный мерник на отсутствие механических повреждений, которые могут повлиять на его вместимость. Убеждаются в отсутствии каких-либо посторонних предметов, трещин, коррозии, отложений на внутренней поверхности мерников, которые могут изменить объем. Мерники должны быть чистыми, без следов масла или грязи. Внутренние соединения и швы должны быть гладкими и ровными.

Горловины мерников должны иметь ровную цилиндрическую форму и одинаковый диаметр по всей длине.

Деления линейки должны быть строго горизонтальными и четкими.

Мерное стекло должно быть чистым, после смачивания его тщательно протирают (удаляют капельки воды).

7.4.3 Проверяют работоспособность запорной арматуры эталонных мерников.

7.4.4 Проверяют работоспособность электромагнитных клапанов КЭ1 и КЭ2, предназначенных для переключения потока поверочной жидкости при поверке ТПУ.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

Проверяют комплектность поверяемой ТПУ в соответствии с прилагаемой технической документацией, а также наличие всех маркировок (надписей и обозначений) и пломб.

Визуально убеждаются в отсутствии механических повреждений и дефектов (вмятин, трещин и т. п.), препятствующих нормальной эксплуатации поверяемой ТПУ.

Визуально проверяют целостность шлангов для подключения ТПУ.

Проверяют надёжность монтажа и правильность подключения всех СИ и вспомогательного оборудования.

ТПУ, не прошедшая внешний осмотр, к поверке не допускается.

8.2 Опробование

Опробование поверяемой ТПУ производят совместно с ЭПУ путём запуска поршня и проверки работоспособности всех СИ, входящих в состав ТПУ, и вспомогательного оборудования.

8.2.1 Операции при опробовании производят в следующей последовательности:

а) Краны на входе мерников закрыты, кран на выходе насоса в момент его запуска должен быть закрыт. Краны К1, К2 открыты;

б) Четырехходовой кран установить в прямом или обратном направлении, готовым к пуску шарового поршня при первом измерении;

в) Запускают насос Н1. После запуска насоса и выхода его на режим кран на выходе насоса открыть;

г) Открывают краны К3, К4, К5, К6, К21, КЭ1. Пускают поток через ТПУ. Проверяют герметичность ТПУ и работу четырехходового крана, а также срабатывание детекторов при прохождении поршня. Поверочная жидкость при этом циркулирует в цикле емкость Е8 – ТПУ.

8.2.2 Производят пробное заполнение мерников.

Открыты: К1, К2, К3, К4, К5, К6, К21, КЭ1.

а) С помощью регулятора Кр и индикатора расхода ТПР установить требуемый поверочный расход (Q_1, $м^3/ч$);

б) Выбирают необходимое для заполнения за один прогон поршня количество мерников. Мерники заполняют поочередно.

в) Открывают краны КВ на выбранных мерниках, краны К8, К22.

г) Производят пуск поршня ТПУ.

д) При подходе поршня к первому детектору (ориентировочно за 0,5 мин.) закрывают К5. При срабатывании первого детектора закрываются КЭ1, открывается КЭ2. Закрывают К21.

е) Начинается наполнение эталонных мерников. Основное наполнение производят, открыв краны К7, К9 – К14. Доливают мерники до отметки нулевого уровня (номинальной вместимости) при помощи кранов К22, К23 – К 29, закрыв К7, К9 – К14.

ж) При подходе поршня ко второму детектору закрывают К7. После замыкания второго детектора закрывается КЭ2 и автоматически открывается КЭ1 после этого сразу закрывают К22, К23 – К29, КВ и открывают К5. Наполнение эталонных мерников прекращается, а поток поверочной жидкости через К5 поступает в ёмкость-хранилище Е8.

з) Выдерживают мерники наполненными в течение 2 мин., при этом убеждаются в отсутствии утечек через запорную арматуру путём контроля уровня поверочной жидкости в эталонных мерниках.

и) Сливают воду из мерников и, выдержав 1 минуту, закрывают все КС.

8.2.3 Кроме того при проведении опробования проверяют герметичность ТПУ, соединительных трубопроводов и задвижек, отсутствие газа (воздуха) в ТПУ через воздушные краны и в системе ЭПУ через К20.

8.2.3.1 Проверку герметичности ТПУ, соединительных трубопроводов и задвижек 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 не наблюдается течи и капель через фланцевые, резьбовые и сварные соединения и сальники.

Проверяют герметичность затвора задвижек, находящихся при поверке в закрытом положении, утечки воды через которые могут повлиять на результаты измерений. В случае

отсутствия контроля или невозможности обеспечения герметичности указанных задвижек они должны быть заглушены путем установки заглушек во фланцевые соединения.

8.2.3.2 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.

Примечание - Операции по проверке отсутствия газа (воздуха) в ТПУ проводят после каждого перерыва в работе с остановкой насоса.

8.3 Определение метрологических характеристик

8.3.1 Определение вместимости поверяемой ТПУ, приведённой к стандартным условиям ($t = 20\ ^{o}C$ и $P_{изб} = 0$ МПа), основано на измерениях объёма поверочной жидкости, вытесненной поршнем при его движении между детекторами, при помощи набора эталонных мерников различной вместимости.

8.3.2 Для двунаправленных ТПУ определяют суммарную вместимость, соответствующую движениям поршня "вперед" и "назад". При этом проход поршня в двух направлениях считают за одно измерение.

Примечание – Для двунаправленных ТПУ допускается определять вместимость отдельно для каждого направления движения поршня ("вперед и "назад").

8.3.3 Для ТПУ, снабженных двумя парами детекторов, вместимость определяют для каждой пары детекторов.

8.3.4 Количество применяемых при измерениях эталонных мерников определяется вместимостью ТПУ. Суммарная вместимость эталонных мерников, применяемых при измерениях, должна обеспечить наименьшее число полных заполнений соответствующих эталонных мерников, т. е. уменьшить число измерений при поверке ТПУ.

8.3.5 При помощи регулятора расхода Кр устанавливают требуемый поверочный расход. Контроль значения поверочного расхода осуществляют при помощи указателя расхода, в качестве которого применяется ТПР. Допускается отклонение установленного значения поверочного расхода не более чем на ± 5 %.

8.3.6 Если вместимость поверяемой ТПУ не превышает суммарную вместимость эталонных мерников, измерения производят в следующей последовательности:

Открыты: К1, К2, К3, К4, К5, К6, К21, КЭ1.

а) С помощью регулятора Кр и индикатора расхода ТПР установить требуемый поверочный расход (Q_1, $м^3/ч$);

б) Выбирают необходимое для заполнения за один прогон поршня количество мерников. Мерники заполняют поочередно.

в) Открывают краны КВ на выбранных мерниках, краны К8, К22.

г) Производят пуск поршня ТПУ.

д) При подходе поршня к первому детектору (ориентировочно за 0,5 мин.) закрывают К5. При срабатывании первого детектора закрываются КЭ1, открывается КЭ2. Закрывают К21.

е) Начинается наполнение эталонных мерников. Основное наполнение производят, открыв краны К7, К9 – К14. Доливают мерники до отметки нулевого уровня (номинальной вместимости) при помощи кранов К22, К23 – К 29, закрыв К7, К9 – К14.

ж) При подходе поршня ко второму детектору закрывают К7. После замыкания второго детектора закрывается КЭ2 и автоматически открывается КЭ1 после этого сразу закрывают К22, К23 – К 29, КВ и открывают К5. Наполнение эталонных мерников прекращается, а поток поверочной жидкости через К5 поступает в ёмкость-хранилище Е8.

з) Через 1 мин. после наполнения эталонных мерников определяют объём поверочной жидкости в них. Показания снимают по нижнему краю мениска поверочной жидкости и далее, открывая сливные краны КС, опорожняют эталонные мерники.

и) Сливают воду из мерников и, выдержав 1 мин., закрывают все КС.

8.3.7 Если вместимость поверяемой ТПУ превышает суммарную вместимость эталонных мерников, то после наполнения эталонных мерников до отметки номинальной вместимости, поршень останавливают, закрывая К22. В это время насос Н1 работает «на себя». Определяют объём поверочной жидкости в мерниках.

8.3.8 Сливают воду из мерников. При опорожнении мерников важно выдержать время слива (после слива воды необходимо в течение 1 минуты выдержать сливные краны открытыми), чтобы каждый раз сливалось одинаковое количество воды. В этом случае мерник будет снова готов к заполнению, поскольку его на внутренних стенках всегда будет оставаться одинаковое количество воды в виде пленки.

8.3.9 Затем открывают К22 и снова наполняют эталонные мерники по 6.3.6 е). Последнее наполнение завершается при достижении поршнем второго по ходу движения детектора, по сигналу которого закрывается электромагнитный клапан КЭ2, а электромагнитный клапан КЭ1 открывается. После этого сразу закрывают К22, К23 – К 29, КВ и открывают К5. Поток поверочной жидкости через К5 поступает в ёмкость-хранилище Е8.

8.3.10 Если при наполнении какого-либо эталонного мерника уровень поверочной жидкости окажется ниже отметки номинальной вместимости, то с помощью мерного цилиндра доливают поверочную жидкость до отметки номинальной вместимости. В этом случае объём поверочной жидкости в эталонном мернике определяют вычитанием объёма долитой поверочной жидкости из номинальной вместимости эталонного мерника.

8.3.11 Если при наполнении какого-либо эталонного мерника уровень поверочной жидкости окажется выше отметки номинальной вместимости, то излишек поверочной

жидкости сливают в мерный цилиндр. В этом случае объём поверочной жидкости в эталонном мернике определяют суммированием объёма слитой в мерный цилиндр поверочной жидкости и номинальной вместимости эталонного мерника.

8.3.12 Если на горловине мерников имеются деления, нулевая отметка не имеет особого значения. Залить жидкость можно до любого уровня, записать уровень жидкости, а затем емкость мерников рассчитывается математически по отрицательным или положительным показаниям шкалы. Минус означает, что уровень воды находится ниже нулевой отметки, плюс означает, что уровень выше нулевой отметки на шкале.

8.3.13 При движении поршня показания термометров и манометров на входе и выходе ТПУ фиксируют за время заполнения каждого эталонного мерника.

8.3.14 Температуру поверочной жидкости в каждом из эталонных мерников определяют при помощи термометра, который погружают в струю поверочной жидкости при опорожнении мерников.

8.3.15 Операции измерений, описанные в п.п. 6.3.5 – 6.3.14, проводят не менее семи раз.

8.3.16 Если измерения производят после длительного перерыва (не менее 1 часа), то перед началом измерений и пуском поршня мерники предварительно смачивают. Для этого наливают воду в количестве, примерно равном вместимости ТПУ, сливают воду и выдерживают мерник в течение 2 мин.

9 Обработка результатов измерений

9.1 Вместимость ТПУ при стандартных условиях (t = 20 °С и $P_{изб}$ = 0 МПа) (V_0, м^3) определяют по формуле

$$V_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} V_{0i}}{n_i}, \qquad (1)$$

где V_{0i} - значение вместимости ТПУ при стандартных условиях при i-м измерении, м^3;

n_i - количество измерений при поверке ТПУ ($n_i \geq 7$).

9.2 Вместимость ТПУ при стандартных условиях при i-м измерении (V_{0i}, м^3) определяют по формуле

$$V_{0i} = \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{n_k} V_{0M\,ijk} \qquad (2)$$

где V_{0Mijk} - объём, м^3, поверочной жидкости в k-ом эталонном мернике при i-ом измерении и j-ом 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–ое измерение при поверке ТПУ;

n_k - количество мерников, используемых при j-ом наполнении мерников при поверке ТПУ.

$$V_{0M\,ijk} = V_{Mijk} \cdot CTDW_{ijk} \cdot \frac{CTS_{Mijk}}{CTS_{ПУijk}} \cdot \frac{1}{CPS_{ПУijk} \cdot CPL_{ПУijk}} \quad (3)$$

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

Если при наполнении эталонного мерника уровень поверочной жидкости окажется на уровне отметки номинальной вместимости, то

$$V_{M\,ijk} = V_{M\,н\,ijk} \quad (4)$$

где $V_{M\,н\,ijk}$ - номинальная вместимость k-го эталонного мерника (берется из свидетельства о поверке), $м^3$;

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

$$V_{M\,ijk} = V_{M\,н\,ijk} + \Delta V \quad (5)$$

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

При наличии шкалы на горловине мерника за ΔV принимаются отрицательные или положительные показания шкалы.

$CTDW_{ijk}$ – комбинированный коэффициент, учитывающий влияние разности температур в ТПУ и в k-ом эталонном мернике на объем жидкости, определенный для температуры жидкости в ТПУ и в k-ом эталонном мернике за время i-го измерения и j-го наполнения k-ого эталонного мерника. Вычисляется по формулам (6), (7);

$$CTDW_{ijk} = \frac{WD_{Mijk}}{WD_{ПУijk}} \quad (6)$$

где $WD_{M\,ijk}$, $WD_{ПУijk}$ - плотность воды, вычисленная по формуле (7) при температуре $t_{M\,ijk}$ и $t_{ПУ\,ijk}$ соответственно

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

$CPS_{ПУ\ ijk}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления жидкости на вместимость ТПУ при при i-ом измерении и j-ом наполнении k-ого эталонного мерника, вычисляемый по формуле (8);

$CTS_{ПУ\ ijk}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок ТПУ на вместимость ТПУ при при i-ом измерении и j-ом наполнении k-ого эталонного мерника, вычисляемый по формуле (9);

$$CPS_{ПУ\ jik} = 1 + 0{,}95 \cdot \frac{P_{ПУ\ jik} \cdot D}{E \cdot S}, \quad (8)$$

$$CTS_{ПУ\ jik} = 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot \left(t_{ПУ\ jik} - 20\right), \quad (9)$$

α_t – коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, 1/°С, определяемый по таблице Д.1 приложения Д;

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;

$CTS_{M\ ijk}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок k-ого эталонного мерника на вместимость мерника при при i-ом измерении и j-ом наполнении k-ого эталонного мерника, вычисляемый по формуле (10);

$$CTS_{M\ jik} = 1 + 3 \cdot \alpha_{t\,M} \cdot \left(t_{M\ jik} - 20\right), \quad (10)$$

α_{tM} – коэффициент линейного расширения материала стенок эталонных мерников, 1/°С, определяемый по таблице Д.1 приложения Д;

$CPL_{ПУ\ ijk}$ –коэффициент, учитывающий влияние давления на объем жидкости, определенный для давления жидкости в ТПУ за время i-го измерения и j-го наполнения k-ого эталонного мерника. Вычисляется по формуле (11) при давлении $P_{ПУ\ ijk}$;

$$CPL = \frac{1}{1 - F \cdot P} \quad (11)$$

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

$t_{ПУ\ ijk}$, $P_{ПУ\ ijk}$ – среднее значение температуры, °С, и давления, МПа, жидкости в ТПУ за время i-го измерения и j-го наполнения k-ого эталонного мерника, определяемые по формуле (9);

$t_{M\ ijk}$ – значение температуры поверочной жидкости в k-ом эталонном мернике, °С.

$$t_{ПУijk} = \frac{t_{вхijk} + t_{выхijk}}{2}, \qquad P_{ПУijk} = \frac{P_{вхijk} + P_{выхijk}}{2}, \tag{12}$$

где $t_{вх\ ijk}$, $t_{вых\ ijk}$ – температура поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ при i-ом измерении и j-ом наполнении k-ого эталонного мерника, °С;

$P_{вх\ ijk}$, $P_{вых\ ijk}$ – давление поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ при i-ом измерении и j-ом наполнении k-ого эталонного мерника, МПа.

9.3 Оценивают СКО случайной составляющей погрешности ТПУ (S, %) по формуле

$$S = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{i=1}^{n_j} (V_{0i} - V_0)^2} \cdot \frac{100}{V_0} \tag{13}$$

9.4 Проверяют выполнение условия

$$S \leq 0{,}015\ \% \tag{14}$$

9.5 Если условие (14) не выполнено, анализируют причины и выявляют промахи согласно приложению В настоящей инструкции. Допускается не более двух промахов из 11 измерений. В противном случае поверку прекращают.

9.6 После исключения промахов при необходимости количество измерений доводят до значения, указанного в 8.1.

9.7 Проводят повторное оценивание СКО по 8.3, 8.4.

9.8 При повторном невыполнении условия (14) поверку прекращают. Технологическую схему поверки и ТПУ освобождают от поверочной жидкости. ТПУ предъявляют на профилактический осмотр и ремонт.

9.9 При соблюдении условия (14) после выполнения операций по 8.3 или 8.7 проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

9.10 Вычисляют границы суммарной систематической составляющей погрешности ТПУ (неисключенной систематической погрешности) (Θ_Σ, %) по формуле

$$\Theta_\Sigma = k \cdot \sqrt{\Theta_м^2 + \Theta_t^2}, \tag{15}$$

где k – коэффициент зависимости неисключённых систематических составляющих погрешности от выбранной доверительной вероятности при их равномерном распределении, определяемый в соответствии с Г.1 приложения Г;

$\Theta_м$ – граница погрешности эталонного мерника, %, ($\Theta_м$ = 0,02 %);

Θ_t - граница составляющей неисключенной систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры, %, вычисляемая по формуле

$$\Theta_t = \beta \times \sqrt{\Delta t_{ПУ}^2 + \Delta t_М^2} \cdot 100, \tag{16}$$

где β - коэффициент объемного расширения жидкости, равный $2,6 \times 10^{-4}$ $^0C^{-1}$;

Δt_M, $\Delta t_{ПУ}$ - пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры (термометров) при измерении температуры в эталонных мерниках и ТПУ, °С.

Для преобразователей температуры или термометров с абсолютной погрешностью ± 0,2 °С принимают Θ_t =0,0074 %.

9.11 Вычисляют границы случайной составляющей погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ для доверительной вероятности Р = 0,99 (ε, %) по формуле

$$\varepsilon = t_{0,99} \cdot \frac{S}{\sqrt{n_i}}, \qquad (17)$$

где $t_{0,99}$ – квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности Р = 0,99 определяемый по таблице Г.1 приложения Г).

9.12 Относительную погрешность ТПУ (δ, %) определяют по формуле

$$\delta = Z \cdot \left[\Theta_\Sigma + \varepsilon\right] \quad \text{при} \quad 0,8 \le \Theta_\Sigma/S \le 8, \qquad (18)$$

$$\delta = \Theta_\Sigma \quad \text{при} \quad \Theta_\Sigma/S > 8,$$

где Z - коэффициент, зависящий от соотношения неисключенной систематической погрешности, вычисленной по формуле (15), и СКО случайной составляющей погрешности ТПУ, вычисленной по формуле (13), определяемый по таблице Г.2 приложения Г.

9.13 Результаты поверки ТПУ считают положительными, если выполняется следующее условие

$$\delta \le 0,05\ \% \text{ для ТПУ I-го разряда,} \qquad (19)$$

$$\delta \le 0,1\ \% \text{ для ТПУ II-го разряда.}$$

9.14 Проверка отсутствия протечек

9.14.1 Устанавливают значение расхода (Q_2, $м^3/ч$), выбранное для проверки отсутствия протечек в соответствии с таблицей 1. Производят три измерения ($n_{i\ прот} \ge 3$). Вместимость ТПУ ($V_{0\ прот}$, $м^3$) определяют по формулам (2) – (9).

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.

9.14.2 Относительное отклонение вместимости ТПУ при различных значениях расхода ($\delta_{прот}$, %) определяют по формуле

$$\delta_{прот} = \frac{V_{0\ прот} - V_0}{V_0} \cdot 100, \qquad (20)$$

9.14.3 Результаты проверки отсутствия протечек считают положительными, ели выполняются следующие условия

$$|\delta_{прот}| \leq (0{,}35 \cdot 0{,}05)\ \%\ \text{для ТПУ I-го разряда} \qquad (21)$$

$$|\delta_{прот}| \leq (0{,}35 \cdot 0{,}1)\ \%\ \text{для ТПУ II-го разряда}$$

Если условие (21) не соблюдается, то анализируют неудовлетворительные результаты:

- если $\delta_{прот} > 0$, то это свидетельствует о наличии протечек жидкости в ТПУ;

- если $\delta_{прот} < 0$, то это свидетельствует о допущенных при выполнении измерений ошибках.

После выявления причин возникновения неудовлетворительных результатов их устроняют и проводят повторную поверку ТПУ.

9.15 Определение относительного отклонения вместимости ТПУ от значения, полученного при предыдущей поверке

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

$$\delta_{00} = \frac{V_0 - V_{0пп}}{V_{0пп}} \cdot 100, \qquad (22)$$

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

9.15.2 Результаты считают положительными, если выполняется следующее условие

$$|\delta_{00}| \leq 0{,}05\ \%\ \text{для ТПУ I-го разряда}$$

$$|\delta_{00}| \leq 0{,}1\ \%\ \text{для ТПУ II-го разряда} \qquad (23)$$

$|\delta_{00}| \leq (0{,}6 \times 0{,}05)$ % для ТПУ I-го разряда со взаимозаменяемыми детекторами

$|\delta_{00}| \leq (0{,}6 \times 0{,}1)$ % для ТПУ II-го разряда со взаимозаменяемыми детекторами

При невыполнении условия (23) анализируют полученные результаты, устраняют причины их возникновения и проводят повторную поверку ТПУ.

9.16 Условия допуска ТПУ к применению

ТПУ допускают к применению в случае получения положительных результатов поверки.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки, измерений и вычислений вносят в протокол поверки (Приложение А)

10.2 При положительных результатах поверки ТПУ оформляют свидетельство согласно ПР 50.2.006, к которому прилагают протоколы поверки.

10.3 На оборотной стороне свидетельства указывают рабочий диапазон расхода и фактические значения относительной погрешности.

10.4 При отрицательных результатах поверки ТПУ к применению не допускают, свидетельство аннулируют и выдают извещение о непригодности с указанием причин согласно ПР 50.2.006.

Приложение А

(обязательное)

Форма протокола поверки трубопоршневой поверочной установки с помощью установки для поверки ТПУ на базе эталонных мерников ЭПУ

П Р О Т О К О Л № ____

поверки трубопоршневой поверочной установки с помощью установки для поверки ТПУ на базе эталонных мерников ЭПУ

Место проведения поверки: _____

ТПУ: Тип _____ Зав. № _____
М 1: Тип _____ Зав. № _____
М 2: Тип _____ Зав. № _____
…
М k: Тип _____ Зав. № _____

Рабочая жидкость _____

Таблица А.1 – Исходные данные

Θ_M, %	$\Delta t_{ПУ}$, °С	Δt_M, °С	D, мм	S, мм	E, МПа	α_t, °С	β, 1/°С	F, 1/МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Таблица А.2 – Результаты измерений и вычислений

Направление движения поршня, пара детекторов	№ изм / № заполн i/j	№ мерника k	$V_{M\,ijk}$, $м^3$	$t_{M\,ijk}$, ^0C	$t_{ПУ\,ijk}$, ^0C	$P_{ПУ\,ijk}$, МПа	$V_{0M\,ijk}$, $м^3$	$V_{0\,i}$, $м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Определение МХ								
	1/1	1						
		…	…	…	…	…	…	
		n_k						
…	…	…	…	…	…	…	…	
	$1/n_j$	1						
		…	…	…	…	…	…	
		n_k						
…	…	…	…	…	…	…	…	…
	$n_i/1$	1						
		…	…	…	…	…	…	
		n_k						
…	…	…	…	…	…	…	…	
	n_i/n_j	1						
		…	…	…	…	…	…	
		n_k						

Продолжение таблицы А.2

Проверка отсутствия протечек								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1/1	1						
		…	…	…	…	…	…	
		n_k						
…	…	…	…	…	…	…	…	
	$1/n_j$	1						
		…	…	…	…	…	…	
		n_k						
…	…	…	…	…	…	…	…	…
	3/1	1						
		…	…	…	…	…	…	
		n_k						
…	…	…	…	…	…	…	…	
	$3/n_j$	1						
		…	…	…	…	…	…	
		n_k						

Таблица А.3 – Результаты поверки

Направление движения поршня, пара детекторов	V_0, $м^3$	$S_,$ %	ε, %	Θ_Σ, %	δ, %	$\delta_{прот}$, %	δ_{00}, %
1	2	3	4	5	6	7	8
…	…	…	…	…	…	…	…

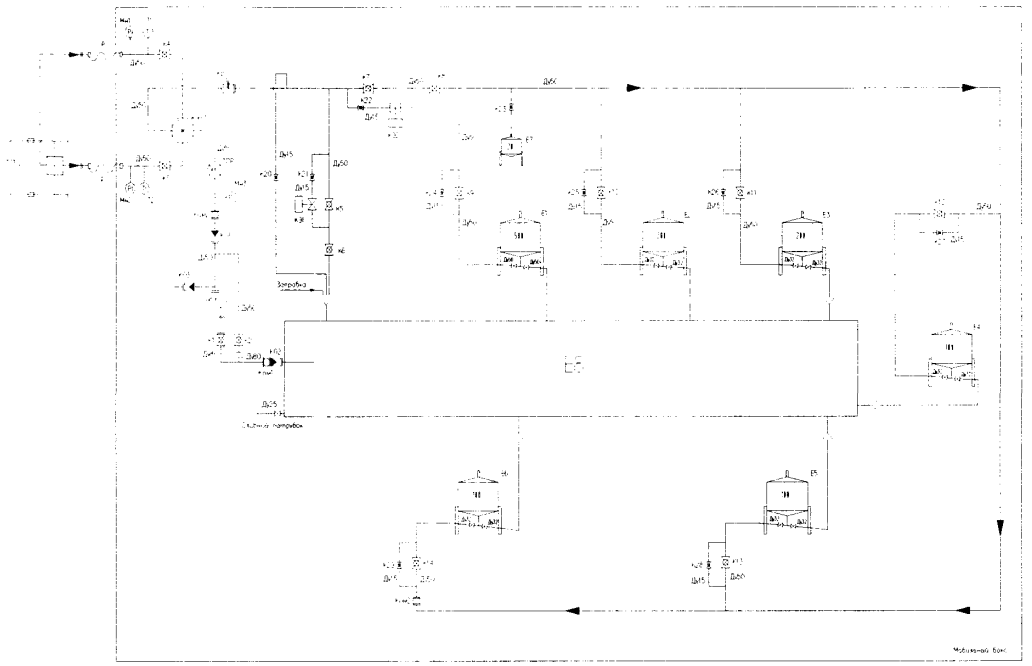
Заключение: ТПУ к дальнейшей эксплуатации_____
(годна, не годна)

Подпись лица, проводившего поверку_____
подпись И.О.Фамилия

Дата проведения поверки «____» _____ 20____ г.

Приложение Б

Схема поверки ТПУ с помощью поверочной установки на базе эталонных мерников



Е1 – Е7 – эталонные мерники 1 разряда;
Е8 – емкость-хранилище воды;
ТПР – расходомер-индикатор;
КЧ-1 – кран четырехходовой;
КЭ1, КЭ2 – клапан электромагнитный;
Кр – кран шаровой с затвором;
К2 – К14; К20 – К29 – кран приварной;

Н1 – насос;
КО1 – КО3 – клапан обратный;
Ком1, Ком2 – компенсатор антивибрационный;
Т1, Т2 – термометр лабораторный;
Мн1 – Мн3 – манометр;

Приложение В
Методика анализа результатов измерений и выявления промахов

Для выявления промахов выполняют следующие операции

В.1 Определяют СКО результатов определений вместимости ТПУ по формуле

$$S = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \cdot \sum_{i=1}^{n_i} (V_{0i} - V_0)^2} \qquad (B.1)$$

При $S \leq 0{,}001$ принимают $S = 0{,}001$.

В.2 Для каждого измерения вычисляют соотношение по формуле

$$U_i = \left| \frac{V_{0i} - V_0}{S} \right| \qquad (B.2)$$

В.3 Из ряда вычисленных значений U_i для точки расхода выбирают максимальное значение $U_{i\,max}$, которое сравнивают с величиной «h», взятой из таблицы для объема выборки «n_i».

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

n_i	5	6	7	8	9	10	11	12	13
h	1,764	1,973	2,139	2,274	2,387	2,482	2,564	2,636	2,699

Приложение Г

Определение значений коэффициента k, квантиля распределения Стьюдента ($t_{0,99}$) и коэффициента Z

Г.1 Значение коэффициента k определяют в соответствии с ГОСТ 8.207 или МИ 2083 при доверительной вероятности P=0,99.

Г.1.1 При числе суммирующих составляющих (неисключенных систематических погрешностей) в формуле (15) больше четырех (m > 4): k=1,4.

Г.1.2 Если m = 4, значение k определяют по графику зависимости k = f (m, l), приведенному на
рис. Г.1, где

$$l = \frac{\Theta_1}{\Theta_2} \qquad (Г.1)$$

где Θ_1 – составляющая (в формуле (15)), по значению наиболее отличающаяся от других;

Θ_2 – составляющая (в формуле (15)), ближайшая по значению к Θ_1.

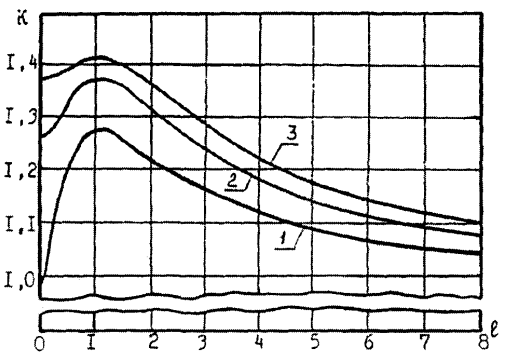


Рисунок Г.1 – График зависимости k = f (m, l)

Г.2 Значения квантиля Стьюдента при доверительной вероятности P=0,99 ($t_{0,99}$) определяют по таблице Г.1

Таблица Г.1 – Значения коэффициентов Стьюдента ($t_{0,99}$) при P= 0,99 по ГОСТ 8.207

n_j-1	5	6	7	8	9	10	12	14
$t_{0,99}$	4,032	3,707	2,998	3,355	3,250	3,169	3,055	2,977

Г.3 Значения коэффициента Z в зависимости от отношения θ_Σ/S при доверительной вероятности P=0,99 определяют по таблице Г.2

Таблица Г.2 – Значения коэффициента Z в зависимости от отношения θ_Σ/S при P=0,99 по МИ 2083

θ_Σ / S_j	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 Д

Определение коэффициентов расширения и модулей упругости материала стенок ТПУ и эталонных мерников

Д.1 Коэффициенты линейного расширения и модули упругости материала стенок ТПУ и эталонных мерников определяют по таблице Д.1.

Таблица Д.1 - Коэффициенты линейного расширения и модули упругости

Материал	α_t	**E**
	$^{o}C^{-1}$	**МПа**
Сталь углеродистая	$11{,}2 \cdot 10^{-6}$	$2{,}1 \cdot 10^{5}$
Сталь легированная	$11{,}0 \cdot 10^{-6}$	$2{,}0 \cdot 10^{5}$
Сталь нержавеющая	$16{,}6 \cdot 10^{-6}$	$1{,}0 \cdot 10^{5}$
Примечание – Если значения α_t и E приведены в паспорте ПУ, то используют паспортные значения.		

Библиография

[1] ПОТ Р М-016 ПОТ Р М-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-2000) Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.

gost.e-ecolog.ru