

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии»**

Государственный научный метрологический центр

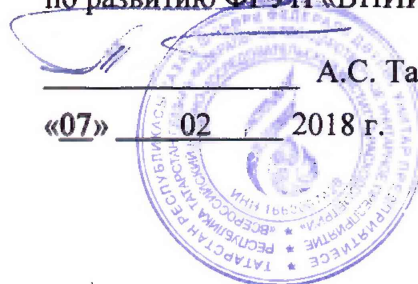
ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

**Заместитель директора
по развитию ФГУП «ВНИИР»**

А.С. Тайбинский

«07» 02 2018 г.



Инструкция

Государственная система обеспечения единства измерений

РАСХОДОМЕРЫ ЖИДКОСТИ ТУРБИННЫЕ СЕРИЙ 1200, 1500

Методика поверки

МП 0720-14-2018

Начальник НИО-14 ФГУП «ВНИИР»

Р.Н. Груздев

Тел.: (843) 299-72-00

**г. Казань
2018**

РАЗРАБОТАНА

ФГУП «ВНИИР»

ИСПОЛНИТЕЛИ

Груздев Р.Н., Черепанов М.В.

УТВЕРЖДЕНА

ФГУП «ВНИИР»

Настоящая инструкция распространяется на расходомеры жидкости турбинные серий 1200, 1500 (далее – расходомеры), предназначенные для измерений объемного расхода и объема жидкости и устанавливает объем, порядок и методику проведения первичной (перед вводом в эксплуатацию и после ремонта) и периодической (при эксплуатации) поверок.

Интервал между поверками – 12 месяцев.

1 Операции поверки

При проведении поверки выполняют операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	6.1	Да	Да
Опробование	6.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик расходомера	6.3	Да	Да
Оформление результатов поверки	7	Да	Да

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяются следующие средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Средства поверки	Характеристики
Рабочий эталон 2-го разряда*	Доверительные границы суммарной погрешности $\pm 0,10\%$
Преобразователь плотности (ПП)	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,30 \text{ кг/м}^3$
Преобразователь избыточного давления	Пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,50\%$
Преобразователи температуры с унифицированным выходным сигналом (далее – преобразователи температуры)	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,20 \text{ }^\circ\text{C}$
Манометры	Класс точности 0,6
Термометры	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,20 \text{ }^\circ\text{C}$
Преобразователь вязкости	Пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 1,0\%$
Влагомер	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,10\%$
Система обработки информации (СОИ)	Пределы допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования $\pm 0,025\%$

* В соответствии с частями 1, 2 Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Минпромторга РФ от 07.02.2018 № 256.

Примечания

1. Для измерений вязкости, плотности, содержания воды в поверочной жидкости допускается применять средства измерений используемые в испытательной лаборатории.

2. При использовании настоящей инструкции следует в установленном порядке проверять действие нормативных документов. Если нормативный документ заменен или частично изменен, то следует руководствоваться положениями действующего взамен или частично измененного документа.

2.2 Применяемые средства поверки должны быть утвержденного типа и иметь действующие свидетельства о поверке и (или) знаки поверки.

Эталонны (поверочная установка (ПУ) с весовым устройством (ВУ), трубопоршневая установка (далее – ТПУ), компакт-прувер (далее – КП)), используемые в качестве средств поверки, должны быть аттестованы в установленном порядке и иметь действующие свидетельства об аттестации.

2.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик расходомеров с требуемой точностью.

3 Требования безопасности

При проведении поверки соблюдают требования безопасности, определяемые правилами безопасности труда и пожарной безопасности, действующими на объекте, где проводится поверка.

К поверке допускаются лица, аттестованные в качестве поверителя, изучившие эксплуатационную документацию на расходомеры и средства их поверки, а также прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

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

Доступ ко всем средствам измерений и вспомогательному оборудованию должен быть свободным.

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

4 Условия поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия

4.1 Поверку расходомера проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами измерительной линии (фильтром, струевыпрямителем, прямым участком).

Поверку расходомера с применением ПУ с ВУ проводят при обязательном выполнении требований 4.6.

4.2 Для обеспечения бескавитационной работы расходомера в процессе поверки устанавливают избыточное давление в трубопроводе после расходомера ($P^{\text{наим}}$, МПа) не менее значения, вычисляемого по формуле

$$P^{\text{наим}} = 2 \cdot \Delta P + 1,25 \cdot P^{\text{н}}, \quad (1.1)$$

где ΔP – разность давления на расходомере, МПа (берут из технической документации на расходомер);

$P^{\text{н}}$ – давление насыщенных паров, определенное в соответствии с действующими нормативными документами, МПа (берут из справки произвольной формы, представленной испытательной лабораторией).

4.3 Для обеспечения однофазности углеводородных сред (УВС) должно выполняться условие

$$\text{- для стабильных УВС} \quad P \geq P^H + \Delta_{P^H} + 0,1, \quad (1.2)$$

$$\text{- для нестабильных УВС} \quad P \geq P^H + \Delta_{P^H} + 0,5, \quad (1.3)$$

где P – абсолютное давление УВС в j -ой точке диапазона измерений, МПа;

Δ_{P^H} – абсолютная погрешность определения P^H , МПа (берут из технической документации на средство измерений давления).

4.4 Поверочная жидкость – вода, нефть (включая нефть с содержанием воды не более 5 %), нефтепродукты, химикаты, промышленные жидкости, УВС (находящиеся в однофазном жидком состоянии).

4.5 Изменение температуры поверочной жидкости за время одного измерения не должно превышать $\pm 0,2$ °С.

4.6 Температура окружающего воздуха, относительная влажность, атмосферное давление и физико-химические свойства поверочной жидкости должны соответствовать условиям эксплуатации поверяемого расходомера и средств поверки.

4.7 Диапазоны рабочего давления, температуры и объемного расхода должны соответствовать техническим характеристикам поверяемого расходомера.

4.8 Отклонение расхода поверочной жидкости от установленного значения в процессе поверки за время одного измерения не превышает 2,5 %.

Примечание - При применении в качестве ПУ ТПУ или КП, запрещается проводить поверку расходомера при расходе поверочной жидкости ниже значения расхода ($Q_{\text{протеч}}$, м³/ч), при котором проводилась проверка ПУ на отсутствие протечек во время ее последней поверки. Значение $Q_{\text{протеч}}$ берут из протокола последней поверки ПУ.

4.9 Во время поверки расходомера расход поверочной жидкости регулируют с помощью регулятора расхода, установленного в конце схемы соединений средств поверки по потоку поверочной жидкости (после ПУ, если она установлена после расходомера или после расходомера, если ПУ установлена до расходомера). Допускается вместо регулятора расхода использовать запорно-регулирующую арматуру.

4.10 Содержание объемной доли воды в нефти не должно превышать 5 %.

5 Подготовка к поверке

5.1 В соответствии с эксплуатационной документацией на средство поверки и расходомер проверяют их готовность к проведению поверки.

5.2 Проверяют выполнение условий разделов 2, 3.

5.3 Устраняют возможность протечек жидкости на участке между расходомером и ПУ. При применении в качестве ПУ ТПУ, устраняют возможность протечек поверочной жидкости в переключателе потока.

Примечание - Задвижки, расположенные на линиях, соединяющих участок между расходомером и ТПУ с другими трубопроводами, четырехходовой кран ТПУ должны иметь устройства контроля протечек.

5.4 Проверяют отсутствие свободного газа (воздуха) в ПУ и расходомере, а также в верхних точках трубопроводов, соединяющих расходомер и ПУ. Для этого устанавливают расход жидкости через расходомер и ПУ в пределах диапазона измерений расходомера и открывают краны, расположенные в верхних точках трубопроводов и ПУ.

При применении в качестве ПУ ТПУ или КП проводят несколько раз пуск поршня до полного прекращения выделения пузырьков воздуха или газа из этих кранов и закрывают их.

5.5 Проверяют герметичность соединений расходомера, трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, через которые возможны протечки поверочной жидкости, влияющие на результаты измерений при поверке. Поверку производят следующим образом, систему заполняют поверочной жидкостью и устанавливают значение поверочного расхода. Систему считают герметичной, если в течение 10 минут не наблюдается течи и капель через фланцевые, резьбовые и сварные соединения. При появлении протечек через задвижки их устраняют до начала поверки расходомера. При невозможности устранения протечек такие задвижки заглушают (проверяют наличие заглушек).

5.6 В случае применения ТПУ проверяют герметичность устройства пуска и приема поршня в соответствии с эксплуатационной документацией. Проверку герметичности четырехходового крана проводят в двух направлениях.

5.7 Проверяют стабильность температуры поверочной жидкости. Температуру поверочной жидкости считают стабильной, если ее изменение в измерительной линии поверяемого расходомера, на входе и выходе ТПУ, в КП за время движения поршня от одного детектора до другого (в двунаправленных ТПУ – в обоих направлениях) не превышает $0,2^{\circ}\text{C}$.

5.8 Подготавливают средства поверки к работе согласно указаниям в эксплуатационной документации на них.

5.9 Вводят в память СОИ необходимые исходные данные (для расходомера: коэффициент(ы) преобразования и соответствующие им значения частоты (расхода), значение максимального расхода и соответствующее ему значение частоты; для ТПУ (КП): вместимость калиброванного участка(ов), внутренний диаметр, толщина стенки, модуль упругости, коэффициент линейного (объемного) расширения материала стенок, коэффициент линейного расширения стержня КП и т.д.) согласно протоколу поверки.

Примечание - В таблицу «Исходные данные» (приложение А настоящей инструкции) записывают:
- для нефти с содержанием воды не более 5 % – значение содержания воды в нефти в объемных долях (W, %), измеренное с помощью влагомера или средств измерений объемной доли воды в нефти в испытательной лаборатории;

- при отсутствии или отказе преобразователя вязкости - значение вязкости поверочной жидкости, определенное по 5.10;

- при отсутствии или отказе поточного ПП – значение плотности поверочной жидкости и коэффициенты объемного расширения и сжимаемости, определенные по 5.11.

5.10 При отсутствии или отказе поточного ПП плотность поверочной жидкости, в начале поверки, определяют в испытательной лаборатории в соответствии с действующими нормативными документами при условиях в расходомере. По полученным значениям плотности и температуры поверочной жидкости определяют коэффициенты объемного расширения и сжимаемости поверочной жидкости согласно приложению Б настоящей инструкции.

Для приведения плотности поверочной жидкости, измеренной в испытательной лаборатории, к условиям в расходомере допускается использовать таблицы, составленные по результатам лабораторных исследований.

Полученные результаты заносят в протокол приложения А настоящей инструкции.

При наличии поточного ПП СОИ автоматически регистрирует значение плотности поверочной жидкости.

5.11 При отсутствии или отказе преобразователя вязкости вязкость поверочной жидкости, в начале поверки, определяют в испытательной лаборатории в соответствии с действующими

нормативными документами при условиях в расходомере. Полученное значение заносят в протокол приложения А настоящей инструкции.

При наличии поточного вискозиметра СОИ автоматически регистрирует значение кинематической вязкости поверочной жидкости.

Примечание – Вязкость поверочной жидкости определяется только для нефти и нефтепродуктов.

6 Проведение поверки

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают:

- отсутствие механических повреждений и дефектов на элементах корпуса и кабельном вводе расходомера, препятствующих его применению;

- соответствие комплектности и маркировки расходомера информации, указанной в эксплуатационной документации.

Результаты осмотра считают положительными, если на элементах корпуса и кабельном вводе расходомера отсутствуют механические повреждения и дефекты, а комплектность и маркировка соответствуют требованиям эксплуатационной документации.

Расходомер, не прошедший внешний осмотр, к поверке не допускается.

6.2 Опробование

При опробовании проводят одно измерение при любом значении расхода в пределах диапазона измерений расходомера.

При применении ТПУ или КП запускают поршень и при прохождении поршня через первый детектор наблюдают на дисплее СОИ за началом отсчета импульсов, а при прохождении второго детектора – за окончанием отсчета импульсов. Если ТПУ двунаправленная, то проводят те же операции при обратном направлении движения поршня.

Результат опробования считают положительным, если на дисплее СОИ за время измерения наблюдается изменение количества импульсов.

При применении ПУ с ВУ опробование расходомера проводят путем изменения расхода (увеличение или уменьшение) в пределах диапазона измерений расходомера.

Результат опробования считают положительным, если на дисплее СОИ наблюдается изменение показаний расхода соответствующим образом (увеличивается или уменьшается).

6.3 Определение метрологических характеристик (МХ) расходомера

Определение МХ расходомера проводят в соответствии с 6.3.4, 6.3.5 в зависимости от применяемой ПУ.

6.3.1 МХ рабочего расходомера и его градуировочную характеристику (ГХ) определяют при крайних значениях диапазона измерений расходомера и значениях, выбранных внутри него. Значения поверочного расхода (точки диапазона измерений) рекомендуется выбирать с интервалом не более 20 % от верхнего предела измерений поверяемого расходомера (Q_{\max} , м³/ч). Количество точек диапазона измерений выбирают исходя из возможностей СОИ. Разбиение диапазона измерений расходомера на поддиапазоны проводят в зависимости от крутизны ГХ расходомера, величины диапазона измерений и вида реализации ГХ в СОИ согласно 6.4.3.1, 6.4.3.2.

Примечание – В соответствии с приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815 на основании письменного заявления владельца поверку расходомера допускается проводить только для участка диапазона измерений, в котором эксплуатируется расходомер (рабочий диапазон).

6.3.2 МХ контрольного расходомера определяют в тех же точках расхода, в которых определены МХ рабочего.

6.3.3 В случае использования контрольного расходомера в качестве контрольно-резервного дополнительно определяют его МХ как для рабочего.

Примечание – Для контрольно-резервного расходомера обработку результатов измерений согласно разделу 6.4 и оформление результатов поверки согласно разделу 7 проводят как для контрольного расходомера, так и для рабочего расходомера.

6.3.4 Для определения МХ рабочего и контрольного расходомеров с применением в качестве ПУ ТПУ или КП выполняют следующие операции.

6.3.4.1 Проводят предварительное измерение для установления выбранного значения поверочного расхода жидкости.

Примечания

1 Прохождение поршня ПУ от одного детектора до другого считают за одно измерение, а для двунаправленной ПУ за одно измерение считают движение поршня в прямом и обратном направлениях.

2 Если в свидетельстве о поверке ПУ указаны МХ для каждого направления движения поршня, то пуск поршня в каждом направлении считают за одно измерение.

3 Если в свидетельстве о поверке ПУ указаны МХ для двух пар детекторов, то описанные выше операции проводят, используя одновременно обе пары детекторов. При этом пуск поршня считают за два измерения.

6.3.4.2 Запускают поршень ПУ и после прохождения поршнем второго детектора регистрируют время прохождения поршнем от одного детектора до другого (T_{0j} , с) и расход жидкости, измеренный с помощью ПУ за это время ($Q_{0j}^{ПУ}$, м³/ч), вычисляемый по формуле

$$Q_{0j}^{ПУ} = \frac{V_{0j} \cdot 3600}{T_{0j}}, \quad (2)$$

где V_{0j} - вместимость ПУ, м³, при предварительном измерении в j-ой точке диапазона измерений, приведенная к условиям поверки расходомера и вычисляемая по формуле (4.1) после подстановки вместо величин с индексом «j» величин с индексом «0j»;

T_{0j} - время прохождения поршнем от одного детектора до другого при предварительном измерении в j-ой точке диапазона измерений ($j = 1, 2, \dots, m$, где m – количество точек в диапазоне измерений).

Примечание – Если в качестве средства поверки применяют КП, то в расчетах используют объем V_{0j}^U , полученный при поверке в режиме Upstream (против потока) или объем V_{0j}^D , полученный при поверке в режиме Downstream (по потоку).

6.3.4.3 При необходимости проводят корректировку значения поверочного расхода регулятором расхода или запорной арматурой, контролируя его значение согласно 6.3.4.2.

Примечание – Допускается устанавливать и контролировать значение поверочного расхода согласно приложению В настоящей инструкции.

6.3.4.4 После стабилизации расхода в соответствии с 4.8 вновь запускают поршень ПУ и проводят серию измерений.

6.3.4.5 По окончании каждого измерения результаты измерений регистрируют и записывают в протокол поверки (приложение А):

- номер точки диапазона измерений (j);
- номер измерения (i);
- количество импульсов (N_{ij} , имп);
- время движения поршня (T_{ij} , с);
- расход поверочной жидкости (Q_{ij} , м³/ч);
- частоту выходного сигнала расходомера (f_{ij} , Гц);
- температуру (t_{ij} , °С) и давление (P_{ij} , МПа) поверочной жидкости в расходомере;
- среднеарифметические значения температуры ($t_{пу\,ij}$, °С) и давления ($P_{пу\,ij}$, МПа) поверочной жидкости на входе и выходе ПУ.

Примечание – Для КП дополнительно, используя преобразователь температуры установленный на планки крепления детекторов КП или инварового стержня, регистрируют температуру ($t_{стij}$, °С) планки крепления детекторов КП или инварового стержня (при отсутствии преобразователя температуры, ее значение принимают равной температуре окружающей среды).

6.3.4.6 При наличии поточного ПП и/или преобразователя вязкости СОИ дополнительно регистрирует:

- температуру (t_{rij} , °С) поверочной жидкости в поточном ПП;
- плотность поверочной жидкости, измеренную поточным ПП (ρ_{ij} , кг/м³) при температуре и давлении в поточном ПП;
- коэффициенты объемного расширения (β_{ij} , °С⁻¹) и сжимаемости (γ_{ij} , МПа⁻¹) поверочной жидкости, определенные согласно приложению В настоящей инструкции (или вычисленный согласно алгоритму реализованному в СОИ) по плотности ρ_{ij} и температуре t_{rij} ;
- вязкость поверочной жидкости (ν_{ij} , сСт) при температуре t_{rij} (определяется для нефти и нефтепродуктов).

Примечание – При отсутствии автоматической регистрации результатов измерений в СОИ результаты измерений регистрируют вручную и записывают в протокол поверки (приложение А настоящей инструкции).

6.3.4.7 Если СОИ проводит коррекцию коэффициента преобразования расходомера по отношению частоты выходного сигнала расходомера к вязкости поверочной жидкости (f/ν), то по окончании измерения СОИ дополнительно регистрирует отношение частоты к вязкости $((f/\nu)_{ij}$, Гц/сСт).

6.3.4.8 Рекомендуемый минимальный объем жидкости, прошедшей через расходомер за одно измерение, должен обеспечивать набор не менее 10000 имп. Если количество импульсов выходного сигнала расходомера, соответствующее прохождению поршня в одном направлении, меньше 10000, то при поверке учитывают доли периода следования импульсов с точностью до шести значащих цифр. Доли периодов учитывают автоматически с помощью СОИ.

6.3.4.9 Для каждой точки диапазона измерений при поверке рабочих расходомеров проводят **не менее пяти** измерений, а контрольного расходомера – **не менее семи** измерений.

6.3.4.10 Операции по 6.3.4.1 - 6.3.4.9 проводят во всех точках диапазона измерений расходомера.

6.3.4.11 При отсутствии или отказе преобразователя вязкости вязкость поверочной жидкости, в конце поверки, определяют в испытательной лаборатории в соответствии с действующими нормативными документами, при температуре поверочной жидкости в расходомере. Полученное значение заносят в протокол приложения А настоящей инструкции.

6.3.5 Для определения МХ рабочего и контрольного расходомеров с применением ПУ с ВУ выполняют следующие операции.

6.3.5.1 Измеряют и записывают в протокол значения давления (P_a , кПа), температуры (t_a , °С) и влажности (ϕ , %) окружающего воздуха.

6.3.5.2 Согласно эксплуатационной документации на ПУ устанавливают необходимое значение расхода, используя показания расходомера, входящего в состав ПУ.

6.3.5.3 После стабилизации расхода в соответствии с 4.8 проводят серию измерений.

6.3.5.4 По окончании каждого измерения результаты измерений регистрируют и записывают в протокол поверки (приложение Б):

- номер точки диапазона измерений (j);
- номер измерения (i);
- количество импульсов (N_{ij} , имп);
- время заполнения бака весового устройства (T_{ij} , с);
- температуру (t_{ij} , °С) и давление (P_{ij} , МПа) поверочной жидкости в расходомере;
- температуру ($t_{пуij}$, °С) поверочной жидкости в баке весового устройства ПУ.

6.3.5.5 Для каждой точки диапазона измерений при поверке рабочих расходомеров проводят **не менее пяти** измерений, а контрольного расходомера – **не менее семи** измерений.

6.3.5.6 Операции по 6.3.5.2 - 6.3.5.5 проводят во всех точках диапазона измерений расходомера.

6.3.5.7 Рекомендуемый минимальный объем поверочной жидкости, прошедшей через расходомер за одно измерение, должен обеспечивать набор не менее 10000 имп. Если количество импульсов выходного сигнала расходомера, соответствующее прохождению поршня в одном направлении, меньше 10000, то при поверке учитывают доли периода следования импульсов с точностью до шести значащих цифр. Доли периодов учитывают автоматически с помощью СОИ.

6.4 Обработка результатов измерений

При обработке результатов измерений определяют коэффициенты преобразования, оценивают среднеквадратическое отклонение (СКО) случайной составляющей погрешности результатов определений коэффициентов преобразования, параметры ГХ, неисключенную систематическую и случайную составляющие погрешности и определяют относительную погрешность.

6.4.1 Вычисление коэффициентов преобразования в точках диапазона измерений

6.4.1.1 Коэффициент преобразования (K_{ij} , имп/м³) при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений вычисляют по формуле

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{V_{ij}}, \quad (3)$$

где V_{ij} - объем поверочной жидкости, измеренный ПУ при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений, приведенное к условиям в расходомере и вычисляемый по формулам:

- для ТПУ и КП

$$V_{ij} = \begin{cases} V_0 \cdot k_{ij}^{tP} & \text{вариант 1} \\ V_0 \cdot \frac{CTL_{ПУij} \cdot CPL_{ПУij}}{CTL_{ПРij} \cdot CPL_{ПРij}} \cdot k_{ij}^t \cdot k_{ij}^P & \text{вариант 2} \end{cases} \quad (4.1)$$

- для ПУ с ВУ

$$V_{ij} = \frac{M_{ij}}{\rho_{ij}}, \quad (4.2)$$

где M_{ij} - масса поверочной жидкости, измеренная ПУ с ВУ, с учетом выталкивающей силы Архимеда, кг;

ρ_{ij} - плотность поверочной жидкости, измеренная ПП или в лаборатории и приведенная к условиям в расходомере согласно алгоритму, реализованному в СОИ ПУ или принятая по таблицам, сформированным по лабораторным данным периодически проводимых исследований фактической плотности при различных значениях температуры и давления, кг/м³;

V_0 - вместимость ПУ (ТПУ, КП) при стандартных условиях ($t_0 = 15$ (20) °С, $P = 0$ МПа) (берут из свидетельства о поверке ПУ), м³;

$CTL_{ПУij}$, $CTL_{ПРij}$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем поверочной жидкости в ПУ (ТПУ, КП) и расходомере при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений (определяют по Р 50.2.076-2010 «ГСИ. Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программа и таблицы приведения»);

$CPL_{ПУij}$, $CPL_{ПРij}$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние давления на объем поверочной жидкости в ПУ (ТП, КП) и расходомере при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений (определяют по Р 50.2.076);

k_{ij}^{tP} - поправочный коэффициент для приведения вместимости ПУ к условиям поверки расходомера при i -м измерении в j -й точке диапазона измерений, вычисляемый по формуле

$$k_{ij}^{tP} = k_{ij}^t \cdot k_{ij}^P \cdot k_{ij}^{tж} \cdot k_{ij}^{Pж}, \quad (5)$$

где k_{ij}^t - коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок ПУ (ТПУ, КП) на вместимость ПУ при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений, вычисляемый по формуле (6) для ТПУ и по формуле (7) для КП;

k_{ij}^P - коэффициент, учитывающий влияние давления жидкости на вместимость ПУ при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений, вычисляемый по формуле (8);

$k_{ij}^{tж}$ - коэффициент, учитывающий разность значений температуры жидкости в расходомере и ПУ при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений, вычисляемый по формуле (9);

$k_{ij}^{Pж}$ - коэффициент, учитывающий разность значений давления жидкости в расходомере и в ПУ при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений и вычисляемый по формуле (10).

Примечание к формуле (4.1) - Алгоритм вычисления (вариант 1) используется в случае применения в качестве поверочной жидкости: воды, нефти (с содержанием воды не более 5 %), нефтепродуктов, химикатов, промышленных жидкостей, УВС. Алгоритм вычисления (вариант 2) используется только в случае применения в качестве поверочной жидкости нефти (с содержанием воды не более 5 %) и нефтепродуктов. Выбор варианта зависит от реализованного в СОИ алгоритма вычислений.

6.4.1.2 Для ТПУ (k_{ij}^t) вычисляют по формуле

$$k_{ij}^t = \begin{cases} 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot (t_{\text{пву}ij} - t_0) & \text{вариант 1} \\ 1 + \alpha_0 \cdot (t_{\text{пву}ij} - t_0) & \text{вариант 2} \end{cases} \quad (6)$$

- где
- α_t - коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (берут из эксплуатационной документации ТПУ или определяют по таблице В.1 приложения В настоящей инструкции);
 - α_0 - коэффициент объемного расширения материала стенок ТПУ, $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (берут из эксплуатационной документации ТПУ или определяют по таблице В.1 приложения В настоящей инструкции);
 - $t_{\text{пву}ij}$ - среднеарифметическое значение температуры поверочной жидкости на входе и выходе ПУ (ТПУ, КП) при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений, $^{\circ}\text{C}$;
 - t_0 - стандартное значение температуры при которой проведено определение вместимости калиброванного участка ПУ (ТПУ, КП) (15°C или 20°C) (принимают в соответствии с эксплуатационной документацией ПУ (ТПУ, КП) или свидетельством о поверке), $^{\circ}\text{C}$.

6.4.1.3 Для КП (k_{ij}^t) вычисляют по формуле

$$k_{ij}^t = \begin{cases} 1 + 2 \cdot \alpha_t \cdot (t_{\text{пву}ij} - t_0) + \alpha_d \cdot (t_{\text{ст}} - t_0) & \text{вариант 1} \\ 1 + \alpha_k \cdot (t_{\text{пву}ij} - t_0) + \alpha_d \cdot (t_{\text{ст}} - t_0) & \text{вариант 2} \end{cases} \quad (7)$$

- где
- $t_{\text{ст}}$ - температура планки крепления детекторов КП или инварового стержня, при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений расхода, $^{\circ}\text{C}$;
 - α_d - коэффициент линейного расширения материала планки крепления детекторов КП или инварового стержня, $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (берут из эксплуатационной документации КП или определяют по таблице В.1 приложения В настоящей инструкции);
 - α_k - квадратичный коэффициент расширения материала стенок КП (берут из эксплуатационной документации КП или определяют по таблице В.1 приложения В настоящей инструкции).

Примечание к формулам (6) и (7) – Выбор варианта вычислений зависит от реализованного в СОИ алгоритма.

6.4.1.4 Коэффициент (k_{ij}^p) вычисляют по формуле:

- если при поверке и определении вместимости калиброванного участка ПУ (ТПУ, КП) учитывается коэффициент «0,95»

$$k_{ij}^p = 1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot S} \cdot P_{\text{пву}ij}, \quad (8.1)$$

- если при поверке и определении вместимости калиброванного участка ПУ (ТПУ, КП) коэффициент «0,95» не учитывается

$$k_{ij}^p = 1 + \frac{D}{E \cdot S} \cdot P_{\text{пву}ij}, \quad (8.2)$$

- где
- $P_{\text{пву}ij}$ - среднеарифметическое значение давления поверочной жидкости на входе и выходе ПУ (ТПУ, КП) при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений, МПа;

- D, S - внутренний диаметр и толщина стенок калиброванного участка ПУ (ТПУ, КП) соответственно, мм (берут из эксплуатационной документации ПУ);
- E - модуль упругости материала стенок ПУ (ТПУ, КП), МПа (берут из эксплуатационной документации ПУ (ТПУ, КП) или определяют по таблице В.1, приложения В настоящей инструкции).

6.4.1.5 Коэффициент ($k_{ij}^{t^*}$) вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{t^*} = 1 + \beta_{ij} \cdot (t_{ij} - t_{ПВij}), \quad (9)$$

- где t_{ij} - значение температуры поверочной жидкости в расходомере при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений, °С;
- β_{ij} - коэффициент объемного расширения поверочной жидкости, °С⁻¹, при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений (определяют по приложению В настоящей инструкции).

6.4.1.6 Коэффициент ($k_{ij}^{P^*}$) вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{P^*} = 1 - \gamma_{ij} \cdot (P_{ij} - P_{ПВij}), \quad (10)$$

- где P_{ij} - значение давления поверочной жидкости в расходомере при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений, МПа;
- γ_{ij} - коэффициент сжимаемости поверочной жидкости, МПа⁻¹ (определяют по приложению В настоящей инструкции).

6.4.2 Определение средних значений измеренных и вычисленных величин и оценивание СКО случайной составляющей погрешности в каждой точке диапазона измерений расходомера

6.4.2.1 Коэффициенты преобразования (K_j , имп/м³) в каждой точке диапазона измерений вычисляют по формуле

$$K_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij}, \quad (11)$$

- где n_j - количество измерений в j -й точке диапазона измерений.

6.4.2.2 Для определения средних значений в j -ой точке измеренных и вычисленных величин: частоты выходного сигнала расходомера (f_j , Гц), расхода поверочной жидкости (Q_j , м³/ч), отношения частоты к вязкости $(f/\nu)_j$ используют выражение (11), подставляя в эту формулу вместо K_{ij} частоту f_{ij} , расход Q_{ij} и отношение $(f/\nu)_{ij}$, соответственно, полученные при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений.

Примечание - Частоту выходного сигнала расходомера (Гц) при i -м измерении в j -й точке диапазона измерений вычисляют по формуле $f_{ij} = \frac{N_{ij}}{T_{ij}}$.

6.4.2.3 СКО случайной составляющей погрешности определений коэффициентов преобразования в каждой точке диапазона измерений (S_j , %) вычисляют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ij} - K_j)^2}{(n_j - 1)}} \cdot \frac{100}{K_j}. \quad (12)$$

6.4.2.3 Должно выполняться условие:

- для рабочего (контрольного) расходомера с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,15$ ($\pm 0,1$) %

$$S_j \leq 0,02 \%, \quad (13.1)$$

- для рабочего расходомера с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,25$ %

$$S_j \leq 0,05 \%. \quad (13.2)$$

6.4.2.4 Если условия (13.1) или (13.2) не выполняются, анализируют причины и выявляют промахи согласно приложению Д настоящей инструкции.

Допускаемое количество промахов:

- один из 4 - 7 измерений;
- два из 8 - 11 измерений.

В противном случае поверку прекращают.

6.4.2.5 После исключения промахов при необходимости количество измерений доводят до значения указанного в 6.3.4.9 или 6.3.5.5.

6.4.2.6 Проводят повторное оценивание СКО по 6.4.2.1 - 6.4.2.3.

6.4.2.7 При повторном невыполнении условия (13.1) или (13.2) поверку прекращают.

6.4.2.8 При соблюдении условия (13.1) или (13.2) проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

6.4.3 Определение параметров ГХ

ГХ расходомера – функция, описывающая зависимость между коэффициентом преобразования расходомера (K , имп/м^3) и одной из величин: расхода поверочной жидкости (Q , $\text{м}^3/\text{ч}$), частоты выходного сигнала расходомера (f , Гц), отношения частоты к вязкости поверочной жидкости (f/ν , Гц/сСт).

В зависимости от вида реализации ГХ в СОИ параметры ГХ определяют согласно 6.4.3.1, 6.4.3.2.

6.4.3.1 При реализации ГХ в виде постоянного значения коэффициента преобразования в диапазоне измерений расходомера коэффициент преобразования (K_d , имп/м^3) вычисляют по формуле

$$K_d = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m K_j, \quad (14)$$

где m - количество точек диапазона измерений;

K_j - коэффициент преобразования, вычисленный по формуле (11), имп/м^3 .

В память СОИ вводят вычисленное по формуле (14) значение коэффициента преобразования и значения (Q , f или f/ν) соответствующие границам диапазона измерений расходомера.

6.4.3.2 При реализации ГХ согласно 6.4.3.2.1 - 6.4.3.2.2 рабочий диапазон разбивают на поддиапазоны. Границами поддиапазонов являются точки диапазона измерений, в которых проведена поверка. Количество поддиапазонов – на единицу меньше количества точек диапазона измерений.

6.4.3.2.1 При реализации ГХ в виде постоянных значений коэффициентов преобразования в поддиапазонах коэффициенты преобразования в каждом поддиапазоне ($K_{\text{ПДк}}$, имп/м^3) вычисляют по формуле

$$K_{\text{пдк}} = \frac{K_j + K_{j+1}}{2}, \quad (15)$$

где K_j, K_{j+1} - коэффициенты преобразования, вычисленные по формуле (11), в граничных точках поддиапазона, имп/м^3 .

6.4.3.2.2 При реализации ГХ в виде ломаной линии зависимость коэффициента преобразования в каждом поддиапазоне от одной из величин (Q , f или f/v) имеет вид прямой линии, соединяющей значения коэффициентов преобразования, вычисленных по формуле (11), в граничных точках поддиапазона. В память СОИ вводят вычисленные по формуле (11) значения коэффициентов преобразования и соответствующие значения (Q , f или f/v) в точках диапазона измерений.

6.4.4 Определение неисключенной систематической погрешности

6.4.4.1 Неисключенную систематическую погрешность (Θ_{Σ} , %) в зависимости от применяемой ПУ вычисляют:

- для контрольного расходомера по формуле

1) для ТПУ или КП

$$\Theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma_0}^2 + \Theta_{V_0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{СОИ}}^2}, \quad (16.1)$$

2) для ПУ с ВУ

$$\Theta_{\Sigma} = \Theta_{\text{ПУ}}, \quad (16.2)$$

- для рабочих расходомеров с реализацией ГХ в СОИ согласно 6.4.3.1 по формуле

1) для ТПУ или КП

$$\Theta_{\Sigma\text{д}} = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma_0}^2 + \Theta_{V_0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{СОИ}}^2 + \Theta_{\text{д}}^2}, \quad (17.1)$$

2) для ПУ с ВУ

$$\Theta_{\Sigma\text{д}} = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\text{ПУ}}^2 + \Theta_{\text{д}}^2}, \quad (17.2)$$

- для рабочих расходомеров с реализацией ГХ в СОИ согласно 6.4.3.2 по формуле

1) для ТПУ или КП

$$\Theta_{\Sigma\text{пдк}} = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma_0}^2 + \Theta_{V_0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{СОИ}}^2 + \Theta_{\text{пдк}}^2}, \quad (18.1)$$

2) для ПУ с ВУ

$$\Theta_{\Sigma\text{пдк}} = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\text{ПУ}}^2 + \Theta_{\text{пдк}}^2}, \quad (18.2)$$

где Θ_{Σ_0} - граница суммарной составляющей неисключенной систематической погрешности ПУ, % (берут из свидетельства о поверке или калибровке ПУ);
 Θ_{V_0} - граница составляющей неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ПУ, % (берут из свидетельства о поверке или калибровке ПУ);
 $\Theta_{\text{ПУ}}$ - пределы допускаемой относительной погрешности ПУ с ВУ при измерении объема поверочной жидкости (расширенная неопределенность), % (берут из свидетельства о поверке или калибровке ПУ);
 $\Theta_{\text{СОИ}}$ - предел допускаемой относительной погрешности определений коэффициентов преобразования в СОИ, % (берут из свидетельства о поверке СОИ);

- Θ_t - граница составляющей неисключенной систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры, %, вычисляемая по формуле (20);
- Θ_d , $\Theta_{\text{ПДк}}$ - границы составляющей неисключенной систематической погрешности, обусловленные погрешностью аппроксимации ГХ для диапазона измерений и поддиапазона соответственно (определяют по формулам (20) - (22) в зависимости от вида реализации ГХ в СОИ), %.

$$\Theta_t = \beta_{\text{max}} \cdot \sqrt{\Delta t_p^2 + \Delta t_{\text{ПУ}}^2} \cdot 100, \quad (19)$$

где β_{max} - максимальное значение коэффициента объемного расширения поверочной жидкости из ряда значений, определенных согласно приложению В, $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Примечания

1. При вычислении Θ_{Σ} по формуле (16.1) максимальное значение β_{max} выбирают из ряда значений, определенных при всех измерениях в точке диапазона измерений расходомера.

2. При вычислении $\Theta_{\Sigma d}$ по формуле (17.1) максимальное значение β_{max} выбирают из ряда значений, определенных при всех измерениях во всех точках диапазона измерений расходомера.

3. При вычислении $\Theta_{\Sigma \text{ПДк}}$ по формуле (18.1) максимальное значение β_{max} выбирают из ряда значений, определенных при всех измерениях в k-м поддиапазоне диапазона измерений расходомера.

- Δt_p - пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры в измерительной линии расходомера и ПУ (берут из свидетельств о поверке преобразователей температуры), $^{\circ}\text{C}$.
- $\Delta t_{\text{ПУ}}$ - пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры в измерительной линии расходомера и ПУ (берут из свидетельств о поверке преобразователей температуры), $^{\circ}\text{C}$.

6.4.4.2 При реализации ГХ в СОИ согласно 6.4.3.1 границу составляющей неисключенной систематической погрешности (Θ_d , %) в диапазоне измерений расходомера вычисляют по формуле

$$\Theta_d = \max \left| \frac{K_j - K_d}{K_d} \right| \cdot 100, \quad (20)$$

где K_j - значение коэффициента преобразования, $\text{имп}/\text{м}^3$, в j-ой точке диапазона измерений, вычисленное по формуле (11);

K_d - среднее значение коэффициента преобразования, $\text{имп}/\text{м}^3$, в диапазоне измерений расходомера, вычисленное по формуле (14).

6.4.4.3 При реализации ГХ в СОИ согласно 6.4.3.2.1 границу составляющей неисключенной систематической погрешности ($\Theta_{\text{ПДк}}$, %) в каждом поддиапазоне вычисляют по формуле

$$\Theta_{\text{ПДк}} = \left| \frac{K_j - K_{\text{ПДк}}}{K_{\text{ПДк}}} \right| \cdot 100, \quad (21)$$

где $K_{\text{ПДк}}$ - среднее значение коэффициента преобразования, $\text{имп}/\text{м}^3$, в поддиапазоне, вычисленное по формуле (15).

6.4.4.4 При реализации ГХ в СОИ согласно 6.4.3.2.2 границу составляющей неисключенной систематической погрешности ($\Theta_{\text{ПДк}}$, %) в каждом поддиапазоне вычисляют по формуле

$$\Theta_{\text{ПДк}} = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{K_j - K_{j+1}}{K_j + K_{j+1}} \right| \cdot 100. \quad (22)$$

6.4.5 Определение случайной составляющей погрешности

Случайную составляющую погрешности определения коэффициента преобразования при доверительной вероятности $P = 0,95$ вычисляют:

- для контрольного расходомера по формуле (23);
- для рабочих расходомеров с реализацией ГХ в СОИ согласно 6.4.3.1 по формуле (24);
- для рабочих расходомеров с реализацией ГХ в СОИ согласно 6.4.3.2 по формуле (25).

$$\varepsilon_j = t_{0,95} \cdot S_{0j}, \quad (23)$$

$$\varepsilon_d = \max(\varepsilon_j), \quad (24)$$

$$\varepsilon_{\text{ПДк}} = \max(\varepsilon_{jk}, \varepsilon_{j+1 k}, \varepsilon_{j+2 k}, \dots), \quad (25)$$

- где ε_j - значение случайной составляющей погрешности в j -й точке диапазона измерений, %;
- $t_{0,95}$ - квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,95$ (определяют по таблице Г.2 настоящей инструкции);
- S_{0j} - СКО среднего значения случайной составляющей погрешности определений коэффициентов преобразования, %, в каждой j -ой точке диапазона измерений, вычисленное по формуле (26);
- n_j - число измерений в j -ой точке диапазона измерений расхода;
- ε_d - значение случайной составляющей погрешности в диапазоне измерений расходомера, %;
- ε_{jk} - значение случайной составляющей погрешности в j -ой точке, попадающей в k -ый поддиапазон, %;
- $\varepsilon_{\text{ПДк}}$ - значение случайной составляющей погрешности в k -ом поддиапазоне, %.

6.4.6 СКО среднего значения случайной составляющей погрешности определений коэффициентов преобразования в каждой точке диапазона измерений (S_{0j} , %) вычисляют по формуле

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}. \quad (26)$$

6.4.7 Определение относительной погрешности

6.4.7.1 Относительную погрешность рабочих и контрольного расходомеров (δ , %) вычисляют:

- для контрольного расходомера по формуле

$$\delta_j = \begin{cases} t_{\Sigma j} \cdot S_{\Sigma j} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_{0j}} \leq 8 \\ \Theta_{\Sigma} & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_{0j}} > 8 \end{cases}, \quad (27)$$

$$t_{\Sigma j} = \frac{\varepsilon_j + \Theta_{\Sigma}}{S_{0j} + S_{\Theta}}, \quad (28)$$

$$S_{\Sigma j} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_{0j}^2}, \quad (29)$$

1) для ТПУ или КП

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma_0}^2 + \Theta_{V_0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{СОИ}}^2}{3}}, \quad (30.1)$$

2) для ПУ с ВУ

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_{\text{ПУ}}^2}{3}}, \quad (30.2)$$

- где δ_j - относительная погрешность контрольного расходомера в j -ой точке диапазона измерений, %;
- $t_{\Sigma j}$ - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей в j -ой точке диапазона измерений;
- $S_{\Sigma j}$ - суммарное СКО результатов измерений в j -ой точке диапазона измерений, %;
- S_{Θ} - СКО суммы неисключенных систематических погрешностей в точке диапазона измерений, %;

- для рабочих расходомеров с реализацией ГХ в СОИ согласно 6.4.3.1 по формуле

$$\delta_D = \begin{cases} t_{\Sigma D} \cdot S_{\Sigma D} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma D}}{S_D} \leq 8 \\ \Theta_{\Sigma D} & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma D}}{S_D} > 8 \end{cases}, \quad (31)$$

$$t_{\Sigma D} = \frac{\epsilon_D + \Theta_{\Sigma D}}{S_D + S_{\Theta D}}, \quad (32)$$

$$S_{\Sigma D} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_D^2}, \quad (33)$$

1) для ТПУ или КП

$$S_{\Theta D} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma_0}^2 + \Theta_{V_0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{СОИ}}^2 + \Theta_D^2}{3}}, \quad (34.1)$$

2) для ПУ с ВУ

$$S_{\Theta D} = \sqrt{\frac{\Theta_{\text{ПУ}}^2 + \Theta_D^2}{3}}; \quad (34.2)$$

- где δ_D - относительная погрешность рабочего расходомера в диапазоне измерений, %;
- S_D - наибольшее значение из ряда СКО, вычисленных по формуле (26), в точках диапазона измерений, % ($S_D = \max(S_{0j})$);
- $t_{\Sigma D}$ - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей в диапазоне измерений;
- $S_{\Sigma D}$ - суммарное СКО результатов измерений в диапазоне измерений, %;
- $S_{\Theta D}$ - СКО суммы неисключенных систематических погрешностей в диапазоне измерений, %;

- для рабочих расходомеров с реализацией ГХ в СОИ согласно 6.4.3.2 по формуле

$$\delta_{\text{пдк}} = \begin{cases} t_{\Sigma\text{пдк}} \cdot S_{\Sigma\text{пдк}} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma\text{пдк}}}{S_{\text{пдк}}} \leq 8 \\ \Theta_{\Sigma\text{пдк}} & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma\text{пдк}}}{S_{\text{пдк}}} > 8 \end{cases}, \quad (35)$$

$$t_{\Sigma\text{пдк}} = \frac{\varepsilon_{\text{пдк}} + \Theta_{\Sigma\text{пдк}}}{S_{\text{пдк}} + S_{\Theta\text{пдк}}}, \quad (36)$$

$$S_{\Sigma\text{пдк}} = \sqrt{S_{\Theta\text{пдк}}^2 + S_{\text{пдк}}^2}, \quad (37)$$

1) для ТПУ или КП

$$S_{\Theta\text{пдк}} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma o}^2 + \Theta_{V o}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{СОИ}}^2 + \Theta_{\text{пдк}}^2}{3}}, \quad (38.1)$$

2) для ПУ с ВУ

$$S_{\Theta\text{пдк}} = \sqrt{\frac{\Theta_{\text{ПУ}}^2 + \Theta_{\text{пдк}}^2}{3}}, \quad (38.2)$$

- где $\delta_{\text{пдк}}$ - относительная погрешность рабочего расходомера в k-ом поддиапазоне, %;
- $S_{\text{пдк}}$ - наибольшее значение из ряда СКО, вычисленных по формуле (26), в точках k-го поддиапазона диапазона измерений, % ($S_{\text{пдк}} = \max(S_{0jk}, S_{0j+1k}, S_{0j+2k}, \dots)$);
- $t_{\Sigma\text{пдк}}$ - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей в k-ом поддиапазоне диапазона измерений;
- $S_{\Sigma\text{пдк}}$ - суммарное СКО результатов измерений в k-ом поддиапазоне диапазона измерений, %;
- $S_{\Theta\text{пдк}}$ - СКО суммы неисключенных систематических погрешностей в k-ом поддиапазоне диапазона измерений, %.

6.4.7.2 Проверяют выполнение условия:

- для рабочих расходомеров (в диапазоне измерений расходомера или в каждом поддиапазоне в зависимости от способа реализации ГХ в СОИ)

$$\delta_d, \delta_{\text{пдк}} \leq 0,15 \% (0,25 \%), \quad (39.1)$$

- для контрольного расходомера (в точках диапазона измерений)

$$\delta_j \leq 0,10 \%. \quad (39.2)$$

6.4.7.3 Если условие (39.1) для рабочего, (39.2) для контрольного не выполняется, то рекомендуется:

- увеличить количество точек в диапазоне измерений расходомера;
- увеличить количество измерений в точках диапазона измерений расходомера;
- увеличить количество проходов поршня за одно измерение (при поверке по ТПУ, КП);
- уменьшить диапазон измерений расходомера.

Проводят повторно операции согласно 6.3.

6.4.7.4 При повторном невыполнении условия (39.1) для рабочего, (39.2) для контрольного поверку прекращают.

В случае невыполнения условия (39.2) и выполнения условия (39.1) контрольно-

резервный расходомер к дальнейшему применению в качестве контрольного не допускают.

В этом случае расходомер к дальнейшему применению допускают только в качестве рабочего.

7 Оформление результатов поверки

7.1 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке в соответствии с документом «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденным Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815 (далее – Порядок проведения поверки), на лицевой стороне свидетельства наносится оттиск клейма поверителя.

7.2 Результаты поверки оформляют протоколом по форме, приведенной в приложении А или Б настоящей инструкции. Один экземпляр протокола поверки, закрепленный личной подписью и оттиском клейма поверителя, прилагают к свидетельству о поверке как обязательное приложение.

Примечание – При оформлении протокола поверки средствами вычислительной техники и вручную допускается форму протокола поверки представлять в измененном виде согласно условиям заполнения колонок протокола поверки приложения А или Б настоящей инструкции.

7.3 На оборотной стороне свидетельства о поверке указывают, что расходомер допущен к применению в качестве:

- рабочего с пределами допускаемой относительной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,15\%$ ($\pm 0,25\%$);

- контрольного с пределами допускаемой относительной погрешности в точках диапазона измерений $\pm 0,10\%$;

- контрольно-резервного с функциями контрольного с пределами допускаемой относительной погрешности в точках диапазона измерений $\pm 0,10\%$ и с функциями рабочего с пределами допускаемой относительной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,15$ ($\pm 0,25\%$).

Если по результатам поверки было установлено, что контрольно-резервный расходомер не удовлетворяет условиям, предъявляемым к контрольному расходомеру (39.2), то на оборотной стороне свидетельства указывают, что расходомер признан годным и допущен к применению в качестве рабочего с пределами допускаемой относительной погрешности в диапазоне измерений $\pm 0,15$ ($\pm 0,25\%$).

Так же указывают:

- диапазон расхода, в котором поверен расходомер от ___ до ___ м³/ч;
- тип градуировочной характеристики;
- значения вязкости в начале и в конце поверки (указывается только для нефти и нефтепродуктов);

- значения относительной погрешности расходомера в диапазоне измерений и коэффициента преобразования расходомера при реализации ГХ в СОИ в виде постоянного значения коэффициента преобразования в диапазоне измерений расходомера;

- значения относительных погрешностей в поддиапазонах, значения коэффициентов преобразования расходомера в точках диапазона измерений и соответствующие значения расхода (частоты) поверочной жидкости или отношений (f/v) при реализации ГХ в СОИ в виде постоянных значений коэффициентов преобразования в поддиапазонах или в виде ломаной.

7.4 Проводят пломбирование расходомера согласно его описанию типа. На пломбы наносят знак поверки (оттиск клейма поверителя) в соответствии с требованиями документа «Требования к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядок их нанесения», утвержденного приказом № 1081 Министерства промышленности и торговли РФ от 30 ноября 2009 г.

7.5 При поверке расходомера на месте эксплуатации согласно инструкции по эксплуатации в СОИ устанавливают значения коэффициента(ов) преобразования расходомера, параметры ГХ расходомера, вычисленные согласно 6.4.3 в зависимости от вида реализации ГХ в СОИ.

7.6 При отрицательных результатах поверки расходомер к эксплуатации не допускают, свидетельство о поверке аннулируют, клеймо гасят и выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с Порядком проведения поверки.

7.7 При заполнении протокола поверки полученные результаты измерений округляют в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3

Параметр	Единица измерения	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр, не менее
Объем	м ³	-	6
Время	с	2	-
Температура	°С	2	-
Давление	МПа	2	-
Плотность	кг/м ³	1	-
Вязкость кинематическая	сСт	1	-
Количество импульсов	имп	-	6
Объем	м ³	-	5
Частота	Гц	1	-
Коэффициент преобразования	имп/м ³	-	5
Погрешность, СКО	%	3	-
Расход	м ³ /ч	1	-
Масса	кг	-	5
Отношения частоты к вязкости	сСт/Гц	3	-

Приложение А
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ №
поверки расходомера с помощью ТПУ (КП)

Место проведения поверки: _____
 Тип расходомера _____ Ду _____ Зав. № _____ Линия № _____ Принадлежит _____
 ПУ _____ Зав./регистрационный № _____ Разряд _____
 Поверочная жидкость _____ Вязкость при поверке мин _____ сСт, макс _____ сСт.
 Содержание воды (заполняют только для нефти) _____ % (в объемных долях)

Таблица А.1 – Исходные данные

Детекторы ТПУ	V_0 м ³	D мм	S мм	E МПа	α_t (α_k, α_0) °C ⁻¹	$\alpha_{д1}$ °C ⁻¹	$\Theta_{\Sigma 0}$ %	Θ_{V_0} %	$\Theta_{СОИ}$ %	$\Delta t_{ПУ}$ °C	Δt_P °C	ρ кг/м ³	t_p °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Таблица А.2 – Результаты измерений

№ точ/ № изм j/i	Q_{ij} м ³ /ч	T_{ij} с	f_{ij} Гц	N_{ij} имп	K_{ij} имп/м ³	t_{ij} °C	P_{ij} МПа	$t_{ПУ ij}$ °C	$P_{ПУ ij}$ МПа	$t_{ст ij}$ °C	ρ_{ij} кг/м ³	$t_{p ij}$ °C	v_{ij} сСт	V_{ij} м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1/1														
...														
1/n ₁														
...														
m/1														
...														
m/n _m														

Таблица А.3 – Результаты поверки в точках диапазона измерений (для рабочего, контрольного, контрольно-резервного)

№ точки j	Q_j м ³ /ч	$f_j (f/v)_j$ Гц (Гц/сСт)	K_j имп/м ³	S_j %	ϵ_j %	Θ_{Σ} %	δ_j %
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
...							
m							

Таблица А.4 – Результаты поверки в поддиапазонах (для рабочего, контрольно-резервного)

№ ПД k	$Q_{min k}$ м ³ /ч	$Q_{max k}$ м ³ /ч	$S_{пдк}$ %	$\epsilon_{пдк}$ %	$\Theta_{пдк}$ %	$\Theta_{\Sigma пдк}$ %	$\delta_{пдк}$ %	$K_{пдк}$ имп/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
...								
m-1								

Таблица А.5 – Результаты поверки в диапазоне измерений (для рабочего)

S_d %	ϵ_d %	Θ_d %	$\Theta_{\Sigma d}$ %	δ_d %	K_d имп/м ³
1	2	3	4	5	6

Заключение: преобразователь расхода к дальнейшей эксплуатации _____ и _____
 (годен/не годен) (допущен/ не допущен)
 к применению в качестве _____
 (рабочего/ контрольного/контрольно-резервного)
 Подпись, фамилия, инициалы, лица проводившего поверку _____
 Дата поверки « ____ » _____ 20 ____ г.

Условия заполнения колонок таблиц протокола поверки

А.1 В колонке 1 таблицы А.1 указывают детекторы калиброванного участка ПУ, для которого определен объем ПУ. Если в свидетельстве о поверке ПУ указаны несколько значений объемов (при применении ТПУ), то указывают расположение детекторов для этих значений объемов в несколько строк, например, 1-2, 2-1, 1-2-1, 1-3, 2-4, 3-1, 4-2 и т.д.

А.2 Колонку 2 таблицы А.1 заполняют в одну строку, если используют ПУ с одним значением вместимости. Если используют ПУ с несколькими значениями вместимости, то колонку заполняют в несколько строк.

А.3 В колонку 7 таблицы А.1 заносят α_d при использовании КП.

А.4 Колонку 9 таблицы А.1 заполняют в одну строку. Если используют ПУ с несколькими значениями вместимости, то в колонке указывают максимальное из значений границ составляющей неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ПУ.

А.5 Колонки 13 и 14 таблицы А.1 заполняют при отсутствии или отказе поточного ПП.

А.6 Колонки 12 и 13 таблицы А.2 заполняют при наличии поточного ПП.

А.7 Колонку 14 таблицы А.2 заполняют при наличии преобразователя вязкости.

А.8 Таблицу А.3 заполняют при поверке рабочего, контрольного или контрольно-резервного расходомера.

А.9 В колонку 3 таблицы А.3 записывают значение f/v при использовании зависимости коэффициента преобразования расходомера от отношения f/v .

А.10 Таблицу А.4 заполняют для рабочего или контрольно-резервного расходомера, применяемого в качестве резервного, при реализации ГХ согласно 6.4.3.2.1 (постоянное значение коэффициентов преобразования в поддиапазонах) или 6.4.3.2.2 (ломаная).

А.11 Колонку 9 таблицы А.4 заполняют при реализации ГХ согласно 6.4.3.2.1.

А.12 Таблицу А.5 заполняют для рабочего расходомера при реализации ГХ согласно 6.4.3.1 (постоянное значение коэффициента преобразования в диапазоне измерений расходомера).

Приложение Б
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ №
поверки расходомера с помощью ПУ с ВУ

Место проведения поверки: _____
 Тип расходомера _____ Ду _____ Зав. № _____ Принадлежит _____
 ПУ _____ Зав. /регистрационный № _____
 Поверочная жидкость _____
 Условия поверки:
 Давление атмосферное _____ кПа, температура воздуха _____ °С, относительная влажность воздуха _____ %

Таблица Б.1 – Результаты измерений

№ точ/ № изм j/i	ПУ					Расходомер					
	Q_{ij} м ³ /ч	T_{ij} с	$t_{ПУ\ ij}$ °С	M_{ij} кг	V_{ij} м ³	f_{ij} Гц	t_{ij} °С	P_{ij} МПа	ρ_{ij} кг/м ³	N_{ij} ИМП	K_{ij} ИМП/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1/1											
...											
1/п ₁											
...
m/1											
...											
m/п _m											

Таблица Б.2 – Результаты поверки в точках диапазона измерений (для рабочего, контрольного, контрольно-резервного)

№ точки j	Q_j м ³ /ч	$f_j (f/v)_j$ Гц (Гц/сСт)	K_j ИМП/м ³	S_j %	ϵ_j %	Θ_{Σ} %	δ_j %
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
...							
m							

Таблица Б.3 – Результаты поверки в поддиапазонах (для рабочего, контрольно-резервного)

№ ПДк	$Q_{\min\ k}$ м ³ /ч	$Q_{\max\ k}$ м ³ /ч	$S_{ПДк}$ %	$\epsilon_{ПДк}$ %	$\Theta_{ПДк}$ %	$\Theta_{\Sigma ПДк}$ %	$\delta_{ПДк}$ %	$K_{ПДк}$ ИМП/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
...								
m-1								

Таблица Б.4 – Результаты поверки в диапазоне измерений (для рабочего)

$S_{Д}$ %	$\epsilon_{Д}$ %	$\Theta_{Д}$ %	$\Theta_{\Sigma Д}$ %	$\delta_{Д}$ %	$K_{Д}$ ИМП/м ³
1	2	3	4	5	6

Заключение: преобразователь расхода к дальнейшей эксплуатации _____ и _____
 (годен/не годен) (допущен/ не допущен)
 к применению в качестве _____
 (рабочего/ контрольного/контрольно-резервного)

Подпись, фамилия, инициалы, лица проводившего поверку _____

Дата поверки « ____ » _____ 20 ____ г.

Условия заполнения колонок таблиц протокола поверки

Б.1 Таблицу Б.2 заполняют при поверке рабочего, контрольного или контрольно-резервного расходомера.

Б.2 Таблицу Б.3 заполняют для рабочего или контрольно-резервного расходомера, применяемого в качестве резервного, при реализации ГХ согласно 6.4.3.2.1 (постоянное значение коэффициентов преобразования в поддиапазонах) или 6.4.3.2.2 (ломаная).

Б.3 Колонку 9 таблицы Б.3 заполняют только при реализации ГХ согласно 6.4.3.2.1.

Б.4 Таблицу Б.4 заполняют для рабочего расходомера при реализации ГХ согласно 6.4.3.1 (постоянное значение коэффициента преобразования в диапазоне измерений).

Приложение В (справочное)

Определение коэффициентов объемного расширения и сжимаемости поверочной жидкости и коэффициентов расширения и модулей упругости материала стенок ТПУ, КП

В.1 При наличии в СОИ программы обработки результатов поверки СОИ автоматически определяет по измеренным значениям плотности и температуры поверочной жидкости коэффициенты объемного расширения (β) и сжимаемости (γ) поверочной жидкости при условиях в ТПУ, КП.

В.2 При отсутствии автоматической обработки результатов поверки в СОИ коэффициенты объемного расширения и сжимаемости поверочной жидкости определяют по измеренным значению плотности (ρ) и температуры (t) поверочной жидкости в испытательной лаборатории:

- для воды – $\beta = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, $\gamma = 4,91 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}^{-1}$;

- для нефти с содержанием объемной доли воды не более 5 %, нефтепродуктов – по таблицам Р 50.2.076-2010 «ГСИ. Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программа и таблицы приведения»;

- для углеводородных сред - СТО Газпром 5.9-2007 «Расход и количество углеводородных сред. Методика выполнения измерений» приложение Б;

- для химикатов и промышленных жидкостей – в соответствии с действующими нормативными документами распространяющихся на данный вид поверочной жидкости.

В.3 Коэффициенты линейного расширения и модули упругости материала стенок ПУ определяют по таблице В.1.

Таблица В.1- Коэффициенты линейного расширения и модули упругости материала стенок ПУ (ТПУ и КП)

Материал	α_t, α_d $^\circ\text{C}^{-1}$	α_k $^\circ\text{C}^{-1}$	α_0 $^\circ\text{C}^{-1}$	Е МПа
Сталь углеродистая	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$2,23 \cdot 10^{-5}$	$3,35 \cdot 10^{-5}$	$2,068 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 304	$1,73 \cdot 10^{-5}$	$3,46 \cdot 10^{-5}$	$5,18 \cdot 10^{-5}$	$1,931 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 17-4	$1,08 \cdot 10^{-5}$	$2,16 \cdot 10^{-5}$	$3,24 \cdot 10^{-5}$	$1,965 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 316	$1,58 \cdot 10^{-5}$	$3,19 \cdot 10^{-5}$	$4,77 \cdot 10^{-5}$	$1,932 \cdot 10^5$
Инвар	$1,44 \cdot 10^{-6}$	-	-	-
Примечание – Если значения $\alpha_t, \alpha_d, \alpha_k, \alpha_0$ и Е приведены в паспорте ПУ, то используют паспортные значения.				

Приложение Г
(рекомендуемое)

Установление и контроль значения поверочного расхода по показаниям поверяемого расходомера

Г.1 По окончании предварительного измерения дополнительно регистрируют значение расхода поверочной жидкости (Q_{j0} , м³/ч), измеренного с помощью поверяемого расходомера.

Г.2 Вычисляют коэффициент коррекции расхода (k_{j0}^Q) для установления и контроля значения поверочного расхода в j -ой точке диапазона измерений по формуле

$$k_{j0}^Q = 1 - \frac{Q_{j0} - Q_{j0}^{ПУ}}{Q_{j0}^{ПУ}}, \quad (\text{Г.1})$$

где Q_{j0} - значение расхода поверочной жидкости, измеренного расходомером, за время предварительного измерения при установлении поверочного расхода в j -ой точке, м³/ч;
 $Q_{j0}^{ПУ}$ - значение расхода поверочной жидкости, измеренного с помощью ПУ и вычисленного по формуле (2), за время предварительного измерения при установлении поверочного расхода в j -ой точке, м³/ч.

Г.3 Устанавливают в измерительной линии поверяемого расходомера значение поверочного расхода ($Q_{ij}^{\text{скор}}$, м³/ч), контролируя его по расходу, измеряемому с помощью поверяемого расходомера, с учетом коэффициента коррекции расхода по формуле

$$Q_{ij}^{\text{скор}} = k_{j0}^Q \cdot Q_{ij}. \quad (\text{Г.2})$$

Приложение Д
(справочное)

Методика анализа результатов измерений и значения коэффициентов Стьюдента

Для выявления промахов выполняют следующие операции:

Д.1 Определяют СКО результатов вычислений коэффициентов преобразования в каждой точке диапазона измерений по формуле

$$S_{Kj} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_j} (K_{ij} - K_j)^2}{n_j - 1}} \quad (Д.1)$$

где K_j - коэффициент преобразования расходомера в j -й точке расхода, имп/м^3 , вычисленный по формуле (11) настоящей инструкции;

K_{ij} - коэффициент преобразования расходомера при i -ом измерении в j -ой точке диапазона измерений, имп/м^3 , вычисленный по формуле (3).

Д.2 Вычисляют соотношения для наиболее выделяющихся значений ($K_{\text{наиб}}$ или $K_{\text{наим}}$) по формуле

$$U = \frac{K_{\text{наиб}} - K_j}{S_{Kj}} \quad \text{или} \quad U = \frac{K_j - K_{\text{наим}}}{S_{Kj}} \quad (Д.2)$$

Д.3 Сравнивают полученные значения «U» с величиной «h» из таблицы Д.1 для объема выборки « n_j ».

Таблица Д.1 – Критические значения для критерия Граббса

n_j	5	6	7	8	9	10	11
h	1,715	1,887	2,020	2,126	2,215	2,290	2,355

Если $U \geq h$, то подозреваемый результат исключают из выборки как промах, в противном случае результат не исключают.

Таблица Д.2 – Значения квантиля распределения Стьюдента $t_{0,95}$ при доверительной вероятности $P = 0,95$

n_j	5	6	7	8	9	10	11
$t_{0,95}$	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228