

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
(ФГУП «ВНИИМС»)**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



Н.В. Иванникова

« 14 » января 2020 г.

СЧЕТЧИКИ-РАСХОДОМЕРЫ МАССОВЫЕ

ЭЛМЕТРО-Фломак

Методика поверки

3124.0000.00-01 МП

с изменением №1

Настоящая методика распространяется на счетчики-расходомеры массовые «ЭЛМЕТРО-Фломак» изготавливаемые по ТУ 4213-025-99278829-2011 (далее – расходомеры), предназначенные для измерения массового и объемного расхода, массы, объема, плотности и температуры жидкости и газа.

Методика применима к первичной (перед вводом в эксплуатацию и после ремонта) и периодической поверкам.

Интервал между поверками четыре года.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.1

Таблица 1.1 (Измененная редакция. Изм. №1)

| Наименование операций | Номер пункта методики |
|---|-----------------------|
| Внешний осмотр | 6 |
| Опробование | 7.1 |
| Проверка соответствия программного обеспечения | 7.2 |
| Определение основной относительной погрешности при измерении массы (объема) и массового (объемного) расхода | 8.1 |
| Определение абсолютной погрешности при измерении температуры | 8.2 |
| Определение основной абсолютной погрешности при измерении плотности | 8.3 |
| Определение относительной погрешности преобразования цифрового значения измеряемого параметра в частотно-импульсный выходной сигнал. Выполняется только при определении основной относительной погрешности при измерении массы (объема) и массового (объемного) расхода весовым методом (п.8.1.15) с определением массы жидкости, прошедшей через расходомер, по показаниям встроенного сумматора | 8.5 |
| Определение абсолютной погрешности преобразования цифрового значения измеряемого параметра в токовый выходной сигнал (только при наличии токового выходного сигнала) | 8.6 |
| Оформление результатов поверки | 9 |

1.2 В соответствии с п.16 и п.18 приказа Минпромторга России №1815 от 2 июля 2015 г., на основании письменного заявления владельца СИ, периодическую поверку расходомеров допускается проводить только в части применяемых при эксплуатации измеряемых величин и применяемых при эксплуатации выходных сигналов. Если при эксплуатации расходомер применяется для измерения объема или объемного расхода, то в дополнение к п.8.1. требуется выполнить п.8.3. настоящей методики.

Объем проведенной поверки указывается в свидетельстве о поверке и (или) в паспорте.

1.2 (Введен дополнительно. Изм. №1)

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки расходомеров применяются средства, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 (Измененная редакция. Изм. №1)

| Наименование образцового средства измерений или вспомогательного средства поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к средствам поверки; метрологические и технические характеристики | Номер пункта методики |
|--|-----------------------|
| Установка поверочная автоматизированная УПСЖМ с диапазоном расходов, соответствующих диапазону расходов поверяемого расходомера ¹ . Диапазон расходов: от 3 до 1000 м ³ /ч. Пределы допускаемой относительной погрешности установки при измерении массы весовым устройством: ± 0,055 % | 8.1.12, 8.1.13 |
| Установка расходомерная поверочная РУ с диапазоном расходов, соответствующих диапазону расходов поверяемого расходомера ¹ . Диапазон воспроизводимых и измеряемых расходов: от 0,1 до 200 м ³ /ч. Относительная погрешность при измерении массы (массового расхода), объема (объемного расхода) методом статического взвешивания: ± 0,05 % | 8.1.11, 8.1.12 |
| Установка трубопоршневая поверочная (далее – ТПУ) стационарная «ОЗНА-Прувер С-0,05». Диапазон расходов: от 5 до 1100 м ³ /ч. Предел допускаемой относительной погрешности: ± 0,05 % | 8.1.14 |
| Преобразователь плотности жидкости измерительный (далее – ПП) модель CDM100P. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности: ± 0,1 кг/м ³ (в диапазоне от 300 до 1300 кг/м ³) | 8.1.13, 8.1.14, 8.3 |
| Весы лабораторные СПВ-120, класс точности высокий по ГОСТ 24104-2001. Наименьший предел взвешивания (НмПВ): 100 г. Наибольший предел взвешивания (НПВ): 120 кг. Пределы допускаемой абсолютной погрешности: - от НмПВ до 50 кг включительно: ± 0,010 кг. - свыше 50 кг до НПВ включительно: ± 0,014 кг | 8.1.15 |
| Счетчик импульсов Овен СИ-8, частота следования импульсов до 8 кГц, предел допустимой погрешности ± 1 импульс | 8.1.15 |
| Устройство обработки информации (далее контроллер-вычислитель) OMNI, обеспечивающее прием и обработку сигналов: - датчика температуры (далее ДТ), с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ± 0,03 °С; - датчика давления (далее ДД) с пределами допускаемой относительной погрешности не более ± 0,025 %; - ПП с относительной погрешностью не более ± 0,025 %; - массового расхода с импульсного выхода поверяемого расходомера за одно измерение ² с погрешностью не более ± 1 импульс за один проход поршня | 8.1.14 |
| Ареометр общего назначения АОН-5 (ГОСТ-18481-81), диапазон измерения: 930-1000 кг/м ³ , 1000-1070 кг/м ³ , пределы допускаемой абсолютной погрешности: ± 0,5 кг/м ³ | 8.1.13, 8.1.14, 8.3 |
| Ареометр стеклянный BS 718 L50SP, диапазон измерения: 700-1100 кг/м ³ , | 8.1.13, 8.1.14, 8.3 |

| | |
|---|---------------------|
| пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,3 \text{ кг/м}^3$ | |
| Измеритель плотности жидкостный вибрационный ВИП-2МР, диапазон измерения: от 600 до 2000 кг/м^3 , пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,1 \text{ кг/м}^3$ | 8.1.13, 8.1.14, 8.3 |
| Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 2. Диапазон измерений температуры: от минус 20 до 60 °С. Диапазон измерений относительной влажности: от 0 до 99 %. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности: при измерении влажности: $\pm 2 \%$, при измерении температуры: $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{С}$ | 4 |
| Термопреобразователь сопротивления платиновый ТСР Метран-206. НСХ 100П по ГОСТ 6651-2009, класс допуска А | 8.2 |
| Калибратор многофункциональный портативный Метран 510-ПКМ-А. Погрешность измерений сигналов от термопреобразователей сопротивления с НСХ 100П по ГОСТ 6651-2009: $\pm (0,04 + 0,75 \cdot 10^{-4} \cdot \text{ИВ} + 1 \text{ ед.м.р.})$, диапазон измерений силы постоянного тока: 0..22 мА, погрешность измерений тока: $\pm (0,75 \cdot 10^{-4} \cdot \text{ИВ} + 1 \text{ мкА})$, где ИВ – измеряемая величина | 8.2, 8.6 |
| Многофункциональный калибратор Beamex MC2-R. Диапазон измерений частоты: 0,0028 ... 50000 Гц, пределы относительной погрешности при измерении частоты: $\pm 0,01 \%$ | 8.5 |
| <p>Примечания:</p> <p>¹ – для расходомеров типоразмеров Ду80 и выше допускается поверка на проливочной, весовой и трубопоршневой установках с диапазоном расхода, меньшим максимального для данного расходомера (пояснение в примечании к п. 8.1.7).</p> <p>² – в качестве одного измерения принимают:</p> <ul style="list-style-type: none"> - для однонаправленных ТПУ: прохождение поршнем калиброванного участка от детектора «пуск» до детектора «стоп»; - для двунаправленных ТПУ: прохождение поршнем калиброванного участка от детектора «пуск» до детектора «стоп» и обратно при установленном значении поверочного расхода; - для компакт-пруверов: заданное (задаваемое) количество единичных проходов поршнем калиброванного участка от детектора «пуск» до детектора «стоп» при установленном значении поверочного расхода. <p>При определении метрологических характеристик счетчиков-расходомеров по п.8.1 применяются средства поверки, указанные в нормативных документах, приведенных в таблице 8.1.</p> <p>Допускается применение аналогичных средств измерений и вспомогательного оборудования, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых расходомеров с требуемой точностью.</p> | |

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

Монтаж и демонтаж расходомера на поверочной установке должен производиться согласно руководству по эксплуатации на расходомер 3124.0000.00 РЭ (далее РЭ) и руководству по эксплуатации на поверочную установку.

Заземление должно выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.007.0-75

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны выдерживаться условия, изложенные в таблице 4.1.

Таблица 4.1

| Условия проведения поверки | Параметр |
|---|--|
| Температура окружающего воздуха, °С | 23±6 |
| Относительная влажность, % | 10-80 |
| Поверочная среда при измерении массы | водопроводная вода, керосин, нефть, бензин, дизтопливо, минеральное масло и т.п. |
| Температура жидкости, °С | 23±6 |
| Напряжение питания, В | 24..42 |
| Внешние магнитные поля и вибрации | отсутствуют |
| Изменения массового расхода жидкости в процессе поверки должны находиться в пределах, % | ± 2,5 |
| Изменения температуры поверяемой жидкости за время одного измерения при поверке массового расхода должны находиться в пределах, °С: - при поверке на ПВУ, весовым методом или на ПТУ сличением с массовым расходомером - при поверке объемным методом (в том числе ТПУ) | ± 2 ± 0,2 |

Примечание: При поверке расходомера на месте эксплуатации значение температуры измеряемой среды, температуры окружающего воздуха, влажности окружающего воздуха должны соответствовать условиям эксплуатации, указанным в паспорте на расходомер. При этом пределы допускаемой погрешности определяются с учётом допускаемой дополнительной погрешности (по данным паспорта на поверяемый расходомер).

4.2 При определении метрологических характеристик счетчика-расходомера в соответствии с методиками поверки, указанными в таблице 8.1, должны быть соблюдены условия поверки, указанные в соответствующей методике.

4.2. (Введен дополнительно. Изм. №1)

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1 Перед проведением поверки расходомера выполнить следующие работы:

- расходомер необходимо проверить на работоспособность согласно требованиям РЭ;
- перед выполнением измерений должна быть выполнена процедура установки «нуля» согласно РЭ на расходомер;
- поверочная установка должна быть проверена на работоспособность согласно «Инструкции по эксплуатации» на нее;
- весы и счетчик импульсов должны быть проверены на работоспособность согласно их «Инструкциям по эксплуатации».

Все средства измерений, участвующие в поверке, должны иметь действующие свидетельства о поверке (аттестации) или оттиски поверительных клейм.

Частотно-импульсный выход расходомера настроить на частотный режим. В настройках выхода установить ВПИ в соответствии с таблицей А.1 или А.2 и максимальную частоту равной максимальной частоте входного сигнала поверочной установки.

5.2 При определении метрологических характеристик счетчика-расходомера в соответствии с методиками поверки, указанными в таблице 8.1, должны быть выполнены работы, указанные в соответствующей методике.

5.2. (Введен дополнительно. Изм. №1)

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие комплектности и маркировки расходомера требованиям документации предприятия-изготовителя;
- отсутствие видимых механических повреждений и дефектов, препятствующих применению расходомера и проведению поверки.

7 ОПРОБОВАНИЕ

7.1 При опробовании расходомера проверяется его работоспособность на поверочной установке или иным способом. При опробовании необходимо:

- убедиться, что при отсутствии потока жидкости через расходомер показания расходомера по частотно-импульсному сигналу и локальному операторскому интерфейсу или цифровому выходу ориентировочно соответствуют нулевому значению расхода;
- убедиться, что при увеличении расхода показания расходомера пропорционально увеличиваются по частотно-импульсному сигналу и локальному операторскому интерфейсу или цифровому выходу.

Опробование поверочных установок и другого оборудования выполняется согласно указаниям их инструкций по эксплуатации.

7.2 Проверка соответствия программного обеспечения

Проверку соответствия программного обеспечения (ПО) производить путём проверки идентификационных данных встроенного ПО в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации на расходомер. Информация о версии и контрольной сумме встроенного ПО расходомера доступна через экранное меню расходомера.

Номер версии ПО имеет структуру X.Y.Z (где X, Y, Z – десятичные числа):

X – номер версии метрологически значимой части ПО;

Y – номер версии метрологически незначимой части ПО, определяющей интерфейс взаимодействия с пользователем;

Z – вспомогательный идентификационный номер, для устранения ошибок и неточностей метрологически незначимой части ПО.

Идентификационные данные встроенного ПО приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

| Наименование ПО | Идентификационное наименование ПО | Номер версии (идентификационный номер) ПО | Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма метрологически значимой части кода) | Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО |
|-----------------|-----------------------------------|---|--|---|
| ПО ЭП | - | 4.Y.Z | 0xFB3F | CRC16 |

Результат проверки считают положительным, если номер версии и контрольная сумма метрологически значимой части ПО соответствует таблице 7.1.

8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСХОДОМЕРА

8.1 Определение относительной погрешности измерения массы (объема) и массового (объемного) расхода выполняется в соответствии с одним из документов, указанных в таблице 8.1,

Таблица 8.1 – Методики поверки (Введена дополнительно. Изм №1)

| Шифр документа | Название документа |
|----------------|---|
| МИ 3272-2010 | МИ 3272-2010 «ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации компакт пружером в комплекте с турбинным преобразователем расхода и поточным преобразователем плотности» |
| МИ 3151-2008 | МИ 3151-2008 «ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой, в комплекте с поточным преобразователем плотности» |
| МИ 3313-2011 | МИ 3313-2011 «ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые. Методика поверки с помощью эталонного счетчика-расходомера массового» |

либо с помощью одного из методов, изложенных в п.8.1.1 .

8.1 (Измененная редакция. Изм. №1)

8.1.1 Поверка расходомеров производится по одному из следующих методов:

- на поверочной расходомерной установке (далее – ППУ) методом сличения с эталонным массовым расходомером или эталонным расходомером, измеряющим объем и эталонным плотномером (п. 8.1.11);
- на поверочной весовой установке, далее – ПВУ (п. 8.1.12), или весовым методом (п. 8.1.15);
- на поверочной расходомерной установке комплектом мерных емкостей и образцовым ареометром или другим СИ плотности (п. 8.1.13);
- на трубопоршневой установке (прувером, компакт-прувером) в комплекте с проточным преобразователем плотности (п. 8.1.14).

8.1.2 Перед выполнением поверки определяют пределы допускаемой погрешности метода измерений эталонного расхода (массы) δ_{Σ} по одной из следующих формул:

1) при поверке на ППУ методом сличения с эталонным массовым расходомером или объёмным расходомером и поточным плотномером или при поверке на поверочной весовой установке или при поверке весовым методом:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_{\text{Массы}}, \quad (8.1)$$

где $\delta_{\text{Массы}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности определения массы поверочной жидкости, прошедшей через поверяемый расходомер по показаниям проливочной установки или весового устройства;

2) при поверке на ППУ методом сличения с эталонным объёмным расходомером и эталонным плотномером (или ареометром), для которого берётся проба жидкости или при поверке комплектом мерных емкостей и образцовым ареометром:

$$\delta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{Об}}^2 + \delta_{\text{Пл}}^2 + \theta_t^2}, \quad (8.2)$$

где $\delta_{\text{Об}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности измерений объёма с применением мерных ёмкостей или по показаниям ППУ;

$\delta_{\text{Пл}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности измерений плотности среды плотномером или ареометром;

θ_t – дополнительная составляющая систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры рабочей жидкости в ППУ;

$$\theta_t = \beta_{\text{ж}} \times \Delta t_{\text{ППУ}}, \quad (8.3)$$

где $\beta_{\text{ж}}$ – коэффициент теплового расширения поверочной жидкости в ППУ. Рекомендации по определению $\beta_{\text{ж}}$ приведены в приложении Д;

$\Delta t_{\text{ппу}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры рабочей жидкости в ППУ;

8.1.3 Определить метрологический запас, обеспечиваемый эталонным средством измерений α_p по формуле:

$$\alpha_p = \frac{\delta_{\text{э}}}{\delta_{\text{ф}}}, \quad (8.4)$$

где $\delta_{\text{ф}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности поверяемого расходомера, согласно паспорту.

8.1.4 Перед началом измерений массового расхода провести настройку «нуля» расходомера в соответствии с РЭ.

8.1.5 Определение основной относительной погрешности измерений массового расхода (массы) проводить по частотно-импульсному выходу расходомера, который должен быть настроен на частотный режим работы и отображение массового расхода. Частотно-импульсный вход поверочной установки настроить в соответствии с таблицей А.1 (или А.2) приложения А. Частотно-импульсный выход поверяемого расходомера подключить к соответствующему входу поверочной установки, отдельного контроллера-вычислителя или счетчика импульсов согласно схеме подключения к внешним устройствам, приведённой в РЭ на расходомер. При поверке весовым методом (п. 8.1.15), допускается определять массу жидкости, прошедшей через расходомер, по показаниям встроенного сумматора до и после набора порции в весовую ёмкость. При этом настройки сумматора и отображения его показаний привести в соответствие с приложением Е.

8.1.6 Масса жидкости при одном измерении выбирается в пределах, указанных в приложении А.

8.1.7 Определить значение относительной погрешности измерений массового расхода δ_M одним из способов, указанных в п. 8.1.1 при значениях массового расхода, выбранных из рабочего диапазона расходомера в трех точках (для обозначения точки расхода применяется индекс j): 5-10 %, 20-25 %, 40-100 % от номинального расхода $Q_{\text{Мном}}$.

Примечание – если максимальный расход поверочной установки меньше номинального расхода (но не менее 40 %), допускается в качестве наибольшего расхода установить максимальный расход установки.

Количество измерений при каждом значении массового расхода (для обозначения отдельного измерения в точке расхода применяется индекс i) зависит от α_p :

3 – если $\alpha_p \leq 1/3$;

11 – если $1/3 < \alpha_p \leq 1/2$.

Если $\alpha_p > 1/2$, то поверку прекращают.

Значение δ_M вычисляют по формуле (8.12), (8.15), (8.19), (8.27) или (8.28) – в зависимости от выбранного метода измерений.

8.1.8 Если $\alpha_p \leq 1/3$, то проверяют выполнение условия:

$$\delta_{Mij} \leq \delta_\phi. \quad (8.5)$$

где δ_{Mij} - значение δ_M определённое при i -м измерении в j -й точке расхода.

Если условие выполняется, то расходомер признается годным для измерений массового (объёмного) расхода и массы (объёма).

8.1.9 Если $1/3 < \alpha_p \leq 1/2$, то для каждой j -й точки расхода определить СКО (S_j) относительной погрешности, полученной при отдельных i -х измерениях:

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{11} (\delta_{Mij} - \overline{\delta_{Mj}})^2}{10}}, \quad (8.6)$$

где $\overline{\delta_{Mj}}$ – среднее значение полученной относительной погрешности при измерениях в j -й точке расхода:

$$\overline{\delta_{Mj}} = \frac{\sum_{i=1}^{11} \delta_{Mij}}{11}. \quad (8.7)$$

Если полученное значение $S_j > 0,03\%$, то поверку приостанавливают, устраняют причину повышенного СКО¹ и повторяют измерения для j -й точки расхода. Если повторно полученное значение $S_j \leq 0,03\%$, то поверку продолжают, иначе поверку прекращают.

Определить систематическую составляющую погрешности расходомера θ_Σ по формуле:

$$\theta_\Sigma = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_\Sigma}{1,1}\right)^2 + \delta_M^2 + \left(\frac{Z}{Q_{Мном}} \cdot 100\%\right)^2}, \quad (8.8)$$

где δ_M – наибольшее из абсолютных значений $|\overline{\delta_{Mj}}|$,

Z – стабильность нуля в соответствии с паспортом.

Определить случайную составляющую погрешности расходомера ε по формуле:

$$\varepsilon = 2,203 \cdot S_{\max}, \quad (8.9)$$

где S_{\max} – наибольшее из значений S_j .

¹ Типичные причины повышения СКО: наличие воздуха в системе, повышенная вибрация подводных трубопроводов, недостаточно жёсткое закрепление расходомера, и, как следствие, уход нуля расхода, сбой в работе перекидного устройства поверочной установки и т.д.

Определить относительную погрешность расходомера при измерении расхода δ по формуле:

$$\delta = Z_{0,95} \cdot (\theta_{\Sigma} + \varepsilon), \quad (8.10)$$

где $Z_{0,95}$ – коэффициент, значение которого выбирается из таблицы 8.2 в зависимости от отношения $\theta_{\Sigma} / S_{\max}$.

Значение δ округляют до двух знаков после запятой.

Таблица 8.2 – Значения коэффициента $Z_{0,95}$ (МИ 2083)

| $\theta_{\Sigma} / S_{\max}$ | 0,5 | 0,75 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | > 8 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $Z_{0,95}$ | 0,81 | 0,77 | 0,74 | 0,71 | 0,73 | 0,76 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,81 | 1,00 |

Проверяют выполнение условия:

$$\delta \leq \delta_{\phi}. \quad (8.11)$$

Если условие выполняется, то расходомер признается годным для измерения массового (объемного) расхода и массы (объема) жидкости и газа.

Пример расчётов по п.п. 8.1.2..8.1.9 приведён в приложении Ж. Следствие из примера: при поверке расходомера класса точности 0,1 с метрологическим запасом 1/2 (например, на ПВУ класса 0,05) для признания расходомера годным достаточно выполнения следующих условий:

$$S_j \leq 0,03 \%,$$

$$|\overline{\delta_{Mj}}| \leq 0,05 \%.$$

При выполнении этих условий остальные расчёты производить не требуется.

8.1.10 Если поверка проводится при условиях, указанных в таблице 4.1, то по результатам измерений, выполненных в п. 8.1.7 допускается выполнить калибровку коэффициента наклона расходной характеристики расходомера. Методика калибровки приведена в приложении В.

После проведения калибровки необходимо повторно выполнить действия п.п. 8.1.5-8.1.9. Значения погрешности, полученные при повторном измерении должны находиться в пределах допускаемой погрешности, указанных в паспорте на расходомер. При выполнении этого условия расходомер признаётся годным для измерения массового (объемного) расхода и массы (объёма). Иначе расходомер признаётся непригодным для измерения массового и объемного расходов с точностью, указанной в паспорте, либо, по желанию Заказчика, расходомеру присваивается большее значение класса точности из ряда допустимых значений.

8.1.11 Определение основной относительной погрешности расходомера на ППУ методом сличения проводится следующим образом.

Задается выбранный режим измерений по расходу.

Контроль объемного расхода ведется по эталонному расходомеру.

Фиксируется температура и плотность жидкости, прошедшей через поверяемый прибор в период измерения. Фиксируется количество импульсов выходного сигнала расходомеров.

Относительная погрешность измерений массового расхода жидкости (δ_M) рассчитывается по формуле:

$$\delta_M = \frac{Q_{mn} - Q_{тобр}}{Q_{тобр}} \cdot 100\%, \quad (8.12)$$

где Q_{mn} – масса жидкости, определяемая по частотному сигналу поверяемого расходомера, кг;

$Q_{тобр}$ – масса жидкости, вычисленная по показаниям эталонного расходомера, кг.

Q_{mn} вычисляется по формуле:

$$Q_{mn} = w \cdot n_{np}, \quad (8.13)$$

где w – значение цены импульса, кг/имп.;

n_{np} – количество импульсов подсчитанное по частотному сигналу поверяемого расходомера.

$Q_{тобр}$ вычисляется по формуле:

$$Q_{тобр} = V \cdot \rho, \quad (8.14)$$

где V – объем жидкости измеренный эталонным расходомером, м³;

ρ – плотность рабочей жидкости поверочной установки, кг/м³, измеренная ареометром по методике, изложенной в приложении Б или другим СИ плотности по соответствующей методике.

8.1.12 Определение относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода на поверочной весовой установке проводится следующим образом.

Задается режим измерений по расходу. В это время переключатель потока направляет поток жидкости в емкость хранения.

После стабилизации расхода поток жидкости переключателем потока переводится в емкость, установленную на весах, одновременно начинается отсчет количества импульсов на выходе поверяемого расходомера.

После заполнения емкости (не менее значения объема, приведенного в таблицах А.3..А.6 приложения А) поток жидкости переводится переключателем потока в емкость хранения, при этом счёт импульсов отключается.

Снимаются показания массы жидкости в емкости по электронному прибору весов и количество импульсов на выходе расходомера с приборов установки.

Основная относительная погрешность измерений массового расхода жидкости поверяемого расходомера (δ_M) рассчитывается по формуле:

$$\delta_M = \frac{Q_{мп} - Q_{тобр}}{Q_{тобр}} \cdot 100\%, \quad (8.15)$$

где $Q_{мп}$ – значение массы жидкости, вычисляемое по частотному сигналу поверяемого расходомера, кг;

$Q_{тобр}$ – масса жидкости в емкости, кг.

$Q_{мп}$ вычисляется по формуле:

$$Q_{мп} = w \cdot n_{пр}, \quad (8.16)$$

где w – значения цены импульса, кг/имп.;

$n_{пр}$ – количество импульсов, подсчитанное по частотному сигналу поверяемого расходомера во время проливки.

$Q_{тобр}$ вычисляется по формуле:

$$Q_{тобр} = M \cdot C, \quad (8.17)$$

где M – показания весов, кг;

C – коэффициент, учитывающий потерю веса жидкости при измерении в воздухе.

Коэффициент C определяют по формуле:

$$C = \frac{\rho_{ж}}{\rho_m} \times \left(\frac{\rho_m - \rho_v}{\rho_{ж} - \rho_v} \right), \quad (8.18)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность рабочей жидкости, кг/м³,

ρ_m – плотность материала гирь для поверки весов, кг/м³ ($\rho_m \approx 8000$ кг/м³),

ρ_v – плотность воздуха при условиях поверки (при условиях п. 4 $\rho_v \approx 1,23$ кг/м³).

8.1.13 Определение основной относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода жидкости на ППУ комплексом мерных емкостей и образцовым ареометром (или другим СИ плотности) проводят следующим образом.

Регулятором расхода устанавливается выбранное значение расхода.

После стабилизации расхода поток жидкости переключателем потока переводится в мерную емкость, одновременно начинается отсчет количества импульсов на выходе поверяемого расходомера.

После заполнения емкости (не менее значения объема, приведенного в таблицах А.3..А.6 приложения А) поток жидкости переводится переключателем потока в емкость хранения, одновременно при этом останавливается отсчет импульсов.

Измеряется объем жидкости в емкости комплексом мерных емкостей и количество импульсов поверяемого расходомера по показаниям установки.

Измеряется температура и плотность жидкости, прошедшей через поверяемый расходомер в период измерения массы. Плотность жидкости измеряется ареометром по методике, изложенной в приложении Б или другим СИ плотности по соответствующей методике.

Основная относительная погрешность измерений массового расхода жидкости (δ_M) рассчитывается по формуле:

$$\delta_M = \frac{Q_{mn} - Q_{тобр}}{Q_{тобр}} \cdot 100\%, \quad (8.19)$$

где Q_{mn} – значение массы жидкости, определяемое по частотному сигналу поверяемого расходомера, кг;

$Q_{тобр}$ – значение массы жидкости прошедшей через поверочную установку, кг.

Q_{mn} вычисляется по формуле:

$$Q_{mn} = w \cdot n_{np}, \quad (8.20)$$

где w – значение цены импульса, кг/имп.;

n_{np} – количество импульсов подсчитанное по частотному сигналу поверяемого расходомера.

$Q_{тобр}$ вычисляется по формуле:

$$Q_{тобр} = V \cdot \rho, \quad (8.21)$$

где V – объем жидкости измеренный с помощью комплекта мерных емкостей, м³;

ρ – плотность рабочей жидкости поверочной установки, кг/м³.

8.1.14 Определение основной относительной погрешности поверяемого расходомера (далее – ПР) с использованием ТПУ в комплекте с ПП проводится следующим образом.

ТПУ включается в измерительную линию (далее – ИЛ) до ПР или после него по потоку жидкости согласно общей схеме представленной на рисунке 1. При поверке может использоваться поточный ПП смонтированный стационарно в ИЛ, если его характеристики удовлетворяют требованиям п. 2.

В качестве контроллера-вычислителя может применяться как специальное устройство так и устройство обработки информации, входящее в состав узла учета, если оно удовлетворяет требованиям п. 2.

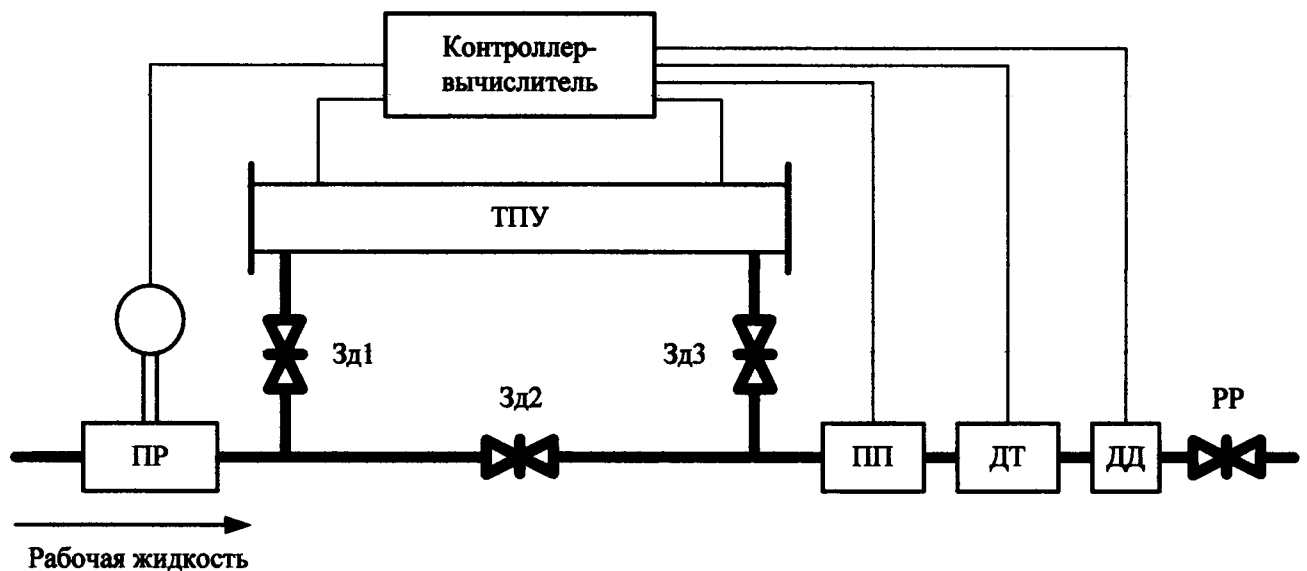


Рисунок 1 – Схема установки ТПУ и ППИ в измерительную линию.

При проведении поверки задвижка (шаровый кран) Зд2 перекрывается, а задвижки (шаровые краны) Зд1, Зд3 открываются для прохождения всей жидкости через ТПУ.

Избыточное давление рабочей жидкости в конце технологической схемы поверки измеряется датчиком давления ДД, рекомендуется устанавливать не менее 0,3 МПа. Содержания свободного газа в рабочей жидкости не допускается. Температура измеряется датчиком температуры ДТ.

Выборный режим измерений по расходу задается с помощью регулятора расхода РР, установленного в конце технологической схемы поверки по потоку жидкости. Контроль соответствия массового расхода требуемому значению ведется по времени однократного прохождения поршня по калиброванному участку ТПУ. Массовый расход определяется по формуле (8.22).

$$Q_m = \frac{V \cdot \rho_{пл} \cdot 3600}{T}, \quad (8.22)$$

где V – вместимость калиброванного участка ТПУ, согласно свидетельству о поверке ТПУ, м³;

T – время прохождения поршнем калиброванного участка ТПУ, с;

$\rho_{пл}$ – плотность рабочей жидкости, измеренная поточным ППИ, кг/м³.

Если в соответствии с типом ТПУ число проходов поршня больше одного, то в качестве значения массового расхода принимают среднее арифметическое за количество проходов.

Отклонение установленного поверочного расхода в точке от требуемого (задаваемого) значения не должно превышать 2,0 %. Изменение температуры рабочей жидкости за время измерения не должно превышать 0,2 °С.

После стабилизации расхода и температуры рабочей жидкости проводят серию измерений (каждое измерение в соответствии с примечанием 2 к таблице 2.1). Количество измерений в каждой точке расхода не менее пяти.

Общее количество проходов поршня в течение одного измерения в соответствии с примечанием 2 к таблице 2.1. Для каждого измерения регистрируют средние арифметические значения в расчете на один проход поршня:

- времени измерения (T , с);
- значения массового расхода (Q_m , кг/ч) по формуле (8.22);
- количества импульсов, выдаваемых ПР за время одного измерения (n_{np} , имп.);
- температуры ($t_{ТПУ}$, °С) и давления ($P_{ТПУ}$, МПа) жидкости в ТПУ;
- плотности рабочей жидкости, измеренной поточным ПП ($\rho_{ПП}$, кг/м³);
- температуры и давления рабочей жидкости в поточном ПП ($t_{ПП}$, °С и $P_{ПП}$, МПа).

Для каждого измерения вычисляют значение массы рабочей жидкости ($M_{PЭ}$, кг), используя результаты измерений рабочих эталонов (ТПУ и поточного ПП), по формуле:

$$M_{PЭ} = V_{np} \cdot \rho_{np}, \quad (8.23)$$

где V_{np} – вместимость калиброванного участка ТПУ, приведенная к рабочим условиям в ТПУ, м³ по формуле (8.24);

ρ_{np} – плотность рабочей жидкости, измеренная поточным ПП и приведенная к рабочим условиям в ТПУ, кг/м³ по формуле (8.25).

Значение V_{np} вычисляют по формуле:

$$V_{np} = V \cdot [1 + 3\alpha_t \times (t_{ТПУ} - 20)] \cdot \left(1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot s} \cdot P_{ТПУ} \right), \quad (8.24)$$

где α_t – коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, °С⁻¹ (из таблицы Г.1 приложения Г);

E – модуль упругости материала стенок ТПУ, МПа (из таблицы Г.1 приложения Г);

D и s – диаметр и толщина стенок калиброванного участка ТПУ соответственно, мм (из эксплуатационной документации на ТПУ).

Значение ρ_{np} вычисляют по формуле:

$$\rho_{np} = \rho_{ПП} \cdot [1 + \beta \cdot (t_{ПП} - t_{ТПУ})] \cdot [1 + \gamma \cdot (P_{ТПУ} - P_{ПП})], \quad (8.25)$$

где β – коэффициент объемного расширения рабочей жидкости (по приложению Д);

γ – коэффициент сжимаемости (МПа) рабочей жидкости, (по приложению Д).

Масса жидкости, прошедшей через ПР за время измерения ($M_{ПР}$, кг) определяется по формуле:

$$M_{ПР} = w \cdot n_{пр}, \quad (8.26)$$

где w – значение цены импульса, кг/имп.;

$n_{пр}$ – количество импульсов, подсчитанное по частотному сигналу поверяемого расходомера.

Основная относительная погрешность измерения массового расхода жидкости (δ_M) рассчитывается по формуле:

$$\delta_M = \frac{M_{ПР} - M_{РЭ}}{M_{РЭ}} \cdot 100\%, \quad (8.27)$$

8.1.15 Определение относительной погрешности расходомера при измерении массового расхода весовым методом проводится следующим образом.

Расходомер включить в измерительную схему в соответствии с рисунком 2.

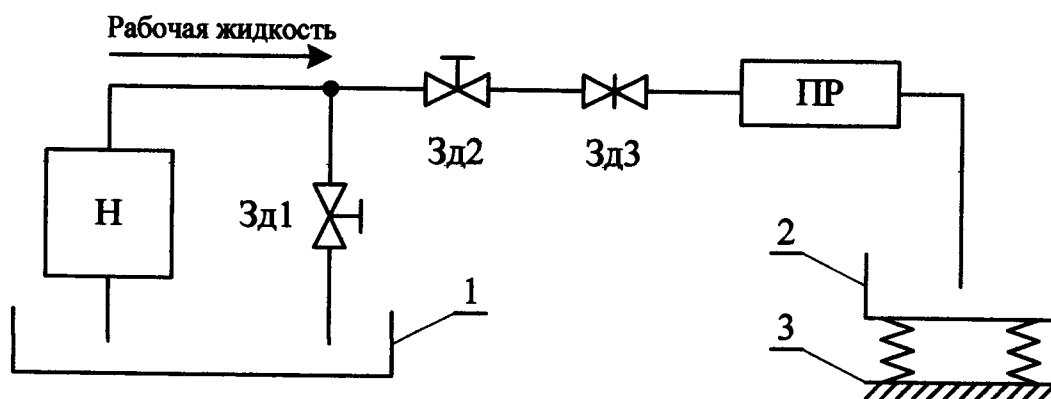


Рисунок 2 – Схема подключения расходомера при поверке весовым методом.

1 – Емкость с рабочей жидкостью; 2 – Мерная емкость; 3 – Весы.

Задвижки Зд1 и Зд2 применяются для регулирования расхода поверочной жидкости через расходомер, задвижка Зд3 применяется для отсечки потока к расходомеру.

Полностью открыть задвижки (например, шаровые краны) Зд1 и Зд3. Включить насос Н. Регулируя положение задвижек Зд1 и Зд2 задать поток жидкости через поверяемый расходомер, соответствующий точке расхода.

Перекрыть задвижку Зд3. Освободить от жидкости емкость 2 или обнулить показания весов 3. Обнулить показания счетчика импульсов. Если значение массы, измеренной расходомером, определяется по сумматору, записать текущее значение ($S_{н0}$) или обнулить сумматор ($S_{н0} = 0$ кг).

Полностью открыть задвижку Зд3, таким образом, обеспечивая заданный расход через расходомер. Массу жидкости, прошедшей через расходомер контролировать по показаниям весов 3. Когда масса жидкости будет не менее значений, указанных в таблицах А.3..А.6 приложения А перекрыть задвижку Зд3 и выключить насос Н.

Выждать 5-10 секунд для успокоения жидкости в емкости и стабилизации показаний массы по показаниям весового устройства и массового расхода по индикатору расходомера или по данным сервисного ПО.

Снять значение массы жидкости в емкости по показаниям весов и количество импульсов на выходе расходомера со счетчика импульсов. Если значение массы, измеренной расходомером, определяется по сумматору, записать значение сумматора (S_n).

Основную относительную погрешность измерения массового расхода жидкости поверяемого расходомера (δ_M) рассчитать по формуле:

$$\delta_M = \frac{Q_{mn} - Q_{тобр}}{Q_{тобр}} \cdot 100\%, \quad (8.28)$$

где Q_{mn} – значение массы жидкости по показаниям расходомера;

$Q_{тобр}$ – масса жидкости в емкости, кг.

Если применяется счетчик импульсов, то Q_{mn} вычисляется по формуле:

$$Q_{mn} = w \cdot n_{np}, \quad (8.29)$$

где w – значения цены импульса, кг/имп.;

n_{np} – количество импульсов, подсчитанное по частотному сигналу поверяемого расходомера во время проливки.

Если Q_{mn} определяется по сумматору, то используется формула:

$$Q_{mn} = S_n - S_{n0}, \quad (8.30)$$

$Q_{тобр}$ вычисляется по формуле:

$$Q_{тобр} = M \cdot C, \quad (8.31)$$

где M – показания весов, кг;

C – коэффициент, учитывающий потерю веса жидкости при измерении в воздухе, значение определяется по формуле (8.18).

8.2 Определение абсолютной погрешности измерений температуры.

Определение абсолютной погрешности измерений температуры измеряемой среды проводится методом сличения показаний расходомера ($T_{изм}$, °C) с показаниями эталонного термометра ($T_{обр}$, °C) в одной точке из диапазона допустимой температуры измеряемой среды (в соответствии с паспортом на расходомер).

Определение абсолютной погрешности измерений температуры проводят на проливочной установке или на месте эксплуатации при постоянном расходе жидкости не менее 10% от номинального расхода. Нестабильность температуры жидкости в течение 1 минуты до начала измерения и в течение измерения не должна превышать 0,3 °C. Предварительно в потоке жидкости как можно ближе к поверяемому расходомеру следует разместить термометр сопротивления класса А по ГОСТ 6651-2009. Преобразование сопротивления эталонного ТС в значение температуры проводить вторичным прибором с погрешностью не более 0,1 °C. Допускается приме-

нять датчик температуры с индикатором, если погрешность показаний температуры находится в пределах $\pm 0,3$ °С. Допускается применять датчик с унифицированным выходным сигналом, если сумма абсолютных значений погрешности датчика и преобразователя сигнала в показания температуры не превышает $\pm 0,3$ °С.

Допускается проводить поверку расходомера, заполненного воздухом, поместив датчик расходомера и термометр сопротивления (или датчик температуры) в камере, защищающей от конвекции и градиентов температуры воздуха. Температура воздуха в камере в течение 10 минут до начала измерения и в течение измерения не должна изменяться более чем на $\pm 0,3$ °С.

Абсолютная погрешность измерений температуры поверочной среды (ΔT , °С) определяется по формуле:

$$\Delta T = T_{\text{изм}} - T_{\text{обр}} \quad (8.32)$$

Расходомер считается выдержавшим испытание, если выполняется условие:

$$|\Delta T| \leq 0,9 + 0,008 \cdot |T_{\text{обр}}|. \quad (8.33)$$

8.3 Определение основной абсолютной погрешности измерений плотности.

8.3.1 При периодической поверке допускается определение основной абсолютной погрешности измерения плотности выполнять по месту эксплуатации в соответствии с МИ 2816. Иначе определение основной абсолютной погрешности измерения плотности выполняется по п.8.3.2..8.3.11.

8.3.2 Определение основной абсолютной погрешности измерений плотности среды выполняется методом сличения результатов измерений плотности жидкостей расходомером с результатами измерений другим СИ плотности (ареометр или плотномер). Пределы допускаемой погрешности таких СИ должны составлять не более 1/3 от пределов допускаемой погрешности расходомера.

8.3.3 Для расходомеров с погрешностью измерения плотности рабочей среды $\pm 0,3$ кг/м³, определение абсолютной погрешности производят на трех жидкостях: вода, одна жидкость с меньшей, чем у воды плотностью, и одна жидкость с большей плотностью (например, водопроводная вода – плотность 998...999 кг/м³, водно-спиртовой раствор – плотность 790...850 кг/м³, водный раствор тиосульфата натрия – плотность 1200...1300 кг/м³).

Для расходомеров с погрешностью измерения плотности рабочей среды $\pm 1, \pm 2, \pm 5$ кг/м³, определение абсолютной погрешности производят на одной жидкости и воздухе.

8.3.4 При поверке на воздухе значения плотности по показаниям расходомера сличаются с табличными значениями плотности воздуха (приложение И). Табличные значения рассчитаны на основе значений ГСССД 125-88 с расширенной неопределенностью, не превышающей 0,1 кг/м³.

8.3.5 Для каждой поверочной жидкости i (от одной до трёх) выполняют действия п.п.8.3.6 - 8.3.11.

8.3.6 Определение абсолютной погрешности расходомера при измерении плотности среды проводят при постоянном расходе жидкости не более 10% от номинального расхода.

Если применяется поточный плотномер, то его устанавливают в измерительную линию с поверяемым расходомером так, чтобы изменение плотности, вызванное разницей температур жидкости между плотномером и поверяемым расходомером, не превышало 1/3 допускаемой погрешности измерения плотности согласно паспорту на расходомер.

При использовании ареометра или лабораторного плотномера взять пробу жидкости из измерительной линии. При использовании ареометра поместить пробу в испытательную ёмкость и определить плотность жидкости в испытательной ёмкости ($\rho_{обр1}$, кг/м³) по методике, изложенной в приложении Б. При использовании лабораторного плотномера, поместить пробу в плотномер и определить её плотность ($\rho_{обр1}$, кг/м³) в соответствии с РЭ на плотномер. При использовании поточного плотномера записать его показания ($\rho_{обр1}$, кг/м³).

8.3.7 По индикатору или цифровому выходному сигналу (с помощью ПК и сервисной программы) определить измеренное расходомером значение плотности $\rho_{изм}$, кг/м³. Также может потребоваться записать значение температуры жидкости (по показаниям расходомера) для настройки лабораторного плотномера.

8.3.8 Повторить измерение п.8.3.6 и получить значение плотности $\rho_{обр2}$, кг/м³.

8.3.9 Если изменение плотности жидкости по абсолютной величине ($|\rho_{обр2} - \rho_{обр1}|$) превышает 1/2 допускаемой погрешности измерений плотности согласно паспорту на расходомер, то повторить действия п.п. 8.3.6-8.3.8.

8.3.10 Основную абсолютную погрешность измерений плотности $\Delta\rho$, кг/м³ определить по формуле (8.34):

$$\Delta\rho_i = (\rho_{изм} - 0,5 \cdot (\rho_{обр1} + \rho_{обр2})). \quad (8.34)$$

8.3.11 Если определённое в ходе поверки значение погрешности измерения плотности выходит за пределы допускаемой погрешности измерений плотности, указанных в паспорте, то допускается выполнить калибровку измерения плотности в соответствии с руководством по эксплуатации. После этого повторяют действия п.п.8.3.1-8.3.10.

8.3.12 Расходомер считается выдержавшим испытания, если каждое из значений $\Delta\rho_i$ находится в пределах допускаемой погрешности измерений плотности, указанных в паспорте.

8.4 При положительных результатах определения погрешности измерений массового (объёмного) расхода и массы (объёма) на жидкости (п.8.1) расходомер признают годным также и к измерениям на газовых рабочих средах с метрологическими характеристиками, указанными в руководстве по эксплуатации соответственно исполнению расходомера.

8.5 Определение относительной погрешности преобразования цифрового значения измеряемого параметра в частотно-импульсный выходной сигнал.

8.5.1 Проверка частотного сигнала выполняется с использованием локального интерфейса или цифрового интерфейса Modbus (например, при помощи программного обеспечения CorService).

8.5.2 Подключить частотомер к клеммам OUTPUT1 расходомера согласно схеме, приведенной в руководстве по эксплуатации.

8.5.3 Установить с помощью локального или цифрового интерфейса частотный режим работы для «Импульсного/частотного/статусного выхода 1»; включить режим «Симуляции» (фиксированной частоты).

8.5.3. (Измененная редакция. Изм. №1)

8.5.4 Установить последовательно значения частоты 100 Гц, 1000 Гц, 10000 Гц. Убедиться, что отличие измеренных частотомером значений частоты от заданных не превышает 0,03 %.

8.6 Определение абсолютной погрешности преобразования цифрового значения измеряемого параметра в токовый выходной сигнал.

8.6.1 Проверка токового сигнала выполняется с использованием локального интерфейса или цифрового интерфейса Modbus (например, при помощи программного обеспечения CorService).

8.6.2 Подключить амперметр (мультиметр) к электронному преобразователю (ЭП) расходомера согласно схеме, приведенной в руководстве по эксплуатации. Напряжение на клеммах токового выхода ЭП установить в диапазоне от 12 до 30 В.

8.6.3 Установить с помощью локального или цифрового интерфейса режим фиксированного тока.

8.6.4 Установить последовательно значения тока 4, 12, 20 мА. Убедиться, что измеренные амперметром (мультиметром) значения тока не отличаются от установленных более чем на 10 мкА.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Расходомер признается прошедшим поверку, если получены положительные результаты по каждой операции поверки.

9.2 Положительные результаты периодической поверки расходомера оформляют записью в паспорте, удостоверенной подписью поверителя и нанесением знака поверки или выдают свидетельство о поверке по установленной форме в соответствии с приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815.

При проведении периодической поверки, в случае наличия отрицательных результатов по отдельным испытаниям или при проведении проверки по части величин, допускается использование расходомера для измерений тех физических величин, по которым получены положительные результаты проверки. При этом расходомер считается прошедшим поверку в части измерений выбранных физических величин.

Сведения об объеме проведенной поверки указываются в разделе «Поверка» паспорта расходомера или на обратной стороне свидетельства о поверке.

9.2 (Измененная редакция. Изм. №1)

9.3 При отрицательных результатах поверки выписывается "Извещение о непригодности к применению" в соответствии с приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815.

9.3 (Измененная редакция. Изм. №1)

9.4 (Исключен. Изм. №1)

9.5 При определении метрологических характеристик счетчика-расходомера по методике поверки, указанной в таблице 8.1 производят оформление протокола поверки в соответствии с требованиями соответствующей методики поверки.

9.5 (Введен дополнительно. Изм. №1.)

Начальник отдела 208
ФГУП «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

Научный сотрудник
ФГУП «ВНИИМС»

М.Е. Чекин

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Рекомендации по настройке выходного сигнала расходомера, входного сигнала поверочной установки и по выбору размера порции поверочной жидкости

Таблица А.1 – Значения цены импульса и ВПИ при поверке расходомера на поверочной установке с максимальной частотой входного сигнала 1 кГц

| Код датчика | Цена импульса в настройках частотного входа поверочной установки w , г | ВПИ в настройках частотного выхода поверяемого расходомера, т/ч |
|-------------|--|---|
| S001 | 0,007 | 0,0252 |
| S003 | 0,04 | 0,144 |
| S005 | 0,08 | 0,288 |
| S010 | 0,5 | 1,8 |
| S015 | 1 | 3,6 |
| S025 | 4 | 14,4 |
| S032 | 7 | 25,2 |
| S050 | 20 | 72 |
| S080 | 50 | 180 |
| S100 | 75 | 270 |
| S150 | 150 | 540 |
| S200 | 227 | 817,2 |

Таблица А.2 – Значения цены импульса и ВПИ при поверке расходомера на поверочной установке с максимальной частотой входного сигнала 10 кГц

| Код датчика | Цена импульса в настройках частотного входа поверочной установки w , г | ВПИ в настройках частотного выхода поверяемого расходомера, т/ч |
|-------------|--|---|
| S001 | 0,0007 | 0,0252 |
| S003 | 0,004 | 0,144 |
| S005 | 0,008 | 0,288 |
| S010 | 0,05 | 1,8 |
| S015 | 0,1 | 3,6 |
| S025 | 0,4 | 14,4 |
| S032 | 0,7 | 25,2 |
| S050 | 2 | 72 |

| Код датчика | Цена импульса в настройках частотного входа поверочной установки w , г | ВПИ в настройках частотного выхода поверяемого расходомера, т/ч |
|-------------|--|---|
| S080 | 5 | 180 |
| S100 | 7,5 | 270 |
| S150 | 15 | 540 |
| S200 | 22,7 | 817,2 |

При выборе массы порции должны выполняться следующие условия:

1) При определении погрешности по частотно-импульсному выходному сигналу, исходя из минимального допустимого количества импульсов на выходе расходомера за время набора порции, масса порции должна быть не меньше значения $m_{p\min}$, кг, определённого формулой:

$$m_{p\min} = \frac{w}{\delta_0}, \quad (\text{A.1})$$

где w – цена импульса в соответствии с таблицами А.1, А.2,

δ_0 – значение равно классу точности расходомера, %.

2) При поверке на установке с переключением потока, для исключения влияния устройств переключения потока, время измерения должно быть не менее 10 секунд, следовательно, масса порции должна быть не менее:

$$m_{T\min} = \frac{Q_j}{360} \times 1 \text{ час}, \quad (\text{A.2})$$

где Q_j – расход в j -й поверочной точке, кг/ч.

3) При поверке с применением весового устройства, масса порции должна быть не менее:

$$m_{S\min} = \frac{2e}{\delta_0} \cdot 100\%, \quad (\text{A.3})$$

где e – пределы допускаемой абсолютной погрешности весового устройства поверочной установки или весов, при измерении массы порции.

4) Если при поверке используется открытая ёмкость для накопления жидкости, измеренной поверяемым расходомером, то время измерения не должно превышать 1 час для исключения влияния испарения поверочной жидкости на результат поверки. Масса порции должна быть не более:

$$m_{\max} = Q_j \cdot 1 \text{ час}. \quad (\text{A.4})$$

Интенсивность испарения поверочной жидкости из весовой ёмкости зависит от множества факторов: конструкции весовой ёмкости, температуры и влажности в помещении и т.д. Если при поверке одновременно выполняются следующие условия:

- а) время измерения превышает 30 минут;
- б) стабильность нуля находится в допустимых пределах согласно паспорту на расходомер (контролировать стабильность нуля следует перед набором порции);

- в) погрешность расходомера в нижней точке расхода (5-10 %) выходит за верхнюю границу диапазона допустимых значений,

то следует принять меры к снижению интенсивности испарения или уменьшить время измерения (массу порции). При этом масса порции по-прежнему должна удовлетворять условиям 1..4.

Удовлетворяющие условиям 1..4 значения минимальной и максимальной массы порции приведены в таблицах А.3..А.6 в соответствии с классом точности расходомера. Массу порции следует выбирать из указанных диапазонов по возможности ближе к верхней границе.

Таблица А.3 – значения порции для расходомеров с классом точности 0,1

| Код датчика | Масса порции в зависимости от поверочного расхода, кг | | | | | |
|-------------|---|-------|------------------|--------|-------------------|--------|
| | 10% от $Q_{НОМ}$ | | 25% от $Q_{НОМ}$ | | 100% от $Q_{НОМ}$ | |
| | мин. | макс. | мин. | макс. | мин. | макс. |
| S001 | 1 | 2 | 1 | 5 | 1 | 20 |
| S003 | 1 | 10 | 1 | 25 | 1 | 100 |
| S005 | 1 | 25 | 1 | 63 | 1 | 250 |
| S010 | 5 (1) | 150 | 5 (2) | 375 | 5 | 1500 |
| S015 | 10 (1) | 300 | 10 (3) | 750 | 10 (9) | 3000 |
| S025 | 40 (4) | 1200 | 40 (9) | 3000 | 40 (34) | 12000 |
| S032 | 70 (7) | 2100 | 70 (15) | 5250 | 70 (59) | 21000 |
| S050 | 200 (20) | 6000 | 200 (42) | 15000 | 200 (167) | 60000 |
| S080 | 500 (50) | 10000 | 500 (70) | 25000 | 500 (278) | 100000 |
| S100 | 750 (75) | 24000 | 750 (167) | 60000 | 750 (667) | 240000 |
| S150 | 1500 (150) | 45000 | 1500 (313) | 112500 | 1500 (1250) | 450000 |
| S200 | 2270 (227) | 74000 | 2270 (514) | 185000 | 2270 (2056) | 740000 |

Примечания:

- 1) без скобок указано значение при поверке на установке с максимальной частотой входного сигнала 1 кГц, в скобках – с максимальной частотой входного сигнала 10 кГц. Если указано только одно значение, то оно применяется на установках с любой частотой входного сигнала;
- 2) минимальная масса порции равна табличному значению или m_{Smin} – что больше

Таблица А.4 – значения порции для расходомеров с классом точности 0,15

| Код датчика | Масса порции в зависимости от поверочного расхода, кг | | | | | |
|-------------|---|-------|------------------|-------|-------------------|-------|
| | 10% от $Q_{НОМ}$ | | 25% от $Q_{НОМ}$ | | 100% от $Q_{НОМ}$ | |
| | мин. | макс. | мин. | макс. | мин. | макс. |
| S001 | 1 | 2 | 1 | 5 | 1 | 20 |
| S003 | 1 | 10 | 1 | 25 | 1 | 100 |
| S005 | 1 | 25 | 1 | 63 | 1 | 250 |
| S010 | 4 (1) | 150 | 4 (2) | 375 | 5 | 1500 |
| S015 | 7 (1) | 300 | 7 (3) | 750 | 9 | 3000 |

| Код датчика | Масса порции в зависимости от поверочного расхода, кг | | | | | |
|-------------|---|-------|------------------|--------|-------------------|--------|
| | 10% от $Q_{НОМ}$ | | 25% от $Q_{НОМ}$ | | 100% от $Q_{НОМ}$ | |
| | мин. | макс. | мин. | макс. | мин. | макс. |
| S025 | 27 (4) | 1200 | 27 (9) | 3000 | 34 | 12000 |
| S032 | 47 (6) | 2100 | 47 (15) | 5250 | 59 | 21000 |
| S050 | 134 (17) | 6000 | 134 (42) | 15000 | 167 | 60000 |
| S080 | 334 (34) | 10000 | 334 (70) | 25000 | 334 (278) | 100000 |
| S100 | 500 (67) | 24000 | 500 (167) | 60000 | 667 | 240000 |
| S150 | 1000 (125) | 45000 | 1000 (313) | 112500 | 1250 | 450000 |
| S200 | 1514 (206) | 74000 | 1514 (514) | 185000 | 2056 | 740000 |

Примечания:

- 1) без скобок указано значение при поверке на установке с максимальной частотой входного сигнала 1 кГц, в скобках – с максимальной частотой входного сигнала 10 кГц. Если указано только одно значение, то оно применяется на установках с любой частотой входного сигнала;
- 2) минимальная масса порции равна табличному значению или m_{Smin} – что больше

Таблица А.5 – значения порции для расходомеров с классом точности 0,2

| Код датчика | Масса порции в зависимости от поверочного расхода, кг | | | | | |
|-------------|---|-------|------------------|--------|-------------------|--------|
| | 10% от $Q_{НОМ}$ | | 25% от $Q_{НОМ}$ | | 100% от $Q_{НОМ}$ | |
| | мин. | макс. | мин. | макс. | мин. | макс. |
| S001 | 1 | 2 | 1 | 5 | 1 | 20 |
| S003 | 1 | 10 | 1 | 25 | 1 | 100 |
| S005 | 1 | 25 | 1 | 63 | 1 | 250 |
| S010 | 3 (1) | 150 | 3 (2) | 375 | 5 | 1500 |
| S015 | 5 (1) | 300 | 5 (3) | 750 | 9 | 3000 |
| S025 | 20 (4) | 1200 | 20 (9) | 3000 | 34 | 12000 |
| S032 | 35 (6) | 2100 | 35 (15) | 5250 | 59 | 21000 |
| S050 | 100 (17) | 6000 | 100 (42) | 15000 | 167 | 60000 |
| S080 | 250 (28) | 10000 | 250 (70) | 25000 | 278 | 100000 |
| S100 | 375 (67) | 24000 | 375 (167) | 60000 | 667 | 240000 |
| S150 | 750 (125) | 45000 | 750 (313) | 112500 | 1250 | 450000 |
| S200 | 1135 (206) | 74000 | 1135 (514) | 185000 | 2056 | 740000 |

Примечания:

- 1) без скобок указано значение при поверке на установке с максимальной частотой входного сигнала 1 кГц, в скобках – с максимальной частотой входного сигнала 10 кГц. Если указано только одно значение, то оно применяется на установках с любой частотой входного сигнала;
- 2) минимальная масса порции равна табличному значению или m_{Smin} – что больше

Таблица А.6 – значения порции для расходомеров с классом точности 0,5

| Код датчика | Масса порции в зависимости от поверочного расхода, кг | | | | | |
|-------------|---|-------|------------------|--------|-------------------|--------|
| | 10% от $Q_{НОМ}$ | | 25% от $Q_{НОМ}$ | | 100% от $Q_{НОМ}$ | |
| | мин. | макс. | мин. | макс. | мин. | макс. |
| S001 | 1 | 2 | 1 | 5 | 1 | 20 |
| S003 | 1 | 10 | 1 | 25 | 1 | 100 |
| S005 | 1 | 25 | 1 | 63 | 1 | 250 |
| S010 | 1 | 150 | 2 | 375 | 5 | 1500 |
| S015 | 2 (1) | 300 | 3 | 750 | 9 | 3000 |
| S025 | 8 (4) | 1200 | 9 | 3000 | 34 | 12000 |
| S032 | 14 (6) | 2100 | 15 | 5250 | 59 | 21000 |
| S050 | 40 (17) | 6000 | 42 | 15000 | 167 | 60000 |
| S080 | 100 (28) | 10000 | 100 (70) | 25000 | 278 | 100000 |
| S100 | 150 (67) | 24000 | 167 | 60000 | 667 | 240000 |
| S150 | 300 (125) | 45000 | 313 | 112500 | 1250 | 450000 |
| S200 | 454 (206) | 74000 | 514 | 185000 | 2056 | 740000 |

Примечания:

- 1) без скобок указано значение при поверке на установке с максимальной частотой входного сигнала 1 кГц, в скобках – с максимальной частотой входного сигнала 10 кГц. Если указано только одно значение, то оно применяется на установках с любой частотой входного сигнала;
- 2) минимальная масса порции равна табличному значению или $m_{S\min}$ – что больше

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Измерение плотности жидкости ареометром

В отобранную в цилиндр жидкость погружается ареометр.

Для выравнивания температуры ареометр выдерживается в жидкости 2-3 мин, после этого при полностью спокойной жидкости снимаются показания по шкале. Показания ареометра отсчитываются по нижнему краю мениска.

При выполнении измерений п.п. 8.1.11, 8.1.13 одновременно с измерением плотности измеряется температура жидкости в цилиндре термометром с ценой деления 0,1 °С. Разность между температурой жидкости в цилиндре и температурой жидкости в проливочной установке во время измерения плотности не должна превышать 0,5 °С.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Методика калибровки коэффициента наклона расходной характеристики расходомера

В.1 Считать из расходомера с помощью сервисной программы или локального интерфейса действующий коэффициент наклона линейной коррекции массового расхода K_0 (РЭ п. 2.15.2).

В.2 Рассчитать новое значение коэффициента наклона линейной коррекции массового расхода K по формуле:

$$K = K_0 \cdot \frac{100\%}{\delta_{M3} + 100\%}, \quad (\text{В.1})$$

где δ_{M3} – среднее арифметическое значений основной относительной погрешности измерений массового расхода по всем точкам расхода, измеренным по п. 8.1.7.

В.3 Записать коэффициент K в память расходомера, используя локальный интерфейс или технологическое программное обеспечение CorService. Инструкция по вводу коэффициента наклона линейной коррекции массового расхода приведена в РЭ (п. 2.15.2).

В.4 Записать новое значение коэффициента в паспорт на расходомер в таблицу «Коэффициенты линейной коррекции».

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Коэффициенты линейного расширения (α_t) и значения модуля упругости (E) материала стенок ТПУ

Г.1 Коэффициенты линейного расширения и значения модуля упругости (E) материала стенок ТПУ определяются из таблицы Г.1.

Таблица Г.1

| Материал стенок ТПУ | $\alpha_t, \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ | $E, \text{ МПа}$ |
|---------------------|---|------------------|
| 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 | $16,6 \cdot 10^{-6}$ | $1,0 \cdot 10^5$ |
| Латунь | $17,8 \cdot 10^{-6}$ | - |
| Алюминий | $24,5 \cdot 10^{-6}$ | - |
| Медь | $17,4 \cdot 10^{-6}$ | - |

Примечание – Если значения α_t и E приведены в паспорте ТПУ, то в расчетах используют паспортные значения

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Определение коэффициентов объёмного расширения и сжимаемости рабочей жидкости

Д.1 Коэффициенты объёмного расширения (β , $^{\circ}\text{C}^{-1}$) и сжимаемости (γ , МПа^{-1}) определяют по реализованным в УОИ или другом счетном устройстве (например, ЭВМ) алгоритмам, разработанным согласно:

- МИ 2632 для товарной нефти;
- МИ 2823 для нефтепродуктов;
- МИ 2311 для жидких углеводородов.

В этом случае значения коэффициентов определяют при каждом измерении.

Допускается применение других действующих методик, включенных в ГСИ.

Д.2 При отсутствии технической возможности вычисления по алгоритмам согласно Д.1 коэффициенты объёмного расширения и сжимаемости определяют:

- для товарной нефти по таблицам МИ 2153,
- для нефтепродуктов по таблицам МИ 2823;
- для жидких углеводородов по формулам, изложенным в МИ 2311.
- для воды при условиях поверки значение β принимают равным $2,6 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Допускается применение других действующих методик, включенных в ГСИ.

Д.3 Для сырой нефти коэффициенты объёмного расширения (β , $^{\circ}\text{C}^{-1}$) и сжимаемости (γ , МПа^{-1}) определяют по формулам:

$$\beta = \beta_n \cdot \left(1 - \frac{W_v}{100}\right) + \beta_v \cdot \frac{W_v}{100}, \quad (\text{Г.1})$$

$$\gamma = \gamma_n \cdot \left(1 - \frac{W_v}{100}\right) + \gamma_v \cdot \frac{W_v}{100}, \quad (\text{Г.2})$$

где β_n и γ_n – коэффициенты объёмного расширения и сжимаемости обезвоженной нефти ($^{\circ}\text{C}^{-1}$ и МПа^{-1} соответственно), значения которых берут из МИ 2153;

W_v – объемная доля воды в нефти, определенная лабораторным способом или поточным влагомером, %;

β_v и γ_v – коэффициенты объёмного расширения и сжимаемости воды соответственно.

При объёмной доле воды в сырой нефти до 5,0 % включительно ($W_v \leq 5,0 \%$) принимают: $\beta_v = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ и $\gamma_v = 49,1 \cdot 10^{-5} \text{ МПа}^{-1}$.

При объёмной доле воды в сырой нефти более 5,0 % ($W_v > 5,0 \%$) значение коэффициента объёмного расширения воды определяют по соответствующей методике (например, API MPMS 20.1).

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Настройки счёта и отображения показаний сумматора

Е.1 При поверке можно использовать любой из встроенных сумматоров. Описание работы сумматоров и операций по их настройке приведены в РЭ п. 2.16.

Е.2 Настройка сумматора

Необходимо задать следующие настройки сумматора:

Таблица Е.1

| Параметр | Значение |
|------------|-----------------|
| Назначение | Массовый расход |
| Режим | Все значения |
| Единицы | кг |
| Состояние | Активен |

Действия для обнуления сумматора также приведены в РЭ п. 2.16.

Е.3 Настройка отображения на дисплее

Если значения сумматора считываются по показаниям дисплея, требуется настроить его так, чтобы он отображал значение с необходимой точностью.

Инструкции по настройке дисплея приведены в РЭ п. 2.6.2.

Для отображения значения сумматора можно использовать любое из полей. При этом поле должно быть настроено на отображение только одного параметра (сумматора).

Необходимо задать следующие настройки поля:

Таблица Е.2

| Параметр | Значение |
|------------|-------------|
| Назначение | Сумматор 1* |
| Формат | XXXX.XXX |
| Единицы | кг |

* или Сумматор 2, в зависимости от выбранного сумматора

Е.4 Настройка отображения в сервисном ПО (например, при отсутствии дисплея).

Работа с сервисным ПО описана в документе «CorService. Описание интерфейса». Документ копируется на компьютер при установке сервисного ПО. Ссылка на документ содержится в меню «Пуск» в группе «Элметро/Фломак/Документы». Настройка формата вывода параметров описана в п. 9. Текущее значение сумматоров отображается параметрами Sum1 и Sum2 для первого и второго сумматора соответственно.

Значение сумматора должно отображаться на индикаторе (сервисной программы) с тремя знаками после запятой. Работа с индикатором описана в п. 6 указанного документа.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(справочное)

Пример расчётов при выполнении поверки по п.8.1

Ж.1 Поверяемый расходомер: Элметро-Фломак-Ех-S050-LEU, класс точности 0,1.

Ж.2 Метод поверки: на поверочной весовой установке РУ-100В, диапазон воспроизводимых расходов 0,1..100 т/ч, ВПИ весового устройства 1000 кг, пределы абсолютной погрешности измерений массы $e = \pm 0,1$ кг, пределы относительной погрешности определения массы порции $\delta_{\text{Массы}} = 0,05\%$, максимальная частота входного сигнала 1000 Гц.

Ж.3 Определим погрешность эталона по формуле (8.1):

$$\delta_{\text{Э}} = \delta_{\text{Массы}} = 0,05\% . \quad (\text{Ж.1})$$

Ж.3 Определим метрологический запас по формуле (8.4):

$$\alpha_p = \frac{\delta_{\text{Э}}}{\delta_{\text{Ф}}} = \frac{0,05\%}{0,1\%} = \frac{1}{2} . \quad (\text{Ж.2})$$

Ж.4 Определим массу жидкости при одном измерении (массу порции). По данным таблицы А.3, максимальное из минимальное значений порции равно 200 кг, минимальное из максимальных значений равно 6000 кг. По формуле (А.3) получаем значение $m_{\text{Smin}} = 200$ кг. Исходя из этих данных, выбираем массу порции, близкую к ВПИ весового устройства: 800 кг.

Ж.5 Получены следующие результаты измерений:

| № измерения | $Q_j = 0,1 \cdot Q_{\text{ном}}$ | | | $Q_j = 0,25 \cdot Q_{\text{ном}}$ | | | $Q_j = Q_{\text{ном}}$ | | |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------|------------|-----------------------------------|-------------------|------------|------------------------|-------------------|------------|
| | $Q_{\text{мн}}$ | $Q_{\text{тобр}}$ | δ_M | $Q_{\text{мн}}$ | $Q_{\text{тобр}}$ | δ_M | $Q_{\text{мн}}$ | $Q_{\text{тобр}}$ | δ_M |
| 1 | 799,99 | 799,94 | 0,006 | 799,93 | 799,99 | -0,008 | 800,02 | 800,14 | -0,016 |
| 2 | 800,21 | 799,82 | 0,048 | 800,25 | 799,94 | 0,039 | 800,09 | 799,93 | 0,020 |
| 3 | 800,23 | 800,24 | -0,001 | 799,97 | 799,96 | 0,002 | 800,13 | 800,06 | 0,009 |
| 4 | 800,05 | 800,34 | -0,036 | 799,76 | 799,96 | -0,025 | 800,08 | 800,11 | -0,003 |
| 5 | 799,71 | 799,76 | -0,006 | 800,00 | 799,72 | 0,035 | 800,07 | 800,01 | 0,008 |
| 6 | 799,92 | 799,96 | -0,005 | 799,99 | 800,12 | -0,016 | 800,13 | 800,10 | 0,004 |
| 7 | 800,09 | 800,22 | -0,017 | 799,95 | 800,02 | -0,009 | 799,94 | 800,03 | -0,011 |
| 8 | 800,12 | 800,12 | 0,000 | 799,85 | 799,85 | 0,000 | 800,16 | 800,01 | 0,018 |
| 9 | 800,12 | 799,83 | 0,037 | 800,04 | 800,38 | -0,043 | 800,00 | 800,04 | -0,004 |
| 10 | 800,15 | 799,79 | 0,045 | 800,11 | 799,99 | 0,015 | 800,01 | 800,02 | -0,002 |
| 11 | 799,92 | 799,91 | 0,001 | 799,78 | 799,94 | -0,019 | 799,90 | 800,18 | -0,035 |
| $\overline{\delta_{M_j}}$ | 0,01 | | | -0,01 | | | 0,01 | | |
| S_j | 0,03 | | | 0,02 | | | 0,02 | | |
| $\max(\delta_M)$ | 0,05 | | | 0,04 | | | 0,03 | | |

Ж.6 Проверяем выполнение условия $S_j \leq 0,03\%$ во всех трёх точках расхода.

Ж.7 Определяем систематическую составляющую погрешности расходомера θ_Σ по формуле (8.8):

$$\theta_\Sigma = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_\Sigma}{1,1}\right)^2 + \delta_M^2 + \left(\frac{Z}{Q_{Мном}} \cdot 100\%\right)^2} = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,05\%}{1,1}\right)^2 + 0,05^2 + 0,0001} = 0,07514 \quad (\text{Ж.3})$$

Ж.8 Определяем случайную составляющую погрешности по формуле (8.9):

$$\varepsilon = 2,203 \cdot S_{\max} = 0,06609. \quad (\text{Ж.4})$$

Ж.9 Определим отношение $\theta_\Sigma / S_{\max} = 0,07514 / 0,03 = 2,5$

Ж.10 Определим значение коэффициента $Z_{0,95}$ по Таблице 8.1: 0,72.

Ж.11 Определим относительную погрешность расходомера при измерении расхода δ по формуле (8.10):

$$\delta = Z_{0,95} \cdot (\theta_\Sigma + \varepsilon) = 0,72 \cdot (0,07514 + 0,06609) = 0,101686 \quad (\text{Ж.5})$$

Ж.12 Значение δ округляем до двух знаков после запятой: $\delta = 0,10$.

Ж.13 Проверяем выполнение условия (8.11):

$$0,10 \leq 0,1. \quad (\text{Ж.6})$$

Ж.14 Условие выполняется, расходомер признается годным для измерений массового расхода и массы жидкости и газа и объёмного расхода и объёма жидкости (при условии положительного результата поверки плотности).

ПРИЛОЖЕНИЕ И

(обязательное)

Плотность сухого атмосферного воздуха

Таблица И.1

| Температура, °С | Плотность сухого атмосферного воздуха в г/см ³ при давлении в мм.рт.ст. | | | | | | | |
|-----------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 675 | 690 | 705 | 720 | 735 | 750 | 760 | 787.5 |
| -10 | 0,001192 | 0,001219 | 0,001245 | 0,001272 | 0,001298 | 0,001325 | 0,001342 | 0,001391 |
| -5 | 0,001170 | 0,001196 | 0,001222 | 0,001248 | 0,001274 | 0,001300 | 0,001317 | 0,001365 |
| 0 | 0,001148 | 0,001174 | 0,001200 | 0,001225 | 0,001251 | 0,001276 | 0,001293 | 0,001340 |
| 5 | 0,001128 | 0,001153 | 0,001178 | 0,001203 | 0,001228 | 0,001253 | 0,001270 | 0,001316 |
| 10 | 0,001108 | 0,001132 | 0,001157 | 0,001182 | 0,001206 | 0,001231 | 0,001247 | 0,001293 |
| 15 | 0,001088 | 0,001113 | 0,001137 | 0,001161 | 0,001185 | 0,001210 | 0,001226 | 0,001270 |
| 20 | 0,001070 | 0,001094 | 0,001117 | 0,001141 | 0,001165 | 0,001189 | 0,001205 | 0,001248 |
| 25 | 0,001052 | 0,001075 | 0,001099 | 0,001122 | 0,001145 | 0,001169 | 0,001184 | 0,001227 |
| 30 | 0,001035 | 0,001058 | 0,001081 | 0,001104 | 0,001127 | 0,001150 | 0,001165 | 0,001207 |
| 35 | 0,001018 | 0,001040 | 0,001063 | 0,001086 | 0,001108 | 0,001131 | 0,001146 | 0,001187 |
| 40 | 0,001001 | 0,001024 | 0,001046 | 0,001068 | 0,001090 | 0,001113 | 0,001127 | 0,001168 |
| 45 | 0,000986 | 0,001008 | 0,001029 | 0,001051 | 0,001073 | 0,001095 | 0,001110 | 0,001150 |
| 50 | 0,000970 | 0,000992 | 0,001014 | 0,001035 | 0,001057 | 0,001078 | 0,001093 | 0,001132 |
| 55 | 0,000956 | 0,000977 | 0,000998 | 0,001019 | 0,001041 | 0,001062 | 0,001076 | 0,001115 |
| 60 | 0,000941 | 0,000962 | 0,000983 | 0,001004 | 0,001025 | 0,001046 | 0,001060 | 0,001098 |
| 65 | 0,000927 | 0,000948 | 0,000968 | 0,000989 | 0,001010 | 0,001030 | 0,001044 | 0,001082 |
| 70 | 0,000914 | 0,000934 | 0,000954 | 0,000975 | 0,000995 | 0,001015 | 0,001029 | 0,001066 |
| 75 | 0,000901 | 0,000921 | 0,000941 | 0,000961 | 0,000981 | 0,001001 | 0,001014 | 0,001051 |
| 80 | 0,000888 | 0,000908 | 0,000927 | 0,000947 | 0,000967 | 0,000986 | 0,000999 | 0,001036 |
| 85 | 0,000875 | 0,000895 | 0,000914 | 0,000934 | 0,000953 | 0,000973 | 0,000986 | 0,001021 |
| 90 | 0,000863 | 0,000882 | 0,000902 | 0,000921 | 0,000940 | 0,000959 | 0,000972 | 0,001007 |