

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ НЕФТЕГАЗМЕТРОЛОГИЯ
(ООО «НГМ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по метрологии
ООО «Нефтегазметрология»

В.В. Проккоев

«21» июня 2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Установка поверочная передвижная УППР-5000

**Методика поверки
МП-002-2021**

Белгород
2021

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий документ распространяется на установку поверочную передвижную УППР-5000 (далее - установка), предназначенная для поверки объемным методом стальных троншейных резервуаров, в том числе, стальных горизонтальных резервуаров вместимостью до 5000 м³.

Прослеживаемость установки к Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256;

В методике поверки реализован следующий метод передачи единиц: метод косвенных измерений.

Интервал между поверками – не более одного года.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей методике использованы ссылки на следующие нормативные документы:

РМГ 29–2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. N 256 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости.

ГОСТ Р 8.736–2011 ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

ГОСТ 33–2016 Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определения кинематической и динамической вязкости.

ГОСТ 1756–2000 Нефтепродукты. Методы определения давления насыщенных паров.

ГОСТ 3900-85 Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности

Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510 Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.

МИ 3002–2006 ГСИ. Рекомендация. Правила пломбирования и клеймения средств измерений и оборудования, применяемых в составе систем измерений количества и показателей качества нефти и поверочных установок.

Р 50.2.076–2010 ГСИ. Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программа и таблицы приведения.

СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

Примечание – При пользовании настоящего документа следует в установленном порядке проверить действие нормативных документов, перечисленных в Разделе 2. Если нормативный документ заменен или частично изменен, то следует руководствоваться положениями заменяющего или частично заменяющего документа. Если нормативный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей методике приняты следующие термины, их определения и сокращения:

ГХ – градуировочная характеристика;

ИВК – измерительно-вычислительный комплекс, вычислитель расхода или измерительный контроллер, входящие в состав системы измерений, ТПУ, установленные стационарно или монтируемые и применяемые только во время поверки счетчиков;

МХ – метрологические характеристики;
 ПВ – прибор вторичный счетчика;
 ПП – преобразователь плотности;
 ПР – преобразователь объема и объемного расхода турбинный;
 ТПУ – трубопоршневая установка;
 Поверочная жидкость – вода, нефтепродукты;
 СИ – средство измерений;
 СКО – среднее квадратическое отклонение.

4 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

4.1 При проведении поверки выполняют операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операций	Номер пункта документа по поверке	Первичная поверка	Периодическая поверка
Внешний осмотр средства измерений	9	+	+
Опробование	10	+	+
Определение метрологических характеристик средства измерений	11	+	+
Обработка результатов измерений	12	+	+
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	13	+	+

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки и их метрологические характеристики

Средства поверки	Метрологические характеристики
ТПУ 1 разряда	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,05$ %
Преобразователи избыточного давления с унифицированным выходным сигналом	Пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5$ %
Термопреобразователи сопротивления с унифицированным выходным сигналом	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С
Манометры	Класс точности 0,6
Термометры ртутные стеклянные	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С
ИВК	Пределы допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования $\pm 0,025$ %
Преобразователь вязкости	Пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 1,0$ %
ПП	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,36$ кг/м ³

5.2 Используемые средства поверки должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке или знаки поверки.

5.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих

определение метрологических характеристик, поверяемых СИ с требуемой точностью, указанных в п.5.1.

6 ТРЕБОВАНИЯ(УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, определяемые следующими документами:

- Трудовой Кодекс Российской Федерации;
- Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 N 534 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности";
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей" (утверждены приказом № 6 Минэнерго РФ от 13.01.03 г.);
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ) потребителей" (6-е изд., 7-е изд.);
- правила безопасности при эксплуатации средств поверки, приведенные в эксплуатационной документации;
- инструкции по охране труда, действующие на объекте.

6.2 Наибольшее давление поверочной жидкости при поверке не должно превышать значения, указанного в эксплуатационной документации на оборудование и применяемые СИ. Использование элементов монтажа или шлангов, не прошедших гидравлические испытания, запрещается.

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

6.4 Освещенность в месте проведения поверки должна соответствовать санитарным нормам согласно СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением N 1).

6.5 Управление оборудованием и средствами поверки производят лица, прошедшие обучение и проверку знаний требований безопасности, и допущенные к обслуживанию установки.

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

7 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

7.1 При проведении поверки установки соблюдают следующие условия:

7.1.1 Отклонение объемного расхода поверочной жидкости от установленного значения в процессе поверки не должно превышать 2,5 %.

7.1.2 Изменение температуры поверочной жидкости в ТПУ и установке за время измерения не должно превышать 0,2 °С.

7.1.3 Содержание свободного газа не допускается.

7.1.4 Для обеспечения безкавитационной работы избыточное давление в трубопроводе после поверяемого счетчика, P_{min} , МПа, должно быть не менее вычисленного по формуле

$$P \geq 2 \cdot \Delta P_1 + 2,06 \cdot P_2 \quad (1)$$

где ΔP_1 – падение давления на счетчике, МПа, (из эксплуатационной документации счетчика);

P_2 – давление насыщенных паров в поверочной жидкости при максимальной ее температуре в процессе поверки, МПа. Для нефтепродуктов определяют согласно ГОСТ 1756, для воды и других жидкостей – на основании справочных данных.

7.2 Регулирование объемного расхода проводят при помощи регуляторов расхода,

расположенных на выходе ТПУ и (или) на измерительных линиях. Допускается вместо регуляторов расхода использовать запорную арматуру.

7.3 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- поверочная жидкость – вода, нефтепродукты;
- температура поверочной жидкости, °С (20 ± 10)
- температура окружающего воздуха, °С (20 ± 10)
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106
- относительная влажность, % от 30 до 90

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

8.1 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке или знаков поверки на все средства измерений из состава.

8.2 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке или знаков поверки на все средства поверки.

8.3 Подготавливают средства поверки согласно указаниям технической документации.

8.4 Вводят в память ИВК или проверяют введенные ранее данные, необходимые для обработки результатов поверки.

8.5 Установку подключают к ТПУ, устанавливая на измерительную линию.

8.6 Проверяют отсутствие газа в измерительной линии с установкой и ТПУ, а также в верхних точках трубопроводов. Для этого устанавливают объемный расход поверочной жидкости в пределах диапазона измерений поверяемого счетчика и приоткрывают краны, расположенные в высших точках измерительной линии и ТПУ. Проводят 1-3 раза запуск поршня, удаляя после каждого запуска газ. Считают, что газ (воздух) отсутствует полностью, если из кранов вытекает струя поверочной жидкости без газовых пузырьков.

8.7 При рабочем давлении проверяют герметичность системы, состоящей из установки и ТПУ. При этом не допускается появление капель или утечек поверочной жидкости через сальники, фланцевые, резьбовые или сварные соединения при наблюдении в течение 5 мин.

8.8 Проверяют герметичность задвижек, через которые возможны утечки поверочной жидкости, влияющие на результаты измерений при поверке.

8.9 Проверяют герметичность устройства пуска и приема поршня ТПУ в соответствии с технической документацией.

8.10 Проверяют стабильность температуры поверочной жидкости. Температуру поверочной жидкости считают стабильной, если ее изменение в ТПУ и в установке не превышает 0,2 °С за время измерения.

8.11 Определяют плотность поверочной жидкости за время поверки одним из следующих методов:

- с помощью поточного плотномера;
- в испытательной лаборатории либо расчетным методом по аттестованной методике (методу) выполнения измерений. Для нефти и нефтепродуктов – по ГОСТ 3900 с учетом Рекомендации по метрологии Р 50.2.076;

8.12 Определяют кинематическую вязкость поверочной жидкости за время поверки одним из следующих методов:

- с помощью поточного вискозиметра;
- в испытательной лаборатории либо расчетным методом по аттестованной методике (методу) выполнения измерений. Для нефтепродуктов – по ГОСТ 33.

9 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При внешнем осмотре устанавливают соответствие установки следующим требованиям:

- комплектность соответствует указанной в технической документации;
- отсутствуют механические повреждения и дефекты, препятствующие применению;
- надписи и обозначения на установке четкие и соответствуют требованиям технической документации.

10 ОПРОБОВАНИЕ

10.1 Опробование установки проводят совместно со средствами поверки.

10.2 Устанавливают объемный расход поверочной жидкости в пределах рабочего диапазона измерений расхода установки.

10.3 Частотный выход с установки заводят в ИВК непосредственно от турбинного преобразователя установки.

10.4 Наблюдают на дисплее ИВК значения следующих параметров:

- частоты выходного сигнала турбинного преобразователя расхода установки;
- объемного расхода поверочной жидкости;
- температуры и давления поверочной жидкости в поверяемом счетчике;
- температуры и давления поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ;
- кинематической вязкости поверочной жидкости (при наличии преобразователя вязкости);
- плотности, температуры и давления поверочной жидкости в ПП.

10.5 Запускают шар ТПУ. При срабатывании первого детектора наблюдают за началом отсчета импульсов выходного сигнала поверяемого счетчика, при срабатывании второго детектора – за окончанием отсчета импульсов. Для двунаправленных ТПУ проводят те же операции при движении поршня в обратном направлении.

11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

11.1 При поверке установки по каналу измерения объема жидкости в потоке определяют следующие МХ:

- коэффициенты преобразования установки в точках рабочего диапазона объемного расхода;
- границы относительной погрешности установки в точках рабочего диапазона объемного расхода.

11.2 Определение МХ установки проводят на двух кинематических вязкостях в точках рабочего диапазона объемного расхода, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Режимы поверки

№ режима	Вязкость измеряемой среды (сСт)	Значение расхода, м ³ /ч
1/1	от 0,7 до 4,0 включительно	28
1/2		102
1/3		176
1/4		250
2/1	от 4,0 до 8,0	28

2/2	включительно	102
2/3		176
2/4		250

В каждой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода для установки проводят не менее одиннадцати измерений.

Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

11.3 Для определения коэффициента преобразования установки устанавливают выбранное значение объемного расхода по показаниям установки и проводят предварительное измерение для уточнения значения установленного объемного расхода.

Запускают поршень ТПУ. При срабатывании второго детектора регистрируют время между срабатываниями первого и второго детекторов, количество импульсов выходного сигнала установки.

Объемный расход поверочной жидкости через установку вычисляют по формуле (9).

При необходимости проводят корректировку значения объемного расхода регулятором расхода или запорной арматурой

11.4 После стабилизации объемного расхода в соответствии с 7.1.1 и стабилизации температуры поверочной жидкости в соответствии с 7.1.2 проводят необходимое количество измерений.

Запускают поршень ТПУ. При срабатывании первого детектора ИВК начинает отсчет импульсов выходного сигнала поверяемого счетчика и времени, при срабатывании второго детектора – заканчивает.

Если количество импульсов выходного сигнала поверяемого счетчика за время между срабатываниями детекторов ПУ меньше 10000, то ИВК должен определять количество импульсов с долями.

Для определения средних значений за время измерения ИВК периодически фиксирует значения следующих параметров:

- температуры поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ;
- давления поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ;
- температуры поверочной жидкости в установке;
- давления поверочной жидкости в установке
- плотность поверочной жидкости, измеренную ПП;
- температуру поверочной жидкости в ПП;
- давление поверочной жидкости в ПП;
- кинематическую вязкость поверочной жидкости, измеренную преобразователем вязкости (при наличии преобразователя вязкости).

Перечень параметров допускается изменять в зависимости от алгоритмов, реализованных в ИВК.

При использовании термометров и манометров с визуальным отсчетом допускается фиксировать температуру и давление один раз за время измерения.

Для однонаправленной ТПУ прохождение поршня от одного детектора до другого принимают за одно измерение.

Если для двунаправленной ТПУ определена вместимость калиброванного участка как сумма вместимостей в обоих направлениях, то за одно измерение принимают движение поршня в прямом и обратном направлении, количество импульсов и время прохождения поршня в прямом и обратном направлениях суммируют.

Если для двунаправленной ТПУ определена вместимость калиброванного участка для каждого направления, то за одно измерение принимают движение поршня в каждом направлении.

При наличии у ТПУ двух и более пар детекторов допускается использовать две и

более пары детекторов.

11.5 Допускается проводить поверку в сокращенном объеме, на жидкости с кинематической вязкостью от 0,7 до 4,0 сСт включительно или на жидкости с кинематической вязкостью от 4,0 до 8,0 сСт.

11.6 Поверка в сокращенном объеме проводится на основании письменного заявления владельца установки на поверку, оформленного в произвольной форме с указанием диапазона кинематической вязкости.

11.7 Результаты измерений заносят в протокол. Рекомендуемая форма протокола поверки рабочего счетчика приведена в приложении А, контрольного счетчика – в приложении Б. Допускается в таблицах протокола удалять ненужные и добавлять необходимые столбцы и строки.

При заполнении протокола полученные результаты измерений и вычислений округляют в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Точность представления результатов измерений и вычислений

Параметр	Единица измерения	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр, не менее
Объем	м ³	–	6
Температура	°С	2	–
Давление	МПа	2	–
Плотность	кг/м ³	1	–
Кинематическая вязкость	мм ² /с	1	–
Количество импульсов	имп	–	5
Интервал времени	с	2	–
Погрешность, СКО	%	3	–
Коэффициент преобразования	имп/м ³	–	5
Коэффициент коррекции		5	–
Коэффициент объемного расширения	1/°С	6	–
Коэффициент сжимаемости	1/МПа	6	–

Примечание – если количество цифр в целой части числа больше рекомендованного количества значащих цифр, то число округляют до целого.

12 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

12.1 Объем жидкости, прошедшей через установку за время i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода V_{ji} , м³, вычисляют по формуле

$$V_{ji} = V_0 \cdot K_{t_{пуji}} \cdot K_{p_{пуji}} \cdot K_{t_{жji}} \cdot K_{p_{жji}} \quad (2)$$

где V_0 – вместимость калиброванного участка ТПУ при стандартных (базовых) условиях ($t = 15$ °С или 20 °С и $P_{изб} = 0$ МПа), м³. Значение берут из свидетельства о поверке или сертификата калибровки ТПУ;

$K_{t_{пуji}}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ТПУ при i -м измерении в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, который определяют по формуле (3);

$K_{p_{пуji}}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ТПУ при i -м измерении в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, который определяют по формуле (5). Вариант вычислений выбирают в соответствии с методикой, по которой была проведена поверка ТПУ;

$K_{t_{жji}}$ – коэффициент, учитывающий влияние разности температуры в ТПУ и

поверяемом счетчике на объем жидкости при i -м измерении в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, который определяют по формуле (7), при поверке на воде принимают равным 1;

$K_{ржji}$ – коэффициент, учитывающий влияние разности давления в ТПУ и поверяемом счетчике на объем жидкости при i -м измерении в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, который определяют по формуле (8), при поверке на воде принимают равным 1:

$$K_{тпу} = 1 + 3 \cdot \alpha_{тпу} \cdot (t_{пуji} - t_{0ji}) \quad (3)$$

где $\alpha_{тпу}$ – коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ТПУ, $1/^\circ\text{C}$. Значение берут из технической документации на ТПУ или определяют в соответствии с таблицей В.2 приложения В;

t_0 – значение температуры 15 или 20 $^\circ\text{C}$, соответствующее стандартным (базовым) условиям. Принимают в соответствии со свидетельством о поверке или сертификатом калибровки ТПУ;

$t_{пуji}$ – средняя температура жидкости в ТПУ за время i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, $^\circ\text{C}$. При применении ТПУ определяют по формуле

$$t_{пуji} = \frac{t_{вхпуji} + t_{выхпуji}}{2}, \quad (4)$$

где $t_{вхпуji}$, $t_{выхпуji}$ – температура поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ за время i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, $^\circ\text{C}$.

$$K_{рпуji} = \begin{cases} 1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot S} \cdot P_{пуji} \text{ вариант 1} \\ 1 + \frac{D}{E \cdot S} \cdot P_{пуji} \text{ вариант 2} \end{cases} \quad (5)$$

где D – внутренний диаметр калиброванного участка ТПУ (значение берут из технической документации на ТПУ), мм;

S – толщина стенок калиброванного участка ТПУ (значение берут из технической документации на ТПУ), мм;

E – модуль упругости материала стенок калиброванного участка ТПУ (значение берут из технической документации на ТПУ или определяют в соответствии с таблицей В.2 приложения В), МПа;

$P_{пуji}$ – среднее давление жидкости в ТПУ за время i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, МПа. При применении ТПУ определяют по формуле

$$P_{пуji} = \frac{P_{вхпуji} + P_{выхпуji}}{2}, \quad (6)$$

где $P_{вхпуji}$, $P_{выхпуji}$ – давление поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ за время i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, МПа.

$$K_{тжji} = 1 + \beta_{жji} \cdot (t_{счji} - t_{пуji}), \quad (7)$$

где $t_{счji}$ – температура жидкости в установке за время i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, $^\circ\text{C}$;

$\beta_{жji}$ – коэффициент объемного расширения жидкости для i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, $1/^\circ\text{C}$. Для нефти и нефтепродуктов определяют в соответствии с Р 50.2.076, для воды принимают равным $2,6 \cdot 10^{-4}$.

$$K_{ржji} = 1 + \gamma_{жji} \cdot (P_{пуji} - P_{счji}), \quad (8)$$

где $P_{счji}$ – давление жидкости в счетчике за время i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, МПа.

$\gamma_{жji}$ – коэффициент сжимаемости жидкости для i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, 1/МПа. Для нефти и нефтепродуктов определяют в соответствии с Р 50.2.076, для воды принимают равным $4,91 \cdot 10^{-4}$.

Вычисление объема жидкости, прошедшей через установку за время измерения, допускается проводить согласно алгоритму, реализованному в ИВК, прошедшему испытания для целей утверждения типа.

12.2 Объемный расход поверочной жидкости установку за время i -го измерения в j -й точке диапазона объемного расхода, Q_{ji} , м³/ч, вычисляют по формуле

$$Q_{ji} = \frac{V_{ji}}{T_{ji}} \cdot 3600, \quad (9)$$

где V_{ji} – объем жидкости, прошедший через установку за время i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, м³;

T_{ji} – время i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, с.

12.3 Объемный расход поверочной жидкости через установку в j -й точке диапазона объемного расхода, Q_j , м³/ч, вычисляют по формуле

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} Q_{ji}}{n_j}, \quad (10)$$

где n_j – количество измерений в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода.

12.4 Частоту выходного сигнала турбинного преобразователя расхода установки для i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, f_{ji} , Гц, вычисляют по формуле

$$f_{ji} = \frac{N_{ji}}{T_{ji}}, \quad (11)$$

где N_{ji} – количество импульсов от установки за время i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, имп.

12.5 Частоту выходного сигнала турбинного преобразователя расхода установки в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, f_j , Гц, вычисляют по формуле

$$f_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} f_{ji}}{n_j}, \quad (12)$$

12.6 Коэффициент преобразования установки для i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, K_{ji} , имп/м³, вычисляют по формуле

$$K_{ji} = \frac{N_{ji}}{V_{ji}}. \quad (13)$$

12.7 Коэффициент преобразования установки в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, K_j , имп/м³, вычисляют по формуле

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} K_{ji}}{n_j}. \quad (14)$$

12.8 Среднее значение кинематической вязкости поверочной жидкости за время

поверки, ν , мм²/с вычисляют по формуле

$$\nu = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_j} \nu_{ji}}{\sum_{j=1}^m n_j} & \text{при наличии преобразователя вязкости} \\ \frac{\nu_n + \nu_k}{2} & \text{при отсутствии преобразователя вязкости} \end{cases} \quad (15)$$

где ν_{ji} – кинематическая вязкость поверочной жидкости для i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, мм²/с;

ν_n, ν_k – кинематическая вязкость поверочной жидкости, определенная в испытательной лаборатории в начале и в конце поверки соответственно, мм²/с.

12.9 СКО результатов измерений в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, S_j , %, определяют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ji} - K_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_j} \cdot 100 \quad (16)$$

12.10 Проверяют выполнение условия:

$$S_j \leq S_{j\text{доп}} \quad (17)$$

где $S_{j\text{доп}}$ – предельно допускаемое значение СКО равно 0,02, %.

12.11 При выполнении условия (17) продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении условия (17) выявляют наличие промахов в полученных результатах измерений, согласно приложения Б. Выявленный промах исключают и проводят дополнительное измерение.

При отсутствии промахов выявляют и устраняют причины, вызвавшие невыполнение условия (17) и повторно выполняют измерения.

12.12 СКО среднего значения результатов измерений в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, S_{0j} , %, определяют по формуле

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}} \quad (18)$$

12.13 СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне объемного расхода, S_0 , %, определяют по формуле

$$S_0 = \max(S_{0j}) \quad (19)$$

12.14 Границу случайной погрешности турбинного преобразователя расхода установки в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода при доверительной вероятности $P=0,95$, ε_j , %, вычисляют по формуле

$$\varepsilon_j = t_{0,95j} \cdot S_{0j}, \quad (20)$$

где $t_{0,95j}$ – квантиль распределения Стьюдента для количества измерений n_j (определяют по таблице В.1 приложения В).

12.15 Границу неисключенной систематической погрешности поверяемого счетчика, использующегося в качестве контрольного, в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, $\theta_{\Sigma j}$, %, определяют по формуле

$$\theta_{\Sigma j} = 1,1 \cdot \sqrt{\theta_{\Sigma 0}^2 + \theta_{V_0}^2 + \theta_{\tau}^2 + \theta_{\text{НВК}}^2 + \theta_{\text{ПВ}}^2} \quad (21)$$

- где $\theta_{\Sigma 0}$ – граница суммарной неисключенной систематической погрешности ТПУ, %. Значение берут из свидетельства о поверке или сертификата калибровки ТПУ;
- $\theta_{\nu 0}$ – граница неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ, %; Значение берут из свидетельства о поверке или сертификата калибровки ТПУ. Для ТПУ с двумя и более парами детекторов берут наибольшее значение (из числа использующихся при поверке).
- $\theta_{\text{ИВК}}$ – предел допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования ИВК (средства поверки), %. Значение берут из свидетельства или протокола поверки ИВК;
- $\theta_{\text{ПВ}}$ – предел допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение объема рабочей среды ПВ, %. Значение берут из свидетельства или протокола поверки ПВ. Значение принимают равным нулю в случае если в состав счетчика ПВ не входит;
- θ_t – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью СИ температуры при измерениях температуры жидкости в ТПУ и поверяемом счетчике, %. Определяют по формуле

$$\theta_t = \beta_{\text{ж max}} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{\text{пу}}^2 + \Delta t_{\text{сч}}^2} \quad (22)$$

- где $\Delta t_{\text{пу}}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности СИ температуры, установленных в ТПУ, °С. Значение берут из свидетельства о поверке СИ температуры;
- $\Delta t_{\text{сч}}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности СИ температуры, установленного около поверяемого счетчика, °С. Значение берут из свидетельства о поверке СИ температуры;
- $\beta_{\text{ж max}}$ – максимальное значение коэффициента объемного расширения поверочной жидкости за время поверки, 1/°С, которое определяют по формуле

$$\beta_{\text{ж max}} = \max(\beta_{\text{ж ij}}) \quad (23)$$

12.16 Границу относительной погрешности поверяемого счетчика, использующегося в качестве контрольного, в j-й дискретной рабочей точке объемного расхода, δ_j , %, определяют по формулам

$$\delta_j = \begin{cases} \varepsilon_j & \text{если } \frac{\sigma_{\Sigma j}}{s_{0j}} < 0,8 \\ t_{\Sigma j} \cdot S_{\Sigma j} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\sigma_{\Sigma j}}{s_{0j}} \leq 8 \\ \theta_{\Sigma j} & \text{если } \frac{\sigma_{\Sigma j}}{s_{0j}} > 8 \end{cases}, \quad (24)$$

- где $S_{\Sigma j}$ – суммарное СКО результатов измерений в j-й дискретной рабочей точке объемного расхода, %, которое определяют по формуле

$$S_{\Sigma j} = \sqrt{S_{\theta j}^2 + S_{0j}^2}, \quad (25)$$

- где $S_{\theta j}$ – СКО суммы неисключенных систематических погрешностей в j-й дискретной рабочей точке объемного расхода, %, которое определяют по формуле

$$S_{\sigma j} = \sqrt{\frac{\sigma_{\dot{V}_0}^2 + \sigma_{\dot{V}_0}^2 + \sigma_{\dot{V}_1}^2 + \sigma_{\text{ИВК}}^2 + \sigma_{\text{ПВ}}^2}{3}} \quad (26)$$

$t_{\Sigma j}$ – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей, который определяют по формуле

$$t_{\Sigma} = \frac{s_j + \theta_{\Sigma j}}{S_{\sigma j} + S_{\theta j}} \quad (27)$$

12.17 Проверяют выполнение условий

$$\delta_j \leq \delta_{\text{доп}} \quad (28)$$

где $\delta_{\text{доп}}$ – предел допускаемой относительной погрешности в дискретной рабочей точке объемного расхода в соответствии с описанием типа турбинного преобразователя расхода установки, равный 0,1 %.

Если условия (28) не выполняются, то рекомендуется:

- увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона объемного расхода;
- уменьшить рабочий диапазон объемного расхода.

При повторном невыполнении условий (28) поверку прекращают.

12.18 Пределы допускаемой относительной погрешности установки при измерении объема жидкости в потоке в дискретной рабочей точке объемного расхода, %, вычисляют по формуле

$$\delta_v = \sqrt{\delta_{\text{пр}}^2 + \delta_{\text{чк}}^2} \quad (29)$$

где $\delta_{\text{пр}}$ – значение относительной погрешности преобразователя расхода турбинного PNF-100 в дискретной рабочей точке объемного расхода равно $\pm 0,1$ %;

$\delta_{\text{чк}}$ – значение относительной погрешности прибора вторичного многофункционального (теплоэнергоконтроллера) ИМ 2300 при измерении количества импульсов, равно $\pm 0,1$ %.

Должно выполняться условие $\delta_v \leq 0,15$ %.

13 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Результаты поверки поверки считают положительными, если метрологические характеристики соответствуют требованиям, указанным в таблице 5.

Таблица 5 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Дискретные рабочие точки объемного расхода, в которых обеспечивается нормированное значение относительной погрешности установки, м ³ /ч	28±2,5%; 102±2,5%; 176±2,5%; 250±2,5%
Пределы допускаемой относительной погрешности установки при измерении объема жидкости в потоке в дискретных рабочих точках объемного расхода, %, не более	в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 №256

При положительных результатах поверки установки считают соответствующей:

- рабочему эталону 2 разряда единиц объема и объемного расхода жидкости в потоке в соответствии с ГПС (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 №256;

14 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

14.1 Результаты поверки установки оформляют протоколом в двух экземплярах по форме, приведенной в приложении А.

При оформлении протоколов средствами вычислительной техники или вручную допускается формы протоколов представлять в измененном виде.

14.2 При положительных результатах поверки счетчика оформляют свидетельство о поверке по установленной форме в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510 Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.

В свидетельстве указывают точки объемного расхода и пределы допускаемой относительной погрешности в дискретных рабочих точках объемного расхода.

14.3 При выполнении поверки в сокращенном объеме в свидетельстве указывают диапазон кинематической вязкости, в котором проводилась поверка.

14.4 Протокол поверки является обязательным приложением к свидетельству о поверке.

14.5 При отрицательных результатах поверки установку к эксплуатации не допускают, действующее свидетельство о предыдущей поверке аннулируют и оформляют извещение о непригодности в соответствии Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510.

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки установки поверочной передвижной УППР-5000

ПРОТОКОЛ № _____

поверки установки поверочной передвижной УППР-5000 с помощью ТПУ

Место проведения поверки: _____

Установки поверочной передвижной УППР-5000 Зав. № _____

ТПУ: Тип _____ Зав. № _____

ИВК: Тип _____ Зав. № _____

Поверочная жидкость _____ Вязкость, мм²/с, _____

Таблица 1 – Исходные данные

Детекторы	V_0 , м ³	D, мм	S, мм	E, МПа	$\alpha_{ТПУ}$, 1/°C	$\theta_{\Sigma 0}$, %	θ_{V0} , %
1	2	3	4	5	6	7	8

Окончание таблицы 1

$\Delta t_{ТПУ}$, °C	$\Delta t_{сч}$, °C	$\theta_{ИВК}$, %	$\theta_{ПВ}$, %
9	10	11	12

Таблица 2 – Результаты измерений и вычислений

№ точ / № изм	Q_{ji} , м ³ /ч	Детекторы	T_{ji} , с	$t_{пуji}$, °C	$P_{пуji}$, МПа	$\rho_{пуji}$, кг/м ³	$t_{пвji}$, °C
1	2	3	4	5	6	7	8
1/1							
...
1/n ₁							
...
m/1							
...
m/n _m							

Окончание таблицы 2

№ точ./ № изм.	$P_{пвji}$, МПа	$\beta_{жji}$, 1/°C	$\gamma_{жji}$, 1/МПа	$t_{счji}$, °C	$P_{счji}$, МПа	f_{ji} , Гц	N_{ji} , имп	K_{ji} , имп/м ³
1	9	10	11	12	13	14	15	16
1/1								
...
1/n ₁								
...
m/1								
...
m/n _m								

Таблица 3 – Результаты поверки в точках рабочего диапазона

№ точ.	Q_j , м ³ /ч	f_j , Гц	K_j , имп/м ³	S_j , %	n_j	S_{0j} , %	$t_{0,95j}$	ϵ_j , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
...
m								

Продолжение Таблицы 3 – Результаты поверки в точках рабочего диапазона

$Q_{мин}$, м ³ /ч	$Q_{маж}$, м ³ /ч	S_0 , %	ϵ , %	θ_{τ} , %	θ_{Σ} , %	δ , %	δ_V , %
1	2	3	4	5	6	7	8

Заключение: установка к дальнейшей эксплуатации _____
(годен, не годен)

Подпись лица, проводившего поверку _____ / _____
подпись И. О. Фамилия

Дата проведения поверки " ____ " _____ 20 ____ г.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Методика анализа результатов измерений на наличие промахов

Проверку результатов измерений на один промах по критерию Граббса при определении метрологических характеристик выполняют в следующей последовательности.

Определяют СКО результатов измерений в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, S_{Kj} по формуле

$$S_{Kj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_i - K_j)^2}{n_j - 1}} \quad (\text{Б.1})$$

- где K_{ji} – коэффициент преобразования поверяемого счетчика для i -го измерения в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, имп/м^3 ;
 K_j – коэффициент преобразования поверяемого счетчика в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода, имп/м^3 ;
 n_j – количество измерений в j -й дискретной рабочей точке объемного расхода.

Примечание: При $S_{Kj} < 0,001$ принимают $S_{Kj} = 0,001$.

Определяют наиболее выделяющееся соотношение U

$$U = \max \left(\left| \frac{K_i - K_j}{S_{Kj}} \right| \right) \quad (\text{Б.2})$$

Если значение U больше или равно значению h , взятому из таблицы Б.1, то результат измерения должен быть исключен как промах.

Таблица Б.1 – Критические значения для критерия Граббса

п	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
h	1,155	1,481	1,715	1,887	2,020	2,126	2,215	2,290	2,355	2,412

Приложение В (справочное)

Справочные материалы

В.1 Квантиль распределения Стьюдента

Значения квантиля распределения Стьюдента $t_{0,95}$ при доверительной вероятности $P=0,95$ в зависимости от количества измерений приведены в таблице В.1.

Таблица В.1

n-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$t_{0,95}$	12,706	4,303	3,182	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,201

В.2 Коэффициенты линейного расширения и модули упругости

Значения коэффициентов линейного расширения и модули упругости материалов стенок калиброванного участка ТПУ, материала планки крепления детекторов в зависимости от материала приведены в таблице В.2.

Таблица В.2

Материал	$\alpha_t, 1/^\circ\text{C}$	E, МПа
Сталь углеродистая	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$2,07 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 304	$1,73 \cdot 10^{-5}$	$1,93 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 316	$1,59 \cdot 10^{-5}$	$1,93 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 17-4	$1,08 \cdot 10^{-5}$	$1,97 \cdot 10^5$
Инвар	$1,44 \cdot 10^{-6}$	-