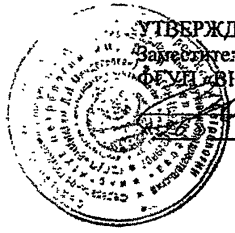
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
ИМ. Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА
(ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»)
ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»
_____ В.С. Александров
12 _____ 2008 г.

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Счётчики – расходомеры массовые Micro Motion фирмы «Emerson Process Management»

Методика поверки комплектом трубопоршневой поверочной установки и поточного преобразователя плотности

МИ 3189-2009

* 1 с 09.10.09

Санкт-Петербург
2008

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАНА	ФГУП «ВНИИМ им.Д.И. Менделеева»
ИСПОЛНИТЕЛИ:	Гуткин М.Б., Снегов В.С.
РАЗРАБОТАНА	ООО «ИМС Индастриз»
ИСПОЛНИТЕЛИ:	Сафонов А.В., Аблина Л.В., Приймак Е.Н., Усманов Р.Х.
2 УТВЕРЖДЕНА	ФГУП «ВНИИМ им.Д.И. Менделеева» 26.12.2008 г.
3 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА	ФГУП ВНИИМС 10.02.2009 г.
4 ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ	

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и распространена без разрешения ООО «ИМС Индастриз» и ФГУП «ВНИИМ им.Д.И. Менделеева».

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 1
4 Операции поверки 2
5 Средства поверки 2
6 Требования безопасности 3
7 Условия поверки 4
8 Подготовка к поверке 4
9 Проведение поверки 6
9.1 Внешний осмотр 6
9.2 Опробование 6
9.3 Определение метрологических характеристик 6
10 Обработка результатов измерений 8
11 Оформление результатов поверки 18
Приложение А Форма протокола поверки 20
Приложение Б Определение коэффициентов CTL и CPL 22
Б.1 Определение коэффициента CTL 22
Б.2 Определение коэффициента CPL 22
Б.3 Определение плотности продукта при стандартных условиях 23
Приложение В Методика анализа результатов измерений на наличие промахов 25
Приложение Г Справочные материалы 27
Г.1 Квантиль распределения Стьюдента 27
Г.2 Коэффициенты расширения и модули упругости 27

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ Счётчики – расходомеры массовые Micro Motion фирмы «Emerson Process Management». Методика поверки комплектом трубопоршневой поверочной установки и поточного преобразователя плотности	МИ 3189-2009

Дата введения – 2009 – 01 – 01

1 Область применения

Настоящая рекомендация распространяется на счетчики-расходомеры массовые Micro Motion фирмы «Emerson Process Management», состоящие из датчика массового расхода и преобразователя, применяемые в системах измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов и устанавливает методику первичной и периодической поверок в условиях эксплуатации при помощи комплекта трубопоршневой поверочной установки и поточного преобразователя плотности. Поверку выполняют по каналу измерений массы.

Межповерочный интервал – один год.

2 Нормативные ссылки

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 8.207-76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.

ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений.

МИ 2632-2001 ГСИ. Плотность нефти, нефтепродуктов и коэффициенты объемного расширения и сжимаемости. Методы и программы расчета.

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

3 Термины, определения и сокращения

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

ГХ – градуировочная характеристика;

ИВК – измерительно-вычислительный комплекс, в том числе вычислители расхода, измерительные контроллеры;

МХ – метрологические характеристики;

ПП – преобразователь плотности;

Рабочая жидкость – нефть или нефтепродукты;

СИ – средства измерений;

СИКН – система измерений количества и показателей качества нефти;

СИКНП – система измерений количества нефтепродуктов;

СРМ – счетчик-расходомер массовый;

ТПУ – трубопоршневая поверочная установка.

4 Операции поверки

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

Таблица 1 - Операции поверки

Наименование операций	Номер пункта документа по поверке
Внешний осмотр	9.1
Опробование	9.2
Определение метрологических характеристик	9.3
Обработка результатов измерений	10

5 Средства поверки

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

Таблица 2 - Средства поверки и их метрологические характеристики

Средства поверки	Метрологические характеристики
ТПУ	Пределы допускаемой относительной погрешности определения вместимости калиброванного участка ± 0,1 %.
Поточный ПП	Пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 0,3 кг/м^3
Преобразователи избыточного давления с унифицированным выходным сигналом	Пределы допускаемой приведенной погрешности ± 0,5 %
Термопреобразователи сопротивления с унифицированным выходным сигналом	Пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 0,2 °С
Манометр	Пределы допускаемой приведенной погрешности ± 0,6 %
Термометр ртутный стеклянный	Пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 0,2 °С

Средства поверки	Метрологические характеристики
ИВК	Пределы допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования СРМ ± 0,05 %

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

5.3 Допускается применять средства поверки с лучшими метрологическими характеристиками.

6 Требования безопасности

6.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности:

– ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»;

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

– ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00 (с изм. 2003) «Межотраслевые правила по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок»;

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

– ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов»;

– ВППБ 01-03-96 «Правила пожарной безопасности для предприятий АК «Транснефтепродукт»;

– ВППБ 01-05-99 «Правила пожарной безопасности при эксплуатации магистральных трубопроводов АК «Транснефть»;

– правил безопасности при эксплуатации средств поверки, приведенными в эксплуатационной документации;

– инструкций по охране труда, действующих на объекте и СИКН(СИКНП).

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

6.3 На трубопроводах, заполненных рабочей жидкостью, применяют приборы взрывозащищенного исполнения, на которых нанесены четкие надписи и маркировка, подтверждающие безопасность их применения.

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

6.5 Освещенность в СИКН(СИКНП) соответствует санитарным нормам согласно СНиП П-4-79.

6.6 Управление оборудованием и средствами поверки производят лица, прошедшие обучение и проверку знаний требований безопасности и допущенные к обслуживанию СИКН(СИКНП).

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

7 Условия поверки

7.1 При проведении поверки СРМ соблюдают следующие условия:

7.1.1 Поверку проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами измерительных линий.

7.1.2 Отклонение массового расхода рабочей жидкости от установленного значения в процессе поверки не должно превышать 2,5 %.

7.1.3 Изменение температуры рабочей жидкости в ПП и на входе и выходе ТПУ за время измерения не должно превышать 0,2 °С.

7.1.4 Температура, влажность окружающей среды и физико-химические показатели рабочей жидкости соответствуют условиям эксплуатации СИКН (СИКНП).

7.1.5 Диапазоны рабочего давления и массового расхода определяются типоразмером СРМ и технологическими требованиями.

7.1.6 Объемная доля воды в нефти не более 10 %.

7.1.7 Содержание свободного газа не допускается.

7.2 Регулирование массового расхода проводят при помощи регуляторов расхода, расположенных на выходе измерительной линии или на выходе ТПУ. Допускается вместо регуляторов расхода использовать запорную арматуру.

8 Подготовка к поверке

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

8.2 Проверяют правильность монтажа средств поверки и поверяемого СРМ.

8.3 Подготавливают средства поверки согласно указаниям технической документации.

8.4 Подготавливают преобразователь СРМ в соответствии с технической документацией, устанавливают или проверяют установленные коэффициенты, в том числе:

– градуировочный коэффициент СРМ;

– коэффициент коррекции СРМ;

– значение массового расхода и соответствующее ему значение частоты выходного сигнала СРМ или коэффициент преобразования СРМ.

8.5 Проверяют или устанавливают в ИВК значение массового расхода и соответствующее ему значение частоты выходного сигнала СРМ или коэффициент преобразования СРМ, $K_{ПМ}$, имп/т, соответствующий установленному значению в преобразователе СРМ или вычисленный по формуле

$$K_{ПМ} = \frac{f_M \cdot 3600}{Q_M}, \quad (1)$$

где f_M – значение частоты, установленное в преобразователе СРМ, Гц;

Q_M – значение массового расхода, установленное в преобразователе СРМ, т/ч.

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

8.7 Проверяют отсутствие газа в измерительной линии, ТПУ и ПП, а также в верхних точках трубопроводов. Для этого устанавливают массовый расход рабочей жидкости в пределах рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ и открывают краны, расположенные в высших точках измерительной линии и ТПУ. Проводят 1-3 раза запуск поршня, удаляя после каждого запуска газ. Считают, что газ (воздух) отсутствует полностью, если из кранов вытекает струя рабочей жидкости без газовых пузырьков.

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

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

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

8.11 Проверяют стабильность температуры рабочей жидкости. Для этого запускают поршень ТПУ и регистрируют температуру в ПП, на входе и выходе ТПУ. Температуру рабочей жидкости считают стабильной, если ее изменение в системе не превышает 0,2 °С за

время прохождения поршня от одного детектора до другого (в двунаправленных ТПУ - в обоих направлениях).

8.12 Проводят установку нуля СРМ согласно технической документации.

9 Проведение поверки

9.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают соответствие СРМ следующим требованиям:

– комплектность соответствует указанной в технической документации;

– отсутствуют механические повреждения и дефекты, препятствующие применению;

– надписи и обозначения на СРМ четкие и соответствуют требованиям технической документации.

9.2 Опробование

9.2.1 Опробование СРМ проводят совместно со средствами поверки.

9.2.2 Устанавливают массовый расход рабочей жидкости в пределах рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ.

9.2.3 Наблюдают на дисплее ИВК значения следующих параметров:

– частоты выходного сигнала СРМ;

– массового расхода рабочей жидкости в СРМ;

– температуры и давления рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ;

– плотности, температуры и давления рабочей жидкости в ПП.

9.2.4 Запускают поршень ТПУ. При прохождении поршня через первый детектор наблюдают за началом отсчета импульсов выходного сигнала СРМ, при прохождении поршня через второй детектор - за окончанием отсчета импульсов. Для двунаправленных ТПУ проводят те же операции при движении поршня в обратном направлении.

9.3 Определение метрологических характеристик

9.3.1 При поверке СРМ определяют следующие МХ:

– градуировочный коэффициент СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода или коэффициент коррекции СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода;

– границу относительной погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений.

9.3.2 Определение МХ СРМ проводят не менее чем при трёх значениях массового расхода рабочей жидкости из диапазона измерений массового расхода, установленного для СРМ (далее – точках расхода), включая минимальное и максимальное значение. В каждой точке расхода для рабочих СРМ проводят не менее пяти измерений, для контрольных СРМ прово-

дят не менее семи измерений. Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

9.3.3 Устанавливают выбранное значение массового расхода по показаниям СРМ.

9.3.4 Проводят предварительное измерение для уточнения значения установленного массового расхода.

Запускают поршень ТПУ. После прохождения поршнем второго детектора регистрируют время прохождения поршнем от одного детектора до другого, количество импульсов выходного сигнала СРМ, температуру, давление и плотность рабочей жидкости.

Массовый расход рабочей жидкости через СРМ вычисляют по формуле (7).

При необходимости проводят корректировку значения массового расхода регулятором расхода или запорной арматурой.

9.3.5 После стабилизации массового расхода в соответствии с 7.1.2 проводят необходимое количество измерений.

9.3.6 Запускают поршень ТПУ. При прохождении поршнем первого детектора ИВК начинает отсчет импульсов выходного сигнала СРМ и времени прохождения поршня между детекторами, при прохождении второго детектора – заканчивает.

Для определения средних значений за время измерения (время прохождения поршня между детекторами) ИВК периодически фиксирует значения следующих параметров:

- температуры рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ;
- давления рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ;
- температуры рабочей жидкости в ПП;
- давления рабочей жидкости в ПП;
- плотности рабочей жидкости в ПП.

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

Если количество импульсов выходного сигнала СРМ за время прохождения поршня ТПУ между детекторами меньше 10000, то ИВК должен определять количество импульсов с долями импульсов.

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

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

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

При наличии у ТПУ второй пары детекторов допускается использовать обе пары детекторов.

9.3.7 Результаты измерений заносят в протокол. Форма протокола поверки приведена в приложении А.

При заполнении протокола полученные результаты измерений и вычислений округляют в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 - Точность представления результатов измерений и вычислений

Параметр	Единица измерения	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр
Массовый расход	т/ч	1	
Объем	$м^3$		6
Масса	т		6
Температура	°С	2	
Давление	МПа	2	
Плотность	$кг/м^3$	2	
Количество импульсов	имп		5
Интервал времени	с	2	
Погрешность, СКО	%	3	
Коэффициент преобразования	имп/т		5
Коэффициент коррекции		5	
Градуировочный коэффициент	г/с/мкс		5
Коэффициент объемного расширения	1/°С	6	

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

10 Обработка результатов измерений

10.1 Массу рабочей жидкости, определенную с помощью средств поверки за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода $M_{ПУji}$, т, вычисляют по формуле

$$M_{ПУji} = V_0 \cdot K_{tji} \cdot K_{Pji} \cdot \rho_{ППji} \cdot \frac{CTL_{ПУji} \cdot CPL_{ПУji}}{CTL_{ППji} \cdot CPL_{ППji}} \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

$$K_{tji} = 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot (t_{ПУji} - 20), \quad (3)$$

$$K_{Pji} = 1 + 0{,}95 \cdot \frac{P_{ПУji} \cdot D}{E \cdot S}, \quad (4)$$

$$t_{ПУji} = \frac{t_{ВхПУji} + t_{ВыхПУji}}{2}, \quad (5)$$

$$P_{ПУji} = \frac{P_{ВхПУji} + P_{ВыхПУji}}{2}, \quad (6)$$

где V_0 – вместимость калиброванного участка ТПУ при стандартных условиях (t = 20 °С и Р = 0 МПа), м^3;

K_{tji} – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ТПУ, для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

K_{Pji} – коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ТПУ, для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

$\rho_{ППji}$ – плотность рабочей жидкости за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, кг/м^3;

$CTL_{ПУji}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для температуры рабочей жидкости в ТПУ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению Б);

$CPL_{ПУji}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для давления рабочей жидкости в ТПУ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению Б);

$CTL_{ППji}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для температуры рабочей жидкости в ПП для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению Б);

$CPL_{ППji}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для давления рабочей жидкости в ПП для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению Б);

α_t – коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ТПУ (из технической документации на ТПУ или определяют по таблице Г.2 приложения Г), 1/°С;

$t_{ПУji}$ – среднее значение температуры рабочей жидкости в ТПУ за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, °С;

$t_{ВхПУji}$, $t_{ВыхПУji}$ – температура рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, °С;

$P_{ПУji}$ – среднее значение избыточного давления рабочей жидкости в ТПУ за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, МПа;

$P_{ВхПУji}$, $P_{ВыхПУji}$ – давление рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, МПа;

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

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

E – модуль упругости материала стенок калиброванного участка ТПУ (из технической документации на ТПУ или определяют по таблице Г.2 приложения Г), МПа;

Вычисление массы рабочей жидкости допускается проводить согласно алгоритму, реализованному в ИВК, прошедшем испытания для целей утверждения типа.

10.2 Массовый расход рабочей жидкости через СРМ за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода Q_{ji}, т/ч, вычисляют по формуле

$$Q_{ji} = \frac{M_{ПУji}}{T_{ji}} \cdot 3600, \qquad (7)$$

где $M_{ПУji}$ – масса рабочей жидкости, определенная с помощью средств поверки за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

T_{ji} – время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, с.

10.3 Массовый расход рабочей жидкости через СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода Q_j, т/ч, вычисляют по формуле

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} Q_{ji}}{n_j}, \qquad (8)$$

где Q_{ji} – массовый расход рабочей жидкости через СРМ за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т/ч;

n_j – количество измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода.

10.4 Нижний и верхний предел рабочего диапазона измерений массового расхода Q_{min}, Q_{max}, т/ч, вычисляют по формулам

$$Q_{min} = \min(Q_j), \tag{9}$$

$$Q_{max} = \max(Q_j), \tag{10}$$

где Q_j – массовый расход рабочей жидкости через СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т/ч.

10.5 Массу рабочей жидкости, определенную с помощью СРМ за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода M_{ji}, т, вычисляют по формуле

$$M_{ji} = \frac{N_{ji}}{K_{ПМ}}, \tag{11}$$

где N_{ji} – количество импульсов от СРМ за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, имп;

$K_{ПМ}$ – коэффициент преобразования СРМ, имп/т.

10.6 Градуировочный коэффициент СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода K_M, г/с/мкс вычисляют по формуле

$$K_M = \frac{\sum_{j=1}^{m} K_{Mj}}{m}, \tag{12}$$

$$K_{Mj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} K_{Mji}}{n_j}, \tag{13}$$

$$K_{Mji} = \frac{M_{ПУ\,ji}}{M_{ji}} \cdot K_{Муст}, \tag{14}$$

где K_{Mj} – среднее значение градуировочного коэффициента СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;

m – количество точек рабочего диапазона измерений массового расхода;

K_{Mji} – значение градуировочного коэффициента СРМ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;

n_j – количество измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

$M_{ПУji}$ – масса рабочей жидкости, определенная с помощью средств поверки за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

M_{ji} – масса рабочей жидкости, определенная с помощью СРМ за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

$K_{Муст}$ – градуировочный коэффициент, установленный в СРМ на момент проведения поверки СРМ, г/с/мкс.

10.7 Коэффициент коррекции СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода MF, вычисляют по формуле

$$MF = \frac{\sum_{j=1}^{m} MF_j}{m}, \quad (15)$$

$$MF_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} MF_{ji}}{n_j}, \quad (16)$$

$$MF_{ji} = \frac{M_{ПУji}}{M_{ji}} \cdot MF_{уст}, \quad (17)$$

где MF_j – среднее значение коэффициента коррекции СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

m – количество точек рабочего диапазона измерений массового расхода;

MF_{ji} – значение коэффициента коррекции СРМ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

n_j – количество измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

$M_{ПУji}$ – масса рабочей жидкости, определенная с помощью средств поверки за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

M_{ji} – масса рабочей жидкости, определенная с помощью СРМ за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

$MF_{уст}$ – коэффициент коррекции, установленный в СРМ на момент проведения поверки СРМ.

10.8 Оценка СКО результатов измерений в поверяемых точках

СКО результатов измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода S_j, %, вычисляют по формуле

$$S_j = \begin{cases} \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n_j}\left(K_{Mji} - K_{Mj}\right)^2}{n_j - 1}} \cdot \dfrac{1}{K_{Mj}} \cdot 100 & \text{при определении } K_M \\ \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n_j}\left(MF_{ji} - MF_j\right)^2}{n_j - 1}} \cdot \dfrac{1}{MF_j} \cdot 100 & \text{при определении MF} \end{cases}, \quad (18)$$

где K_{Mj} – среднее значение градуировочного коэффициента СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;

K_{Mji} – значение градуировочного коэффициента СРМ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;

MF_j – среднее значение коэффициента коррекции СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

MF_{ji} – значение коэффициента коррекции СРМ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

n_j – количество измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода.

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \le 0{,}05\,\% \quad (19)$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении условия (19) выявляют наличие промахов в полученных результатах вычислений, согласно приложению В. Выявленный промах исключают и проводят дополнительное измерение. При отсутствии промахов выясняют и устраняют причины, обуславливающие невыполнение условия (19) и повторно проводят измерения.

10.9 Границу неисключенной систематической погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений расхода, Θ, %, вычисляют по формулам

$$\Theta = 1{,}1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma o}^{\,2} + \Theta_{Vo}^{\,2} + \Theta_t^{\,2} + \Theta_\rho^{\,2} + \Theta_A^{\,2} + \Theta_{ИВК}^{\,2} + \Theta_Z^{\,2} + \Theta_{Mt}^{\,2} + \Theta_{MP}^{\,2}}, \quad (20)$$

$$\Theta_t = \beta_{max} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{ПУ}^{\,2} + \Delta t_{ПП}^{\,2}}, \quad (21)$$

$$\beta_{max} = \max(\beta_{ji}), \tag{22}$$

$$\Theta_{\rho} = \frac{\Delta\rho_{ПП}}{\rho_{ПП\,min}} \cdot 100, \tag{23}$$

$$\rho_{ПП\,min} = \min(\rho_{ППji}), \tag{24}$$

$$\Theta_A = \begin{cases} \max\left(\left|\frac{K_{Mj} - K_M}{K_M}\right| \cdot 100\right) & \text{при определении } K_M \\ \max\left(\left|\frac{MF_j - MF}{MF}\right| \cdot 100\right) & \text{при определении MF} \end{cases}, \tag{25}$$

$$\Theta_Z = \begin{cases} 0 & \text{для СРМ с коррекцией стабильности нуля} \\ \frac{ZS}{Q_{min}} \cdot 100 & \text{для СРМ без коррекции стабильности нуля} \end{cases}, \tag{26}$$

$$\Theta_{ИВК} = \delta_{ИВК}, \tag{27}$$

$$\Theta_{Mt} = \frac{\delta_{tдоп} \cdot Q_{ном} \cdot \Delta t}{Q_{min}}, \tag{28}$$

$$\Delta t = \max[(t_{max} - t_П), (t_П - t_{min})], \tag{29}$$

$$\Theta_{MP} = \begin{cases} 0 & \text{для СРМ с коррекцией по давлению} \\ 10 \cdot \delta_{Pдоп} \cdot \Delta P & \text{для СРМ без коррекции по давлению} \end{cases}, \tag{30}$$

$$\Delta P = \max[(P_{max} - P_П), (P_П - P_{min})], \tag{31}$$

где $\Theta_{\Sigma o}$ – граница суммарной неисключенной систематической погрешности ТПУ (из свидетельства о поверке ТПУ; для ТПУ с двумя парами детекторов берут наибольшее значение), %;

Θ_{Vo} – граница неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ (из свидетельства о поверке ТПУ; для ТПУ с двумя парами детекторов берут наибольшее значение), %;

Θ_t – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры рабочей жидкости в ТПУ и ПП, %;

Θ_P – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ПП, %;

Θ_A – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией градуировочной характеристики СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода СРМ, %;

$\Theta_{ИВК}$ – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК, %;

$\delta_{ИВК}$ – предел допустимой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования СРМ ИВК (из свидетельства о поверке ИВК), %;

Θ_Z – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной нестабильностью нуля СРМ, %;

Θ_{Mt} – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения температуры рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при поверке, %;

Θ_{MP} – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения давления рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при поверке, %;

β_{max} – максимальное значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости за время поверки, 1/°С;

β_{ji} – коэффициент объемного расширения рабочей жидкости для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (определяют по МИ 2632), 1/°С;

$\Delta t_{ПУ}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры, установленных в ТПУ (из свидетельства о поверке преобразователя температуры), °С;

$\Delta t_{ПП}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленного около ПП (из свидетельства о поверке преобразователя температуры), °С;

$\Delta\rho_{ПП}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности ПП (из свидетельства о поверке преобразователя плотности), кг/м^3;

$\rho_{ППmin}$ – минимальное значение плотности рабочей жидкости за время поверки, кг/м^3;

n_j – количество измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода.

10.11 Границу случайной погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода при доверительной вероятности P=0,95 ε, %, вычисляют по формулам

$$\varepsilon = \max(\varepsilon_j), \tag{33}$$

$$\varepsilon_j = t_{0,95j} \cdot S_{0j}, \tag{34}$$

где ε_j – граница случайной погрешности в j-ой точке рабочего диапазона, %;

$t_{0,95j}$ – квантиль распределения Стьюдента для количества измерений n_j в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (определяют по таблице Г.1 приложения Г);

10.12 СКО среднего значения результатов измерения в рабочем диапазоне измерений массового расхода S_0 принимают равным значению СКО среднего значения результатов измерения в точке рабочего диапазона измерений массового расхода с максимальным значением границы случайной погрешности ε_j.

10.13 Границу относительной погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода δ, %, определяют по формулам

$$\delta = \begin{cases} \varepsilon & \text{если} \quad \dfrac{\Theta}{S_0} < 0{,}8 \\ K \cdot S_\Sigma & \text{если} \quad 0{,}8 \le \dfrac{\Theta}{S_0} \le 8 \\ \Theta & \text{если} \quad \dfrac{\Theta}{S_0} > 8 \end{cases} \tag{35}$$

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta}{S_0 + S_\Theta}, \tag{36}$$

$$S_\Sigma = \sqrt{S_\Theta^{\,2} + S_0^{\,2}}, \tag{37}$$

$$S_\Theta = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma o}^{\,2} + \Theta_{Vo}^{\,2} + \Theta_t^{\,2} + \Theta_\rho^{\,2} + \Theta_A^{\,2} + \Theta_{ИВК}^{\,2} + \Theta_Z^{\,2} + \Theta_{Mt}^{\,2} + \Theta_{MP}^{\,2}}{3}}, \tag{38}$$

где ε – граница случайной погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %;

Θ – граница неисключенной систематической погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %;

$\rho_{ППji}$ – плотность рабочей жидкости за время i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, кг/м^3;

ZS – стабильность нуля СРМ (из технической документации на СРМ), т/ч;

Q_{min} – нижний предел рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ, т/ч;

$\delta_{tдоп}$ – значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением температуры рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при поверке (из описания типа или технической документации на СРМ), %/°С;

$Q_{ном}$ – номинальное значение массового расхода СРМ (из технической документации на СРМ), т/ч;

Δt – максимальное отклонение температуры рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при поверке, °С;

$t_П$ – среднее значение температуры рабочей жидкости при поверке (допускается использовать среднее значение температуры рабочей жидкости в ТПУ), °С;

t_{min}, t_{max} – нижний и верхний предел рабочего диапазона температур рабочей жидкости при эксплуатации СРМ, °С;

$\delta_{Pдоп}$ – значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением давления рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при поверке (из описания типа или технической документации на СРМ), %/0,1 МПа;

ΔP – максимальное отклонение давления рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при поверке, МПа;

P_{min}, P_{max} – нижний и верхний предел рабочего диапазона давлений рабочей жидкости при эксплуатации СРМ, МПа;

$P_П$ – среднее значение давления рабочей жидкости при поверке (допускается использовать среднее значение давления рабочей жидкости в ТПУ), МПа.

10.10 СКО среднего значения результатов измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода S_{0j}, %, вычисляют по формуле

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}, \qquad (32)$$

где S_j – СКО результатов измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, %;

K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

S_Σ – суммарное СКО результата измерений, %;

S_Θ – СКО суммы неисключенных систематических погрешностей, %;

S_0 – СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %.

10.14 Оценивание границы относительной погрешности

СРМ допускается к применению в качестве рабочего при выполнении условия

$$\delta \le 0{,}25\,\% \qquad (39)$$

СРМ допускается к применению в качестве контрольного при выполнении условия

$$\delta \le 0{,}20\,\% \qquad (40)$$

Если данные условия не выполняются, то рекомендуется:

– увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений массового расхода;

– уменьшить рабочий диапазон измерений массового расхода;

– установить коррекцию СРМ по давлению (при отсутствии коррекции).

При повторном невыполнении данных условий поверку прекращают.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки СРМ оформляют протоколом в двух экземплярах по формам, приведенным в приложении А.

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

11.2 При положительных результатах поверки СРМ оформляют свидетельство о поверке в соответствии с требованиями правил по метрологии ПР 50.2.006. В свидетельстве указывают, что СРМ признан годным и допущен к применению с пределами допускаемой относительной погрешности ±0,25 % в качестве рабочего или с пределами допускаемой относительной погрешности ±0,20 % в качестве контрольного.

Протокол поверки является обязательным приложением к свидетельству о поверке.

11.3 Устанавливают новое значение K_M или MF в СРМ в соответствии с технической документацией на СРМ.

11.4 Проводят пломбирование СРМ в соответствии с МИ 3002.

11.5 При отрицательных результатах поверки СРМ к эксплуатации не допускают, свидетельство о поверке аннулируют и оформляют извещение о непригодности в соответствии с ПР 50.2.006.

Приложение А

Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ №____

поверки СРМ с помощью ТПУ и ПП по МИ 3189-2009

Место проведения поверки: _____

СРМ: Датчик: Тип _____ Зав. № _____

Преобразователь: Тип _____ Зав. № _____

ТПУ: Тип _____ Зав. № _____

ПП: Тип _____ Зав. № _____

ИВК: Тип _____ Зав. № _____

Рабочая жидкость _____

Таблица 1- Исходные данные

Детекторы	V_0, $м^3$	D, мм	S, мм	E, МПа	α_t, 1/°C	$\Theta_{\Sigma o}$, %	Θ_{Vo}, %
1	2	3	4	5	6	7	8

Продолжение таблицы 1

$\Delta t_{ПУ}$, °C	$\Delta t_{ПП}$, °C	$\Delta\rho_{ПП}$, $кг/м^3$	$\delta_{ИВК}$, %	$K_{ПМ}$, имп/т	$K_{Муст}$, г/с/мкс	$MF_{уст}$	$Q_{ном}$, т/ч
9	10	11	12	13	14	15	16

Окончание таблицы 1

ZS, т/ч	$\delta_{tдоп}$, %/ °C	$\delta_{Рдоп}$, %/ 0,1МПа	t_{min}, °C	t_{max}, °C	P_{min}, МПа	P_{max}, МПа
17	18	19	20	21	22	23

Таблица 2 - Результаты измерений и вычислений

№ точ / № изм	Q_{ji}, т/ч	Детекторы	T_{ji}, с	$t_{ПУji}$, °C	$P_{ПУji}$, МПа	$\rho_{ППji}$, $кг/м^3$	$t_{ППji}$, °C
1	2	3	4	5	6	7	8
1/1							
…	…	…	…	…	…	…	…
$1/n_1$							
…	…	…	…	…	…	…	…
m/1							
…	…	…	…	…	…	…	…
m/n_m							

Окончание таблицы 2

№ точ./ № изм.	$P_{ПЧji}$, МПа	β_{ji}, 1/°С	N_{ji}, имп	$M_{ПУji}$, т	M_{ji}, т	MF_{ji} (K_{Mji}), (г/с/мкс)
1	9	10	11	12	13	14
1/1						
…		…	…	…	…	…
$1/n_1$						
…		…	…	…	…	…
m/1						
…		…	…	…	…	…
m/n_m						

Таблица 3 - Результаты поверки в точках рабочего диапазона

№ точ.	Q_j, т/ч	MF_j (K_{Mj}), (г/с/мкс)	n_j	S_j, %	S_{0j}, %	$t_{0.95j}$	ε_j, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
…	…	…	…	…	…	…	…
m							

Таблица 4 - Результаты поверки в рабочем диапазоне

Q_{min}, т/ч	Q_{max}, т/ч	MF (K_M), (г/с/мкс)	S_0, %	ε, %	Θ_A, %	Θ_Z, %	Θ_ρ, %
1	2	3	4	5	6	7	8

Окончание таблицы 4

Θ_t, %	$t_П$, °С	Θ_{Mt}, %	$P_П$, МПа	Θ_{MP}, %	Θ, %	δ, %
9	10	11	12	13	14	15

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

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

Дата проведения поверки «____» _____ 20____ г.

Примечание – При определении коэффициента коррекции в столбец 14 таблицы 2, столбец 3 таблицы 3 и столбец 3 таблицы 4 заносят значения коэффициента коррекции, при определении градуировочного коэффициента - значения градуировочного коэффициента, в шапки таблиц заносят соответствующие названия столбцов.

Приложение Б

Определение коэффициентов CTL и CPL

Б.1 Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL, учитывающего влияние температуры на объем продукта для диапазона плотности продукта (при t = 15 °С и P = 0 МПа) от 611 до 1164 кг/м^3 определяют по формулам

$$CTL = \exp[-\alpha_{15} \cdot \Delta t \cdot (1 + 0{,}8 \cdot \alpha_{15} \cdot \Delta t)], \quad (Б.1)$$

$$\alpha_{15} = \frac{K_0 + K_1 \cdot \rho_{15}}{\rho_{15}^2}, \quad (Б.2)$$

$$\Delta t = t - 15, \quad (Б.3)$$

где ρ_{15} – значение плотности продукта при t = 15 °С и P = 0 МПа, кг/м^3;

t – значение температуры продукта, °С;

α_{15} – значение коэффициента объемного расширения продукта при t = 15 °С и P = 0 МПа, 1/°С;

K0, K1 – коэффициенты выбираются из таблицы Б.1.

Таблица Б.1 - Значения коэффициентов K_0 и K_1 в зависимости от типа продукта

Тип продукта	ρ_{15}, кг/м^3	K_0	K_1
Нефть	611 - 1164	613,97226	0,00000
Нефтепродукты:			
Бензины	611 - 779	346,42278	0,43884
Реактивные топлива	779 - 839	594,54180	0,00000
Нефтяные топлива	839 - 1164	186,96960	0,48618

Примечание – Для нефтепродуктов коэффициенты K_0, K_1 выбираются не по названию типа продукта, а в зависимости от значения ρ_{15}.

Б.2 Определение коэффициента CPL

Значение коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем продукта для диапазона плотности продукта (при t = 15 °С и P = 0 МПа) от 611 до 1164 кг/м^3 определяют по формулам

$$CPL = \frac{1}{1 - b \cdot P \cdot 10}, \quad (Б.4)$$

$$b = 10^{-4} \cdot \exp\left(-1{,}62080 + 0{,}00021592 \cdot t + \frac{0{,}87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4{,}2092 \cdot 10^3 \cdot t}{\rho_{15}^2}\right), \quad (Б.5)$$

где ρ_{15} – значение плотности продукта при t = 15 °С и P = 0 МПа, кг/м^3;

t – значение температуры продукта, °С;

Р – значение избыточного давления продукта, МПа;

10 – коэффициент перевода единиц измерения давления МПа в бар.

Б.3 Определение плотности продукта при стандартных условиях

Значение плотности продукта при t = 15 °С и Р = 0 МПа, ρ_{15}, кг/м^3 определяют по формуле

$$\rho_{15} = \frac{\rho_{ПП}}{CTL_{ПП} \cdot CPL_{ПП}}, \quad (Б.6)$$

где $\rho_{ПП}$ – значение плотности продукта в ПП, кг/м^3;

$CTL_{ПП}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем продукта, определенный для $t_{ПП}$ и ρ_{15};

$CPL_{ПП}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем продукта, определенный для $t_{ПП}$, $P_{ПП}$ и ρ_{15}.

Для определения ρ_{15} необходимо определить значения $CTL_{ПП}$ и $CPL_{ПП}$, а для определения $CTL_{ПП}$ и $CPL_{ПП}$, в свою очередь, необходимо определить значение плотности при стандартных условиях ρ_{15}. Поэтому значение ρ_{15} определяют методом последовательного приближения.

1) Определяют значения $CTL_{ПП(1)}$ и $CPL_{ПП(1)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{ПП}$.

2) Определяют значения $\rho_{15(1)}$, кг/м^3:

$$\rho_{15(1)} = \frac{\rho_{ПП}}{CTL_{ПП(1)} \cdot CPL_{ПП(1)}} \quad (Б.7)$$

3) Определяют значения $CTL_{ПП(2)}$ и $CPL_{ПП(2)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{15(1)}$.

4) Определяют значение $\rho_{15(2)}$, кг/м^3:

$$\rho_{15(2)} = \frac{\rho_{ПП}}{CTL_{ПП(2)} \cdot CPL_{ПП(2)}} \quad (Б.8)$$

5) Аналогично пунктам (3) и (4), определяют значения $CTL_{ПП(i)}$, $CPL_{ПП(i)}$ и $\rho_{15(i)}$ для i-го цикла вычислений и проверяют выполнение условия:

$$\left|\rho_{15(i)} - \rho_{15(i-1)}\right| \le 0{,}001, \quad (Б.9)$$

где $\rho_{15(i)}$, $\rho_{15(i-1)}$ – значения ρ_{15}, определенные, соответственно, за последний и предпоследний цикл вычислений, кг/м^3.

Процесс вычислений продолжают до выполнения данного условия. За значение ρ_{15} принимают последнее значение $\rho_{15(i)}$.

Приложение В

Методика анализа результатов измерений на наличие промахов

Проверка результатов измерений на один промах по критерию Граббса при определении метрологических характеристик СРМ

СКО результатов измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, S_{Kj} определяют по формуле

$$S_{Kj} = \begin{cases} \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n_j}\left(K_{Mji} - K_{Mj}\right)^2}{n_j - 1}} & \text{при определении } K_M \\ \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n_j}\left(MF_{ji} - MF_j\right)^2}{n_j - 1}} & \text{при определении MF} \end{cases}, \qquad (B.1)$$

где K_{Mj} – среднее значение градуировочного коэффициента СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;

K_{Mji} – значение градуировочного коэффициента СРМ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;

MF_j – среднее значение коэффициента коррекции СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

MF_{ji} – значение коэффициента коррекции СРМ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

n_j – количество измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода.

Примечание – При $S_{Kj} < 0{,}001$ принимаем $S_{Kj} = 0{,}001$.

Наиболее выделяющееся соотношение U:

$$U = \begin{cases} \max\left(\left|\dfrac{K_{Mji} - K_{Mj}}{S_{Kj}}\right|\right) & \text{при определении } K_M \\ \max\left(\left|\dfrac{MF_{ji} - MF_j}{S_{Kj}}\right|\right) & \text{при определении MF} \end{cases}, \qquad (B.2)$$

где K_{Mj} – среднее значение градуировочного коэффициента СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;

K_{Mji} – значение градуировочного коэффициента СРМ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;

MF_j – среднее значение коэффициента коррекции СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

MF_{ji} – значение коэффициента коррекции СРМ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

S_{Kj} – СКО результатов измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода.

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

Таблица В.1 - Критические значения для критерия Граббса

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

Приложение Г

Справочные материалы

Г.1 Квантиль распределения Стьюдента

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

Таблица Г.1 - Значения квантиля распределения Стьюдента при доверительной вероятности P=0,95

n-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$t_{0,95}$	12,706	4,303	3,182	2,766	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,201

Г.2 Коэффициенты расширения и модули упругости

Значения коэффициентов линейного расширения и модули упругости материалов стенок калиброванного участка ТПУ в зависимости от материала приведены в таблице Г.2.

Таблица Г.2 - Коэффициенты линейного расширения и модули упругости материалов стенок калиброванного участка ТПУ

Материал	α_t, 1/°C	E, МПа
Сталь углеродистая	$1,12 \times 10^{-5}$	$2,07 \times 10^{5}$
Сталь нержавеющая 304	$1,73 \times 10^{-5}$	$1,93 \times 10^{5}$
Сталь нержавеющая 316	$1,59 \times 10^{-5}$	$1,93 \times 10^{5}$
Сталь нержавеющая 17-4	$1,08 \times 10^{-5}$	$1,97 \times 10^{5}$

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научной работе

ГНМЦ ФГУП "ВНИИМ

им. Д.И.Менделеева"



"9" 10 2009 г.

со сроком введения "9" 10 2009 г.

МИ 3189-2009 ГСИ. Рекомендация. Счетчики-расходомеры массовые Micro Motion фирмы «Emerson Process Management». Методика поверки комплектом трубопоршневой поверочной установки и поточного преобразователя плотности.

Изменение № 1

Наименование

Наименование после слов «трубопоршневой поверочной установки» дополнить словами: «или компакт-прувера».

Раздел 1

Первый абзац, после слов «трубопоршневой поверочной установки» дополнить словами: «или компакт-прувера».

Раздел 3

Добавить следующие сокращения:

КП – компакт –прувер;

ПУ – поверочное устройство (трубопоршневая поверочная установка или компакт-прувер);

Раздел 5

п. 5.1, таблица 2

Заменить слово «ТПУ» на «ПУ»

Раздел 7

п.п.7.1.3, 7.2. Заменить слово «ТПУ» на «ПУ».

Раздел 8

п.п.8.7, 8.8, 8.10, 8.11 Заменить слово «ТПУ» на «ПУ».

п. 8.11. Последнее предложение продолжить фразой: «или за серию проходов поршня КП, соответствующих количеству измерений в точке расхода»

Раздел 9

п.п.9.2.3, 9.2.4, 9.3.4 заменить слово «ТПУ» на «ПУ»

п.9.3.2 Дополнить предложением: «При поверке СРМ с помощью КП в каждой точке расхода выполняют не менее семи измерений при поверке рабочего СРМ и одиннадцати измерений при поверке контрольного СРМ »

9.3.6 первый, второй и четвертый абзацы: заменить слово «ТПУ» на «ПУ».

Таблица 3.

Девятую строку таблицы 3 изложить в следующей редакции:

Интервал времени	С		4

Раздел 10

п.10.1 Первый абзац заменить фразу «по формуле» на «по формулам»

Добавить формулу:

$$K_{tji} = \left(1 + \alpha_{kl} \cdot \left(t_{ПУ\,ji} - 20\right)\right) \cdot \left(1 + \alpha_{tl} \cdot \left(t_d - 20\right)\right), \qquad (3а)$$

Пояснения к формулам (3)-(6):
Заменить «ТПУ» на «ПУ», кроме пояснений α_{kl} и α_{tl}.
Изложить в новой редакции пояснение к формулам (3)-(6):
K_{tji} – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ПУ, для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, вычисленный по формуле (3) для ТПУ и по формуле (3а) для КП.

Дополнить пояснение к формулам (3)-(6):
α_{kl} – квадратичный коэффициент расширения стали калиброванного участка КП, (берут из технической документации на КП или определяют по таблице Г.2 приложения Г), 1/°С;
α_{tl} – коэффициент линейного расширения материала планки крепления детекторов КП или инварового стержня (берут из технической документации на КП или определяют по таблице Г.2 приложения Г), 1/°С;

t_d – температура планки крепления детекторов или инварового стержня (при отсутствии датчика температуры берут значение равное температуре окружающей среды), °С;

п. 10.9 в пояснении к формулам заменить «ТПУ» на «ПУ».

Приложение А
Для КП в таблице 1 заменить в шестом столбце обозначение «α_t» на «α_{tl}» и дополнить следующим столбцом

α_{kl}, 1/°С
24

Для КП дополнить таблицу 2 следующим столбцом

t_d, °C
15

Приложение Г

Изложить п. Г.2, первый абзац в новой редакции:

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

Таблица Г.2 - Коэффициенты линейного расширения, квадратичные коэффициенты расширения и модули упругости материалов

Материал	$\alpha_t(\alpha_{t1})$, 1/°C	$\alpha_{к1}$, 1/°C	E, МПа
Сталь углеродистая	$1{,}12 \times 10^{-5}$	$2{,}23 \times 10^{-5}$	$2{,}07 \times 10^{5}$
Сталь нержавеющая 304	$1{,}73 \times 10^{-5}$	$3{,}46 \times 10^{-5}$	$1{,}93 \times 10^{5}$
Сталь нержавеющая 316	$1{,}59 \times 10^{-5}$	$3{,}18 \times 10^{-5}$	$1{,}93 \times 10^{5}$
Сталь нержавеющая 17-4	$1{,}08 \times 10^{-5}$	$2{,}16 \times 10^{-5}$	$1{,}97 \times 10^{5}$
Инвар	$1{,}44 \times 10^{-6}$		

gost.e-ecolog.ru