МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НЕФТЕАВТОМАТИКА»

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
Федеральное государственное унитарное предприятие
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Р Е К О М Е Н Д А Ц И Я

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МАССОВОГО РАСХОДА

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПОРШНЕВОЙ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКОЙ В КОМПЛЕКТЕ С ПОТОЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ПЛОТНОСТИ

МИ 3151 - 2008

Уфа
2008

gost.e-ecolog.ru

МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НЕФТЕАВТОМАТИКА»

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
Федеральное государственное унитарное предприятие
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора ФГУП ВНИИР
по научной работе
М.С. Немиров
«08» 10 2008 г.

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МАССОВОГО РАСХОДА

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПОРШНЕВОЙ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКОЙ В КОМПЛЕКТЕ С ПОТОЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ПЛОТНОСТИ

МИ 3151-2008

Уфа
2008

Предисловие

РАЗРАБОТАНА	Межрегиональным открытым акционерным обществом «Нефтеавтоматика» (ОАО «Нефтеавтоматика»)
ИСПОЛНИТЕЛИ	Глушков Э.И. – руководитель темы, Магданов Р.Ф.
РАЗРАБОТАНА	Федеральным Государственным Унитарным предприятием Всероссийским научно-исследовательским институтом расходометрии - Государственным научным метрологическим центром (ФГУП ВНИИР – ГНМЦ)
ИСПОЛНИТЕЛИ	Немиров М.С. - к.т.н., Лукманов П.И.
УТВЕРЖДЕНА	ФГУП ВНИИР – ГНМЦ 03 октября 2008 г.
ЗАРЕГИСТРИРОВАНА	Федеральным Государственным Унитарным предприятием Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологической службы (ФГУП ВНИИМС) 23 октября 2008 г.
ВЗАМЕН	1 МИ 2463-98 «Рекомендация. ГСИ. Массомеры «Micro Motion» фирмы «Fisher Rosemount». Методика поверки комплектом трубопоршневой поверочной установки и поточного преобразователя плотности» 2 Рекомендации «ГСИ. Счётчики-расходомеры массовые «Promass» фирмы «Endress Hauser». Методика поверки трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с плотномером», утвержденной ВНИИР 14.07.2006 г.; 3 МИ 2863-2004 «Рекомендация. ГСИ. Счетчики - расходомеры массовые кориолисовые ROTAMASS. Методика поверки комплектом трубопоршневой поверочной установки и поточного преобразователя плотности»

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и (или) распространена без разрешения ОАО «Нефтеавтоматика»

Содержание

		Стр
1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	2
3	Принятые сокращения	3
4	Операции и средства поверки	3
5	Требования безопасности, охраны труда и к квалификации поверителей	5
6	Условия поверки	6
7	Подготовка к поверке	7
8	Проведение поверки	11
8.1	Внешний осмотр	11
8.2	Опробование	12
8.3	Определение метрологических характеристик	12
9	Обработка результатов измерений	14
9.1	Определение параметров ГХ массомера	14
9.2	Определение погрешностей при реализации ГХ массомера в ПЭП	18
9.3	Определение погрешностей при реализации ГХ массомера в СОИ в виде постоянного значения *K*-фактора (имп/т)	20
9.4	Определение погрешностей при реализации ГХ массомера в СОИ в виде кусочно-линейной аппроксимации	20
9.5	Оценивание относительных погрешностей	22
9.6	Условия допуска массомера к дальнейшему применению	22
10	Оформление результатов поверки	23
11	Точность представления результатов измерений и вычислений	24
Приложение А	Протокол поверки преобразователя расхода модели _____ _____ по МИ 3151-2008	26
Приложение Б	Установление и контроль значений поверочного расхода по результатам измерений поверяемым массомером	28
Приложение В	Коэффициенты линейного расширения (α_t) и значения модуля упругости (E) материала стенок ТПУ	28
Приложение Г	Определение коэффициентов объемного расширения и сжимаемости рабочей жидкости	29
Приложение Д	Вычисление значений $V_{npij}^{пп}$ и $\rho_{npij}^{пп}$ при использовании ПК и электронных таблиц для обработки результатов измерений	30
Приложение Е	Определение значений квантиля распределения Стьюдента $[t_{(P,n_j)}]$ и коэффициента $Z_{(P)}$	31
Приложение Ж	Сводный перечень условных обозначений и их определений	32
Приложение И	Сводный перечень используемых формул	35

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МАССОВОГО РАСХОДА МЕТОДИКА ПОВЕРКИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПОРШНЕВОЙ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКОЙ В КОМПЛЕКТЕ С ПОТОЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ПЛОТНОСТИ**	**МИ 3151– 2008**

Дата введения – 2009 – 01- 01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящая рекомендация распространяется на преобразователи массового расхода (далее – массомеры), имеющие свидетельство (сертификат) об утверждении типа по ПР 50.2.009 и узаконенные к применению на территории России:

- счетчики-расходомеры массовые Micro Motion, производимые фирмой «Emerson Process Management, Micro Motion Inc.», США, Нидерланды, Мексика;

- расходомеры массовые Promass, производимые фирмами «Endress + Hauser Flowtec AG», Швейцария и «Endress + Hauser GmbH + Co.KG», Германия;

- счетчики-расходомеры массовые кориолисовые ROTAMASS, производимые фирмой «Rota Yokogawa GmbH & Co.KG», Германия.

1.2 Рекомендация устанавливает методику первичной (при вводе в эксплуатацию и после ремонта) и периодической поверок массомеров на месте их эксплуатации в составе систем измерений количества и показателей качества нефти, нефтепродуктов, жидких углеводородов (далее – рабочая жидкость) с использованием трубопоршневой поверочной установки в комплекте с поточным преобразователем плотности.

1.3 Межповерочный интервал массомера: не более 1-го года.

1.4 Сводный перечень условных обозначений, принятых в настоящей рекомендации, и их определений приведен в приложении Ж, сводный перечень используемых формул - в приложении И.

Примечания

1 По настоящей рекомендации проводят поверку канала измерений массы массомера.

2 Поверку массомеров по настоящей рекомендации рекомендуется проводить при содержании воды в нефти не более: 10 % объемных долей.

3 Настоящая рекомендация не распространяется на поверку массомеров с применением компакт-прувера (в том числе и на компакт-прувер в комплекте с компаратором и поточным ПП).

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

ГОСТ Р 51330.0-99 (МЭК 60079-0-98). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования

ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений

ПР 50.2.007-2001 ГСИ. Поверительные клейма

ПР 50.2.009-94 ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений

МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей

МИ 2153-2004 ГСИ. Плотность нефти. Методика выполнения измерений ареометром при учетных операциях

МИ 2174-91 ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения

МИ 2311-94 ГСИ. Расход и масса газовых конденсатов, ШФЛУ и продуктов их переработки. Методики выполнения измерений и расчета

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

МИ 2823-2003 ГСИ. Плотность нефтепродуктов при учетно-расчетных операциях. Методика выполнения измерений ареометром. Программа (таблицы) приведения плотности нефтепродуктов к заданной температуре

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

ПБ 03-585-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов, утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 10.06.03. № 80 и зарегистрированы в Минюсте РФ 19.06.03 № 4738

Примечание – При пользовании настоящей рекомендацией следует в установленном порядке проверить действие нормативных документов, перечисленных в разделе 2. Если нормативный документ заменен или частично изменен, то следует руководствоваться положениями действующего взамен или частично измененного документа.

3 ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей рекомендации приняты следующие сокращения:

- **АРМ оператора** – автоматизированное рабочее место оператора;
- **БИК** – блок измерений показателей качества;
- **ГХ** - градуировочная характеристика (*);
- **ИЛ** – измерительная линия;
- **КМХ** – контроль метрологических характеристик;
- **ПП** – преобразователь плотности;
- **ПСП** – приемо-сдаточный пункт;
- **ПЭП** – первичный электронный преобразователь (трансмиттер, конвертор);
- **СИ** – средство(а) измерений;
- **СИКЖУ** – система измерений количества жидких углеводородов;
- **СИКН** – система измерений количества и показателей качества нефти;
- **СИКНП** – система измерений количества нефтепродуктов;
- **СОИ** – система обработки информации;
- **ТПУ** – трубопоршневая поверочная установка;
- **УОИ** – устройство обработки информации;
- **ШФЛУ** – широкие фракции легких углеводородов.

Примечания

1 Градуировочная характеристика (*): функция, описывающая зависимость коэффициента преобразования массомера по импульсному выходу (*KF*, имп/т), [или градуировочного коэффициента массомера ($K_{гр}$), или коэффициента коррекции измерений массы рабочей жидкости (mass factor - *MF*)] от измеряемого расхода (*Q*, т/ч).

2 Под сокращением БИК в настоящей рекомендации подразумевают блок измерений показателей качества рабочей жидкости, входящий в состав СИКН, СИКНП и СИКЖУ.

Под сокращением ПСП подразумевают приемо-сдаточный пункт рабочей жидкости (нефти, нефтепродуктов и жидких углеводородов).

4 ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки выполняют следующие операции:

4.1.1 Внешний осмотр (8.1).

4.1.2 Опробование (8.2).

4.1.3 Определение метрологических характеристик канала измерений массы (8.3).

4.2 При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

4.2.1 ТПУ (стационарную или передвижную) с пределами допускаемой относительной погрешности: не более ± 0,10 %.

4.2.2 Поточный ПП с пределами допускаемой абсолютной погрешности: не более ± 0,3 кг/м^3 (пределы допускаемой относительной погрешности: не более ± 0,03%).

Примечания

1 Используют поточный ПП, смонтированный стационарно в составе СИКН, или переносной, который устанавливают на время поверки на предусмотренное проектом место.

2 Внутренняя полость поточного ПП, смонтированного стационарно, очищена от отложений, ПП имеет положительные результаты КМХ, выполненного непосредственно перед поверкой массомера.

4.2.3 Измерительные преобразователи избыточного давления с унифицированным токовым выходным сигналом (далее – преобразователи давления) с пределами допускаемой приведенной погрешности: не более ± 0,5%.

4.2.4 Датчики температуры (термосопротивления класса А в комплекте с измерительными преобразователями), пределы допускаемой абсолютной погрешности комплекта: не более ± 0,2 °С.

Примечания

1 Используют преобразователи давления и датчики температуры, установленные на ИЛ с поверяемым массомером и на ТПУ.

2 При применении передвижной ТПУ без преобразователей давления и датчиков температуры используют преобразователи давления и датчики температуры, установленные (устанавливаемые) на технологических отводах, предназначенных для подключения передвижной ТПУ. Допускается использование установленных на передвижной ТПУ: манометров класса точности 0,6, термометров с ценой деления 0,1 °С и с пределами допускаемой абсолютной погрешности: ± 0,2 °С.

4.2.5 УОИ, обеспечивающее:

- прием и обработку токовых сигналов от датчиков температуры, преобразователей давления, установленных на ТПУ, в БИК и частотного сигнала от поточного ПП;

- индикацию текущих значений температуры, давления рабочей жидкости в ТПУ, поточном ПП;

- индикацию текущих значений плотности, измеряемых поточным ПП;

- измерение количества импульсов, выдаваемых массомером (в том числе и долей периодов, если количество импульсов, выдаваемых массомером за один проход шарового поршня ТПУ, менее 10 000 импульсов);

Примечание – За один проход шарового поршня принимают:

- для однонаправленных ТПУ: прохождение поршнем калиброванного участка от детектора «пуск» до детектора «стоп»;

- для двунаправленных ТПУ: прохождение поршнем калиброванного участка от детектора «пуск» до детектора «стоп» и обратно.

- измерение времени прохождения шаровым поршнем калиброванного участка ТПУ.

Пределы допускаемой относительной погрешности УОИ:

- преобразований входных токовых сигналов: не более ± 0,025%;

- вычислений *K*-фактора массомера (имп/т): не более ± 0,025%.

В качестве УОИ используют СОИ, входящий в состав СИКН (СИКНП, СИКЖУ), или отдельный контроллер-вычислитель, используемый только во время поверки.

4.2.6 Все средства поверки поверены и имеют свидетельства о поверке и (или) знаки поверки (оттиски поверительного клейма) с действующими сроками.

4.2.7 Допускается применение других средств поверки, метрологические характеристики которых удовлетворяют требованиям настоящей рекомендации.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНЫ ТРУДА И К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

5.1 При проведении поверки соблюдают требования:

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

- «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей»;

- ПОТ Р М-016-2001 (РД 153.34.0-03.150-00) (с изменением 2003 г) «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»;

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

- «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ), 6-е издание;

- правил безопасности, изложенных в эксплуатационных документах на массомер, ТПУ и остальные средства поверки;

- инструкций (регламентов) по промышленной и пожарной безопасности, по охране труда, действующих на объекте, где проводят поверку массомера.

5.2 При проведении поверки ТПУ, массомер, поточный ПП и другое технологическое оборудование не эксплуатируют при давлении рабочей жидкости, превышающем рабочее давление, указанное в их паспортах или эксплуатационной документации.

5.3 При использовании передвижной ТПУ для её технологической обвязки с СИКН, (СИКНП, СИКЖУ) используют оборудование, имеющее соответствующие разрешительные документы на его применение и свидетельство о гидроиспытаниях с действующим сроком.

5.4 Средства измерений и электрооборудование, установленные на технологической части СИКН (СИКНП, СИКЖУ) и на ТПУ, имеют взрывозащищенное исполнение и обеспечивают уровень взрывозащиты, соответствующий классу зоны В-1а, вид взрывозащиты – по категории взрывоопасной смеси соответствует группе Т3 по ГОСТ Р 51330.0 (МЭК 60079-0).

5.5 К ТПУ, поверяемому массомеру и другим средствам поверки, установленным на технологической части и требующим обслуживания при поверке, обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы, площадки и переходы, соответствующие требованиям безопасности.

5.6 Управление ТПУ, обслуживание поверяемого массомера и других средств поверки выполняют лица, прошедшие соответствующее обучение и допущенные к эксплуатации перечисленного оборудования на основании проверки знаний.

5.7 К проведению поверки допускают лиц, аттестованных в качестве поверителя, изучивших эксплуатационную документацию на массомер, ТПУ и остальные средства поверки, настоящую рекомендацию, и прошедших инструктаж по технике безопасности.

5.8 При появлении течи рабочей жидкости, загазованности и других ситуаций, препятствующих нормальному ходу поверочных работ, поверку прекращают.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку массомера проводят в комплекте: сенсор совместно с ПЭП.

6.2 Поверку проводят в рабочем диапазоне расхода (далее – рабочий диапазон). Рабочий диапазон для поверяемого массомера определяет владелец СИКН (СИКНП, СИКЖУ) и оформляет в виде справки произвольной формы перед каждой поверкой. Справку, согласованную принимающей (сдающей) стороной, владелец представляет представителю сервисной организации и поверителю.

Примечания

1 Рабочий диапазон массомера, используемого в качестве контрольного, должен охватить рабочие диапазоны каждого из рабочих массомеров.

2 В случае изменения в межповерочном интервале нижнего предела рабочего диапазона в сторону уменьшения или верхнего предела в сторону увеличения от установленных значений (или и то, и другое одновременно) массомер подлежит внеочередной поверке.

6.3 ТПУ допускается устанавливать как до поверяемого массомера по потоку рабочей жидкости, так и после него.

6.4 Изменение температуры рабочей жидкости за время одного измерения: $\leq 0{,}2$ °С.

Примечание – Время одного измерения: время одного прохождения шаровым поршнем калиброванного участка ТПУ с учетом примечания к четвертому перечислению пункта 4.2.5.

6.5 Изменение расхода рабочей жидкости в процессе поверки от установленного значения (в точке расхода) не превышает 2,5 %.

6.6 Содержания свободного газа в рабочей жидкости не допускают.

6.7 Избыточное давление рабочей жидкости в конце технологической схемы поверки рекомендуется устанавливать не менее 0,3 МПа.

Примечание – При поверке массомера в составе СИКЖУ давление в конце технологической схемы устанавливают не менее 0,8 МПа.

6.8 Требуемую величину поверочного расхода устанавливают с помощью регулятора расхода (РР – см. рисунок 1), установленного в конце технологической схемы поверки по потоку рабочей жидкости.

Примечание – На СИКН (СИКНП, СИКЖУ), принятых в эксплуатацию до введения в действие ПБ 03-585-03, требуемый расход допускается устанавливать с помощью задвижки [Зд (рег) – см. рисунок 1], установленной в конце технологической схемы поверки.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 При первичной поверке после ремонта, после замены сенсора или ПЭП, используя соответствующие коммуникатор или программное обеспечение, проводят конфигурирование ПЭП и сенсора в соответствии с инструкцией по эксплуатации на ПЭП.

7.2 Последовательно к поверяемому массомеру подключают ТПУ и подготавливают технологическую схему к гидравлическим испытаниям и проверке на герметичность. Рекомендуемая схема подключения представлена на рисунке 1.

При использовании стационарной ТПУ задвижки (шаровые краны) Зд9, Зд10 и Зд12 открывают, задвижка Зд11 закрыта. При применении передвижной ТПУ задвижки (шаровые краны) Зд9 и Зд10 закрыты, после подключения передвижной ТПУ к соответствующим фланцам (отводы с задвижками Зд13 и Зд14) открывают Зд11, закрывают Зд12.

7.3 Используют один из двух вариантов подключения поверяемого массомера (условно ПРi на рисунке 1) к ТПУ.

Вариант 1. В составе СИКН (СИКНП, СИКЖУ) имеется контрольно-резервный массомер (условно ПР1 на рисунке 1). Поверяемый массомер (ПРi) подключают последовательно с контрольно-резервным. Для чего задвижки (шаровые краны) Зд1, Зд3, Зд4, Зд8 открывают, закрывают задвижки (шаровые краны) Зд2, Зд5, Зд6, Зд7. При этом варианте измерения массы рабочей жидкости, проходящей (прошедшей) через технологическую поверочную схему, рекомендуется проводить, используя контрольно-резервный массомер.

Вариант 2. В составе СИКН (СИКНП, СИКЖУ) контрольно-резервный массомер отсутствует. Поверяемый массомер (ПРi) подключают к ТПУ, для чего открывают задвижки (шаровые краны) Зд1, Зд3 и Зд5, задвижки (шаровые краны) Зд2, Зд4 и Зд8 закрывают.

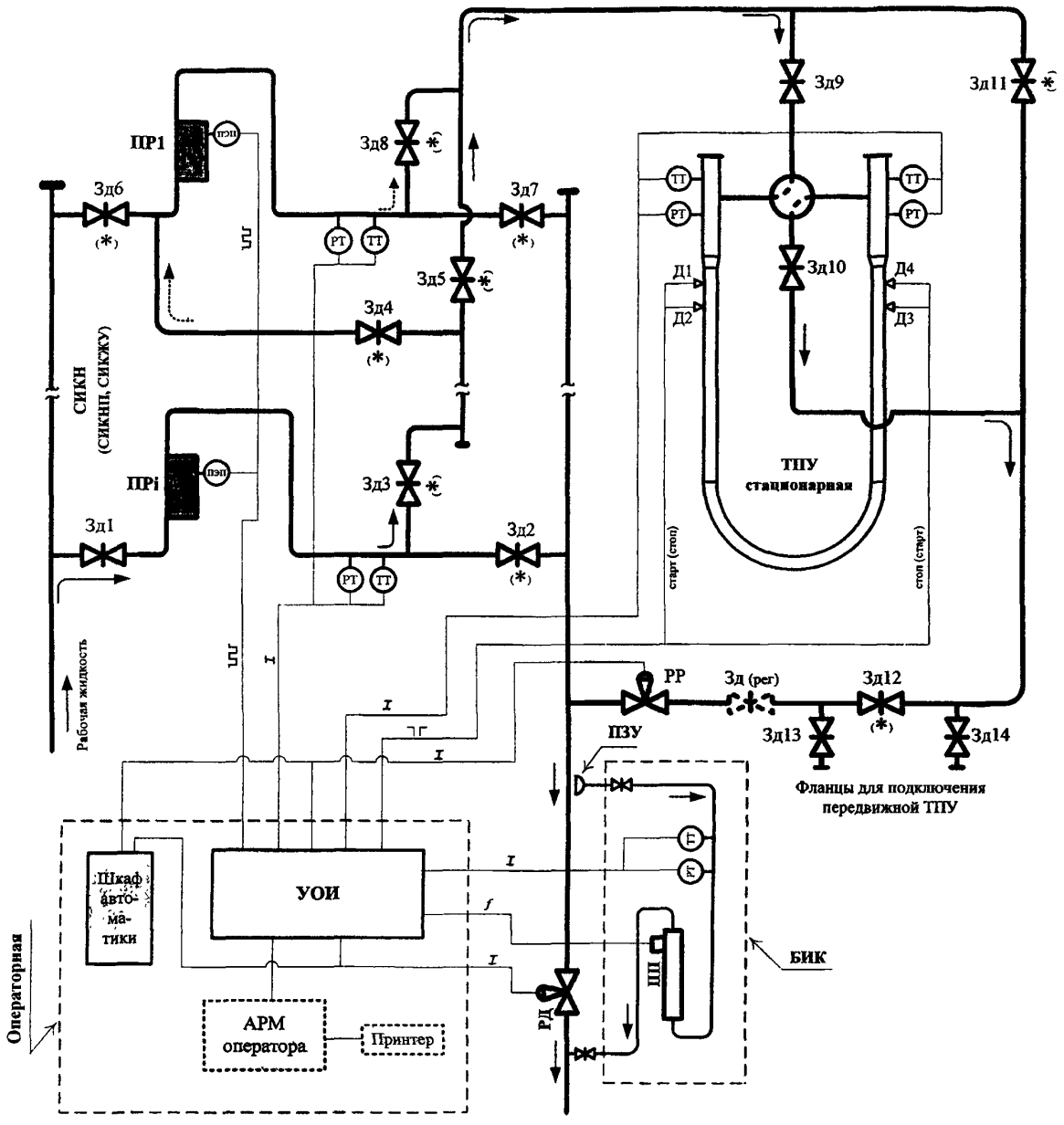

Рисунок 1 – Принципиальная технологическая и электрическая схема соединений средств поверки при расположении ТПУ после поверяемого массомера

ПР1, ПРi – массомеры, ПЭП – первичный электронный преобразователь массомера; РТ - измерительный преобразователь избыточного давления; ТТ - датчик температуры; Д1÷ Д4 - детекторы ТПУ; ПП - поточный преобразователь плотности; ПЗУ - пробозаборное устройство; РР - регулятор расхода; РД - регулятор давления; Зд1÷ Зд12 - задвижки или шаровые краны; Зд (рег), Зд13 и Зд14 - задвижки.

Примечания

1 На рисунке условно не показаны: фильтры-грязеуловители, установленные на ИЛ перед массомерами, манометры и термометры с местным отсчетом показаний, дренажные и воздушные вентили, установленные на СИКН (СИКНП, СИКЖУ) и ТПУ, остальные измерительные преобразователи и технологическое оборудование, установленные в БИК.

2 Задвижки (шаровые краны), обозначенные (*): с гарантированным перекрытием потока и устройствами контроля отсутствия протечек.

3 На рисунке (условно): двунаправленная ТПУ с двумя парами детекторов: (Д1↔Д3) и (Д2↔Д4).

Примечание к 7.3 - Контрольно-резервный массомер: массомер, который технологически может подключаться к любому из рабочих массомеров последовательно и использоваться: *а)* как контрольное средство при КМХ рабочих массомеров; *б)* как рабочий массомер - при необходимости.

7.4 Включают в работу поточный ПП, если «Инструкцией по эксплуатации СИКН (СИКНП, СИКЖУ)» предусмотрена его периодическая эксплуатация (только при поверках и КМХ массомеров по ТПУ), выполнив соответствующие технологические переключения.

7.5 Технологические переключения по 7.2 ÷ 7.4 проводят с соблюдением требований «Инструкции по эксплуатации СИКН (СИКНП, СИКЖУ)».

7.6 Проверяют закрытое положение (при необходимости закрывают) дренажных и воздушных вентилей (кранов), установленных на технологических трубопроводах СИКН (СИКНП, СИКЖУ), ТПУ и БИК.

7.7 Устанавливают любое значение расхода в пределах рабочего диапазона, в технологической схеме поверки создают максимальное рабочее давление, которое может быть при поверке. Систему считают испытанной на герметичность, если в течение 10 минут после создания давления не наблюдается течи рабочей жидкости через фланцевые соединения, через сальники технологических задвижек (шаровых кранов), дренажных и воздушных вентилей (кранов).

7.8 Проверяют отсутствие протечек рабочей жидкости через запорные органы задвижек (шаровых кранов), на рис.1 обозначенных (*), дренажных и воздушных вентилей (кранов) при их закрытом положении. В случае отсутствия возможности проверки герметичности запорных органов задвижек, вентилей (кранов) или при установлении наличия протечек, во фланцевые соединения устанавливают металлические заглушки («блины»).

Примечание – В случае применения передвижной ТПУ дополнительно проверяют герметичность запорных органов задвижек (шаровых кранов) Зд9, Зд10 и Зд12.

7.9 Проводят проверку герметичности (отсутствия протечек рабочей жидкости) узла переключения направления потока рабочей жидкости (четырехходового крана) согласно эксплуатационной документации ТПУ. Для двунаправленных ТПУ проверку проводят в обоих направлениях движения шарового поршня.

7.10 Устанавливают (монтируют) остальные средства поверки и проводят необходимые электрические соединения согласно рисунку 1, проверяют правильность соединений.

Примечания

1 При подключении поверяемого массомера по варианту 1 (п. 7.3) и применении отдельного контроллера-вычислителя (в дополнение к СОИ) выходной сигнал поверяемого массомера подключают к контроллеру, применяемому в качестве средства поверки.

2 В случае применения ТПУ с двумя парами детекторов (рис. 1) к УОИ подключают обе пары детекторов и при поверке используют оба значения объемов калиброванного участка ТПУ только в том случае, если УОИ имеет соответствующие алгоритмы для обработки результатов двух измерений за один проход поршня. В противном случае подключают только одну (любую) пару детекторов и используют соответствующее этой паре значение объема (вместимости) калиброванного участка ТПУ.

7.11 Проверяют отсутствие воздуха (газа) в технологической схеме. При любом значении расхода (в рабочем диапазоне) проводят несколько пусков шарового поршня ТПУ. Открывая воздушные вентили, установленные на ТПУ, на верхних точках технологической схемы, в БИК, проверяют наличие воздуха (газа), при необходимости воздух (газ) выпускают. Считают, что воздух (газ) в технологической схеме отсутствует, если из вентилей вытекает струя рабочей жидкости без пузырьков воздуха (газа).

Примечание – При использовании ШФЛУ в качестве рабочей жидкости проверку отсутствия воздуха (газа) в технологической схеме не проводят.

7.12 Контролируют стабилизацию температуры рабочей жидкости в технологической схеме, для чего при любом расходе проводят несколько последовательных пусков шарового поршня ТПУ. Температуру считают стабильной, если за один проход поршня изменение температуры не превышает 0,2 °С.

7.13 Подготавливают средства поверки к ведению поверочных работ согласно инструкциям по их эксплуатации.

7.14 При первичной поверке (при вводе массомера в эксплуатацию) или при использовании отдельного контроллера-вычислителя в качестве средства поверки (дополнительно к СОИ) проводят операции по 7.14.1 ÷ 7.14.3.

7.14.1 Выполняют конфигурирование импульсного выхода ПЭП массомера: используя коммуникатор или соответствующее программное обеспечение в память ПЭП вводят максимальное значение диапазона расхода, установленного заводом-изготовителем для поверяемого массомера $Q_{max}^{зав}$ (т/ч), и значение частоты f (Гц), условно соответствующее $Q_{max}^{зав}$.

Принимают:

$$f \le f_{вх\,max} \le 10\,000, \qquad (1)$$

где $f_{вх\,max}$ - максимальная входная частота УОИ (СОИ или контроллера-вычислителя, применяемого в качестве средства поверки) – из технического описания.

Примечания

1 Если для массомера указан номинальный диапазон расхода, то при конфигурировании вместо $Q_{max}^{зав}$ используют максимальное значение номинального диапазона (из технического описания).

2 Если в качестве УОИ используют отдельный контроллер-вычислитель, то в выражении (1) используют минимальное из двух значений $f_{вх\,max}$, указанных для СОИ и контроллера-вычислителя.

7.14.2 В память УОИ вводят значение коэффициента преобразования массомера по импульсному выходу $KF_{конф}$, имп/т (далее – *K*-фактор), вычисляемое по формуле

$$KF_{конф} = \frac{f \times 3600}{Q_{max}^{зав}}, \qquad (2)$$

где f и $Q_{max}^{зав}$ - согласно 7.14.1 с учетом примечаний (при необходимости).

7.14.3 Выполняют конфигурирование каналов измерений температуры, давления, плотности УОИ.

7.15 При очередных (внеочередных) поверках с использованием СОИ в качестве УОИ проверяют выполнение условий, изложенных в 7.14.1 ÷ 7.14.3.

7.16 Проводят установку нуля поверяемого массомера согласно заводской (фирменной) инструкции по эксплуатации данной модели массомера.

7.17 При использовании АРМ оператора, имеющего аттестованные по МИ 2174 алгоритмы для автоматической обработки результатов измерений при поверке и автоматического формирования (оформления) протокола поверки, в АРМ оператора вводят исходные данные согласно протоколу поверки (приложение А) или проверяют достоверность и правильность ранее введенных исходных данных.

7.18 Представители сдающей и принимающей сторон определяют способ (в ПЭП или в СОИ) и вид реализации ГХ массомера (см. раздел 9).

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре поверяемого массомера устанавливают:

- соответствие его комплектности перечню, указанному в заводской (фирменной) эксплуатационной документации (формуляре, паспорте);

- отсутствие механических повреждений, препятствующих его применению, дефектов внешних покрытий, ухудшающих его внешний вид;

- четкость, целостность надписей и обозначений, нанесенных на корпусе («шильдике»), их соответствие требованиям эксплуатационной документации;

- отсутствие нарушений герметичности кабельных вводов в ПЭП, отсутствие видимых повреждений кабеля(ей);

- соответствие заземлений сенсора и ПЭП требованиям заводской (фирменной) инструкции по эксплуатации массомера, целостность заземляющих проводов.

8.2 Опробование

8.2.1 Проверяют индикацию на дисплее УОИ или на мониторе АРМ оператора текущих значений:

- плотности рабочей жидкости, измеряемой поточным ПП (кг/м^3);

- температуры (°С) и давления (МПа) рабочей жидкости в ТПУ, в поточном ПП, измеряемых соответствующими датчиками температуры и преобразователями давления.

8.2.2 Устанавливают любое значение расхода в пределах рабочего диапазона, запускают шаровой поршень ТПУ и проводят пробное(ые) измерение(я).

При прохождении шаровым поршнем детектора «старт» в УОИ начинается отсчет нарастающих значений:

- количества импульсов, выдаваемых массомером (имп);

- времени прохождения поршнем калиброванного участка ТПУ (с).

При прохождении поршнем детектора «стоп» в УОИ отсчет нарастающих значений перечисленных параметров прекращается.

Примечание – При использовании двунаправленной ТПУ УОИ отсчитывает нарастающие значения параметров, перечисленных в 8.2.2, за периоды прохождения поршнем калиброванного участка ТПУ в прямом [от детектора Д1 (или Д2) до детектора Д3 (или Д4), рис. 1] и обратном [от детектора Д3 (или Д4) до детектора Д1 (или Д2)] направлениях. В этом случае УОИ не отсчитывает значения перечисленных параметров за период времени от момента прохождения поршнем детектора Д3 (или Д4) в прямом направлении до момента прохождения этого же детектора в обратном направлении после переключения направления потока.

8.3 Определение метрологических характеристик

8.3.1 Метрологические характеристики (МХ) массомера определяют при крайних значениях расхода рабочего диапазона и значениях, установленных с интервалом 25 ÷ 30 % от максимального расхода рабочего диапазона.

Допускается определение МХ проводить в трех точках рабочего диапазона: при минимальном (Q_{min}), среднем [0,5 х (Q_{min} + Q_{max})] и максимальном (Q_{max}) значениях расхода (т/ч).

Требуемые значения расхода устанавливают, начиная от Q_{min} в сторону увеличения или от Q_{max} в сторону уменьшения.

8.3.2 Устанавливают требуемый расход Q_j (т/ч), значение которого контролируют по 8.3.3 или 8.3.4 в зависимости от варианта подключения поверяемого массомера (см. 7.3).

8.3.3 Если поверяемый массомер подключают по варианту 2 (см. 7.3), то контроль соответствия установленного расхода Q_j требуемому значению проводят по 8.3.3.1 ÷ 8.3.3.3.

8.3.3.1 После установления расхода запускают поршень, измеряют время прохождения поршня по калиброванному участку ТПУ и вычисляют значение расхода в *j*-й точке расхода $Q_{1ПУ\,j}$ (т/ч) по формуле

$$Q_{ТПУ\,j} = \frac{V_o^{ТПУ} \times 3600}{T_j} \times \rho_j^{ПП} \times 10^{-3}, \qquad (3)$$

где $V_o^{ТПУ}$ - вместимость калиброванного участка ТПУ (с учетом примечания 2 к 7.10) согласно свидетельству о поверке ТПУ, м^3;

T_j - время прохождения поршнем калиброванного участка ТПУ в *j*-й точке расхода с учетом примечания к 8.2.2, с;

$\rho_j^{ПП}$ - плотность рабочей жидкости, измеренная поточным ПП при установлении расхода в *j*-й точке, кг/м^3.

8.3.3.2 Проверяют выполнение условия

$$\left| \frac{Q_j - Q_{ТПУ\,j}}{Q_{ТПУ\,j}} \right| \times 100 \le 2{,}0\,\%. \qquad (4)$$

8.3.3.3 В случае невыполнения условия (4) корректируют расход, контролируя его значение по 8.3.3.1 и 8.3.3.2.

Примечание – Установление требуемого поверочного расхода в каждой *j*-й точке и контроль его значения допускается проводить в соответствии с приложением Б.

8.3.4 При подключении поверяемого массомера по варианту 1 (см. 7.3) требуемое значение поверочного расхода устанавливают, используя результаты измерений контрольно-резервным массомером (ПР1). Операции по 8.3.3.1 ÷ 8.3.3.3 не проводят.

8.3.5 После стабилизации расхода и температуры рабочей жидкости в *j*-й точке расхода проводят серию измерений, последовательно запуская поршень ТПУ.

Количество измерений в каждой *j*-й точке расхода n_j : не менее 5-ти.

8.3.6 Для каждого *i*-го измерения в каждой *j*-й точке расхода регистрируют (отсчитывают) и записывают в протокол поверки (приложение А):

- время прохождения поршнем калиброванного участка ТПУ (T_{ij}, с);
- значение массового расхода (Q_{ij}, т/ч);

Примечания

1 Расход Q_{ij} измеряют контрольно-резервным массомером при схеме подключения по варианту 1 (п. 7.3). При схеме подключения по варианту 2 (п. 7.3) расход измеряют поверяемым массомером или вычисляют его значение, используя формулу (3).

2 При реализации ГХ массомера в СОИ в виде линейно-кусочной аппроксимации рекомендуется дополнительно регистрировать выходную частоту поверяемого массомера (Гц).

- количество импульсов, выдаваемое поверяемым массомером за время одного измерения, ($N_{ij}^{мас}$, имп);

- значения температуры ($\bar{t}_{ij}^{ТПУ}$, °С) и давления ($\bar{P}_{ij}^{ТПУ}$, МПа) в ТПУ;

Примечание – Значения $\bar{t}_{ij}^{ТПУ}$ и $\bar{P}_{ij}^{ТПУ}$ вычисляют по алгоритму

$$\bar{a} = 0{,}5 \times (a_{вх} + a_{вых}), \quad (5)$$

где $\bar{a}$ - среднее арифметическое значение параметра ($\bar{t}_{ij}^{ТПУ}$ или $\bar{P}_{ij}^{ТПУ}$);

$a_{вх}$ и $a_{вых}$ - значения параметров (температуры и давления), измеренные соответствующими СИ, установленными на входе и выходе ТПУ.

- значение плотности рабочей жидкости, измеренное поточным ПП ($\rho_{ij}^{ПП}$, кг/м^3);

- значения температуры и давления рабочей жидкости в поточном ПП ($t_{ij}^{ПП}$, °С и $P_{ij}^{ПП}$, МПа соответственно).

9 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение параметров ГХ массомера.

При любом способе реализации ГХ (в ПЭП или СОИ) проводят операции по 9.1.1.

9.1.1 Для каждого i-го измерения в j-й точке расхода вычисляют значение массы рабочей жидкости ($M_{ij}^{Рэ}$, т), используя результаты измерений рабочих эталонов (ТПУ и поточного ПП), по формуле

$$M_{ij}^{Рэ} = V_{пр\,ij}^{ТПУ} \times \rho_{пр\,ij}^{ПП} \times 10^{-3}, \quad (6)$$

где $V_{пр\,ij}^{ТПУ}$ - вместимость калиброванного участка ТПУ, приведенная к рабочим условиям (температуре и давлению рабочей жидкости) в ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода (м^3) по 9.1.1.1;

$\rho_{пр\,ij}^{ПП}$ - плотность рабочей жидкости, измеренная поточным ПП и приведенная к рабочим условиям в ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода (кг/м^3) по 9.1.1.2.

9.1.1.1 Значение $V_{пр\,ij}^{ТПУ}$ вычисляют по формуле

$$V_{пр\,ij}^{ТПУ} = V_{o}^{ТПУ} \times \left[1 + 3\alpha_t \times \left(\bar{t}_{ij}^{ТПУ} - 20\right)\right] \times \left(1 + \frac{0{,}95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ТПУ}\right), \quad (7)$$

где α_t - коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, °С$^{-1}$ (из таблицы В.1 приложения В);

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

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

9.1.1.2 Значение $\rho_{пр\,ij}^{пп}$ вычисляют по формуле

$$\rho_{пр\,ij}^{пп} = \rho_{ij}^{пп} \times \left[1 + \beta_{ж\,ij} \times \left(t_{ij}^{пп} - \bar{t}_{ij}^{тпу}\right)\right] \times \left[1 + \gamma_{ж\,ij} \times \left(\bar{P}_{ij}^{тпу} - P_{ij}^{пп}\right)\right], \quad (8)$$

где $\beta_{ж\,ij}$ - коэффициент объемного расширения ($^{\circ}C^{-1}$) рабочей жидкости, значение которого определяют по приложению Г;

$\gamma_{ж\,ij}$ - коэффициент сжимаемости ($МПа^{-1}$) рабочей жидкости, значение которого определяют по приложению Г.

Примечание – Формулы (7) и (8) используют в АРМ оператора СИКН (СИКНП, СИКЖУ), если АРМ оператора обеспечено алгоритмами по 7.17.

При обработке результатов измерений другим способом, в частности, используя персональный компьютер (ПК) и электронные таблицы, вычисление значений $V_{пр\,ij}^{тпу}$ и $\rho_{пр\,ij}^{пп}$ допускается проводить по приложению Д.

9.1.2 Дальнейшую обработку результатов измерений проводят по 9.1.3 или 9.1.4 в зависимости от способа реализации ГХ.

9.1.3 ГХ реализуют в ПЭП

9.1.3.1 Для каждого *i*-го измерения в *j*-й точке расхода определяют значение массы рабочей жидкости, измеренное поверяемым массомером ($M_{ij}^{мас}$, т), по формуле

$$M_{ij}^{мас} = \frac{N_{ij}^{мас}}{KF_{конф}}. \quad (9)$$

9.1.3.2 Определяют коэффициент коррекции измерений массы (mass-factor) (далее – коэффициент коррекции) при *i*-м измерении в *j*-й точке расхода (MF_{ij}) по формуле

$$MF_{ij} = \frac{M_{ij}^{рэ}}{M_{ij}^{мас}} \times MF_{диап}^{уст}, \quad (10)$$

где $MF_{диап}^{уст}$ - коэффициент коррекции измерений массы, установленный в ПЭП по результатам предыдущей периодической поверки.

Примечания

1 Для массомера, оснащенного с ПЭП без функции ввода в его память значения коэффициента коррекции измерений массы: $MF_{диап}^{уст} = 1$.

2 При первичной поверке (перед вводом массомера в эксплуатацию или после замены ПЭП) значение $MF_{диап}^{уст}$ принимают равным 1.

9.1.3.3 Вычисляют среднее арифметическое значение коэффициента коррекции в *j*-й точке расхода ($\overline{MF}_j$) по формуле

$$\overline{MF}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} MF_{ij}}{n_j}, \qquad (11)$$

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

9.1.3.4 Оценивают среднее квадратическое отклонение (СКО) результатов определений средних арифметических значений коэффициентов коррекции для точек расхода в рабочем диапазоне ($S^{MF}_{диап}$, %) по формуле

$$S^{MF}_{диап} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\Sigma n_j} \left(MF_{ij} - \overline{MF}_j\right)^2}{\Sigma n_j - m}} \times \frac{1}{\overline{MF}_j} \times 100, \qquad (12)$$

где Σn_j - суммарное количество измерений в рабочем диапазоне;

m – количество точек разбиения рабочего диапазона.

9.1.3.5 Проверяют выполнение условия

$$S^{MF}_{диап} \le 0{,}03\,\%. \qquad (13)$$

9.1.3.6 В случае невыполнения условия (13) в какой-либо точке расхода дальнейшую обработку результатов измерений прекращают, выясняют и устраняют причины, вызвавшие невыполнение условия (13). Повторно проводят операции по 8.3.1 ÷ 8.3.6, 9.1.3.1 ÷ 9.1.3.5.

При выполнении условия (13) проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

9.1.3.7 Вычисляют среднее арифметическое значение коэффициента коррекции измерений массы для поверяемого массомера в рабочем диапазоне расхода ($MF_{диап}$) по формуле

$$MF_{диап} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{MF}_j}{m}. \qquad (14)$$

9.1.3.8 Вычисляют новое значение градуировочного коэффициента $K_{гр}$ по формуле

$$K_{гр} = K^{ПЭП}_{гр} \times MF_{диап}, \qquad (15)$$

где $K^{ПЭП}_{гр}$ - градуировочный коэффициент, определенный при предыдущей поверке или заводской калибровке и установленный в ПЭП.

Примечания

1 Новое значение $K_{гр}$ определяют только для ПЭП, не имеющего функцию ввода коэффициента коррекции $MF_{диап}$.

2 При первичной поверке следует иметь в виду, что значение $K^{ПЭП}_{гр}$ в фирменном (заводском) калибровочном сертификате соответствует значению реквизита:

- Flow Cal (первые пять значащих цифр) - для массомера модели Micro Motion;

- Calibration factor – для массомера модели Promass;

- Sensor Coefficient SK20 – для массомера модели ROTAMASS.

9.1.4 ГХ реализуют в СОИ

9.1.4.1 Вычисляют значение *K*-фактора для *i*-го измерения в *j*-й точке расхода (KF_{ij}, имп/т) по формуле

$$KF_{ij} = \frac{N_{ij}^{мас}}{M_{ij}^{пр}}. \qquad (16)$$

9.1.4.2 Вычисляют среднее значение *K*-фактора для *j*-й точки расхода ($\overline{KF}_j$, имп/т) по формуле

$$\overline{KF}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} KF_{ij}}{n_j}. \qquad (17)$$

9.1.4.3 В зависимости от вида реализации ГХ в СОИ оценивают СКО результатов определений средних арифметических значений *K*-фактора для точек расхода:

а) в рабочем диапазоне ($S_{диап}^{KF}$, %), если ГХ реализуют в виде постоянного значения *K*-фактора в рабочем диапазоне, по формуле

$$S_{диап}^{KF} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\Sigma n_j}\left(KF_{ij} - \overline{KF}_j\right)^2}{\Sigma n_j - m}} \times \frac{1}{\overline{KF}_j} \times 100. \qquad (18а)$$

б) в каждом *k*-м поддиапазоне расхода (S_k^{KF}, %), если ГХ реализуют в виде кусочно-линейной аппроксимации, по формуле

$$S_k^{KF} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{2}\left(KF_{ij} - \overline{KF}_j\right)_k^2}{(n_j + n_{j+1} - 2)_k}} \times \frac{1}{\overline{KF}_j} \times 100. \qquad (18б)$$

9.1.4.4 Оценивают значение $S_{диап}^{KF}$ или S_k^{KF} по аналогии с 9.1.3.5. При необходимости проводят операции по 9.1.3.6.

При положительных результатах оценки $S_{диап}^{KF}$ или S_k^{KF} проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

9.1.4.5 Если ГХ массомера реализуют в виде постоянного значения *K*-фактора в рабочем диапазоне, то вычисляют среднее значение *K*-фактора для рабочего диапазона ($KF_{диап}$, имп/т) по формуле

$$KF_{диап} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{KF}_j}{m}. \qquad (19)$$

9.1.5 Определение погрешностей

9.1.5.1 Случайную и систематическую составляющие погрешности и относительную погрешность определяют по 9.2 ÷ 9.4 в зависимости от способа и вида реализации ГХ.

9.1.5.2 Составляющие погрешности и относительную погрешность массомера, используемого как в качестве контрольного, так и рабочего, определяют при доверительной вероятности P = 0,95.

9.2 Определение погрешностей при реализации ГХ массомера в ПЭП

9.2.1 При реализации ГХ в ПЭП составляющие погрешности и относительную погрешность определяют для рабочего диапазона.

9.2.2 Определение случайной составляющей погрешности

Случайную составляющую погрешности (ε, %) определяют по формуле

$$\varepsilon = t_{(P,n)} \times S_{диап}^{MF}, \qquad (20)$$

где $t_{(P,n)}$ - квантиль распределения Стьюдента [коэффициент, зависящий от доверительной вероятности P и количества измерений n ($n = \Sigma n_j$), значение которого определяют из таблицы Е.1 приложения Е];

$S_{диап}^{MF}$ - значение СКО, определенное по формуле (12).

9.2.3 Определение систематической составляющей погрешности

9.2.3.1 Систематическую составляющую погрешности массомера (θ_Σ, %) определяют по формуле

$$\theta_\Sigma = 1{,}1 \times \sqrt{(\delta_{ТПУ})^2 + (\delta_{ПП})^2 + (\theta_t)^2 + (\delta_K^{УОИ}) + (\theta_{диап}^{MF})^2 + (\delta_0^{мас})^2}, \qquad (21)$$

где $\delta_{ТПУ}$ - пределы допускаемой относительной погрешности ТПУ, % (из свидетельства о поверке);

$\delta_{ПП}$ - пределы допускаемой относительной погрешности поточного ПП, % (из свидетельства о поверке);

θ_t - дополнительная составляющая систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры, % (определяют по 9.2.3.2);

$\delta_K^{УОИ}$ - пределы допускаемой относительной погрешности УОИ при вычислении K-фактора массомера, % (из свидетельства о поверке);

$\theta_{диап}^{MF}$ - составляющая систематической погрешности массомера, вызванная усреднением (аппроксимацией) коэффициента коррекции ($MF_{диап}$) в рабочем диапазоне, % (определяют по 9.2.3.3);

$\delta_0^{мас}$ - значение относительной погрешности стабильности нуля массомера, определенное по 9.2.3.4, %.

9.2.3.2 Значение дополнительной составляющей систематической погрешности (θ_t) вычисляют по формуле

$$\theta_t = \beta_{ж\,max} \times \sqrt{(\Delta t_{ТПУ})^2 + (\Delta t_{ПП})^2} \times 100, \qquad (22)$$

где $\beta_{ж\,max}$ - максимальное из ряда значений $\beta_{жij}$, определенных по приложению Г, °С $^{-1}$;

$\Delta t_{ТПУ}$ и $\Delta t_{ПП}$ - пределы допускаемых абсолютных погрешностей датчиков температуры (или термометров), используемых в процессе поверки для измерений температуры рабочей жидкости в ТПУ и поточном ПП, соответственно, °С (из действующих свидетельств о поверке).

9.2.3.3 Составляющую систематической погрешности (θ_{MF}, %) определяют по формуле

$$\theta_{диап}^{MF} = \left| \frac{\overline{MF}_j - MF_{диап}}{MF_{диап}} \right|_{max} \times 100. \qquad (23)$$

9.2.2.4 Относительную погрешность стабильности нуля определяют по формуле

$$\delta_0^{мас} = \frac{ZS}{Q_{min} + Q_{max}} \times 100, \qquad (24)$$

где ZS - значение стабильности нуля, т/ч (из описания типа массомера).

Примечания к 9.2.3

1 При поверке массомера на месте эксплуатации дополнительной систематической погрешностью массомера, вызванной изменением давления рабочей жидкости при эксплуатации от значения, имеющего место при поверке, пренебрегают.

2 Относительную погрешность стабильности нуля ($\delta_0^{мас}$) определяют только для тех массомеров, для которых $\delta_0^{мас}$ является составляющей относительной погрешности массомера (*согласно описанию типа, учитывая тип ПЭП*).

К примеру, для массомеров Micro Motion, оснащенных с ПЭП моделей 1500, 1700, 2400, 2500, 2700, 3500, 3700, относительную погрешность стабильности нуля не определяют и принимают равной нулю.

9.2.4 Определение относительной погрешности

Относительную погрешность массомера (δ, %) определяют по формуле

$$\delta = \begin{cases} Z_{(P)} \times (\theta_\Sigma + \varepsilon), & \text{если } 0{,}8 \le \theta_\Sigma / S_{диап}^{MF} \le 8 \\ \theta_\Sigma, & \text{если } \theta_\Sigma / S_{диап}^{MF} > 8, \end{cases} \qquad (25)$$

где $Z_{(P)}$ - коэффициент, зависящий от доверительной вероятности P и величины соотношения $\theta_\Sigma / S_{диап}^{MF}$, значение которого берут из таблицы Е.2 приложения Е.

9.3 Определение погрешностей при реализации ГХ массомера в СОИ в виде постоянного значения *K*-фактора (имп/т)

9.3.1 При таком виде реализации ГХ в СОИ составляющие погрешности и относительную погрешность определяют для рабочего диапазона.

9.3.2 Определение случайной составляющей погрешности

Случайную составляющую погрешности массомера (ε, %) определяют по формуле (с учетом примечания к 9.2.2)

$$\varepsilon = t_{(P,n)} \times S^{KF}_{диап}, \qquad (26)$$

где $S^{KF}_{диап}$ - значение СКО, определенное по формуле (18*а*).

Примечание – при определении $t_{(P,n)}$ принимают: $n = \Sigma n_j$.

9.3.3 Определение систематической составляющей погрешности

9.3.3.1 Систематическую составляющую погрешности массомера (θ_Σ, %) определяют (с учетом примечаний к 9.2.3) по формуле

$$\theta_\Sigma = 1{,}1 \times \sqrt{(\delta_{ПУ})^2 + (\delta_{ПП})^2 + (\theta_t)^2 + (\delta_K^{УОИ})^2 + (\theta^{KF}_{диап})^2 + (\delta_0^{мас})^2}, \qquad (27)$$

где $\theta^{KF}_{диап}$ - составляющая систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией ГХ массомера в рабочем диапазоне расхода, %, определяемая по 9.3.3.2.

9.3.3.2 Составляющую систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией ГХ массомера в рабочем диапазоне расхода ($\theta^{KF}_{диап}$, %), определяют по формуле

$$\theta^{KF}_{диап} = \left| \frac{\overline{KF_j} - KF_{диап}}{KF_{диап}} \right|_{max} \times 100. \qquad (28)$$

9.3.4 Определение относительной погрешности

Относительную погрешность массомера (δ, %) определяют по формуле

$$\delta = \begin{cases} Z_{(P)} \times (\theta_\Sigma + \varepsilon), & \text{если } 0{,}8 \le \theta_\Sigma / S^{KF}_{диап} \le 8 \\ \theta_\Sigma, & \text{если } \theta_\Sigma / S^{KF}_{диап} > 8. \end{cases} \qquad (29)$$

где $Z_{(P)}$ - коэффициент, зависящий от доверительной вероятности P и величины соотношения $\theta_\Sigma / S^{KF}_{диап}$, значение которого берут из таблицы Е.2 приложения Е.

9.4 Определение погрешностей при реализации ГХ массомера в СОИ в виде кусочно-линейной аппроксимации

9.4.1 При таком виде реализации ГХ составляющие погрешности и относительную погрешность определяют для каждого *k*-го поддиапазона расхода.

9.4.2 Определение случайной составляющей погрешности

Случайную составляющую погрешности массомера (ε_k, %) определяют по формуле

$$\varepsilon_k = t_{(P,n)} \times S_k^{KF}, \qquad (30)$$

где S_k^{KF} - значение СКО, определенное по формуле (18б), %;

Примечание - при определении $t_{(P,n)}$ принимают: $n = (n_j + n_{j+1})_k$.

9.4.3 Определение систематической составляющей погрешности

9.4.3.1 Систематическую составляющую погрешности массомера ($\theta_{\Sigma k}$, %) определяют (с учетом примечаний к 9.2.3) по формуле

$$\theta_{\Sigma k} = 1{,}1 \times \sqrt{(\delta_{ТПУ})^2 + (\delta_{ПП})^2 + (\theta_t)^2 + (\delta_K^{УОИ})^2 + (\theta_k^{KF})^2 + (\delta_{0k}^{мас})^2}, \qquad (31)$$

где θ_k^{KF} - составляющая систематической погрешности, обусловленная аппроксимацией ГХ массомера в k-м поддиапазоне расхода, %, определяемая по 9.4.3.2;

$\delta_{0k}^{мас}$ - относительная погрешность стабильности нуля в k-м поддиапазоне, определяемая по 9.4.3.3, %.

9.4.3.2 Составляющую систематической погрешности, обусловленную аппроксимацией ГХ массомера в k-м поддиапазоне расхода (θ_k^{KF}, %), определяют по формуле

$$\theta_k^{KF} = \frac{1}{2} \times \left| \frac{\overline{KF}_j - \overline{KF}_{j+1}}{\overline{KF}_j + \overline{KF}_{j+1}} \right|_{(k)} \times 100. \qquad (32)$$

9.4.3.3 Относительную погрешность стабильности нуля ($\delta_{0k}^{мас}$, %) определяют по формуле

$$\delta_{0k}^{мас} = \frac{ZS}{Q_{kmin} + Q_{kmax}} \times 100, \qquad (33)$$

где Q_{kmin} и Q_{kmax} – минимальное и максимальное значения расхода в k-м поддиапазоне (в начале и в конце k-го поддиапазона) соответственно, т/ч.

9.4.4 Определение относительной погрешности

Относительную погрешность массомера (δ_k, %) определяют по формуле

$$\delta_k = \begin{cases} Z_{(P)} \times (\theta_{\Sigma k} + \varepsilon_k), & \text{если } 0{,}8 \le \theta_{\Sigma k} / S_k^{KF} \le 8 \\ \theta_{\Sigma k}, & \text{если } \theta_{\Sigma k} / S_k^{KF} > 8, \end{cases} \qquad (34)$$

где $Z_{(P)}$ - коэффициент, зависящий от доверительной вероятности P и величины соотношения θ_Σ / S_k^{KF}, значение которого берут из таблицы Е.2 приложения Е.

9.5 Оценивание относительных погрешностей

9.5.1 Оценивают значения относительных погрешностей, определенных по 9.2.4 (или 9.3.4, или 9.4.4) - в зависимости от способа и вида реализации ГХ, для чего проверяют выполнение условий:

- для массомера, используемого в качестве контрольного

$$(|\delta|, |\delta_k|) \le 0,20\,\%; \tag{35}$$

- для массомера, используемого в качестве рабочего

$$(|\delta|, |\delta_k|) \le 0,25\,\%. \tag{36}$$

9.5.2 Если для массомера, применяемого (эксплуатируемого) в качестве контрольного, не выполняется условие (35) и для массомера, эксплуатируемого в режиме рабочего, не выполняется условие (36) - в зависимости от вида реализации ГХ, то выясняют причины, устраняют их и проводят повторные операции согласно разделам 8 и 9.

9.5.3 При невыполнении одного из условий по 9.5.1 рекомендуется:

- увеличить количество измерений в точках расхода;

- уменьшить рабочий диапазон, если ГХ массомера реализуется в ПЭП в виде постоянного значения градуировочного коэффициента ($K_{гр}$) или коэффициента коррекции (meter-factor - $MF_{диап}$), или в СОИ в виде постоянного значения K-фактора в рабочем диапазоне ($KF_{диап}$, имп/т);

- увеличить количество точек разбиения рабочего диапазона (уменьшить поддиапазон расхода), если ГХ массомера реализуется в СОИ в виде кусочно-линейной аппроксимации значений $\overline{KF_j}$ (имп/т).

9.6 Условия допуска массомера к дальнейшему применению

9.6.1 В зависимости от способа и вида реализации ГХ массомер допускают к дальнейшему применению в качестве:

- контрольного и рабочего (одновременно) или только контрольного при выполнении условия (35);

- рабочего (и только) при выполнении условия (36) и невыполнении условия (35).

9.6.2 Проводят реализацию ГХ или в ПЭП, или в СОИ.

По результатам одной и той же поверки реализацию ГХ массомера одновременно и в ПЭП, и в СОИ не допускают.

Примечания

1 В ПЭП (трансмиттере) массомеров моделей Promass и ROTAMASS возможна реализация ГХ только в виде постоянного значения градуировочного коэффициента ($K_{гр}$), для чего в память ПЭП вводят новое значение $K_{гр}$, определённое при поверке по 9.1.3.8.

2 Следует иметь в виду, что ввод нового значения $K_{гр}$ в память ПЭП массомера модели Promass возможен только с помощью пароля, установленного фирмой (заводом)-изготовителем.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке по ПР 50.2.006.

10.2 Результаты поверки оформляют протоколом в двух экземплярах согласно приложению А. Один экземпляр протокола, подписанного поверителем и закрепленного оттиском личного поверительного клейма поверителя согласно ПР 50.2.007, прилагают к свидетельству о поверке как обязательное приложение.

10.3 На лицевой стороне свидетельства записывают, что массомер модели (типа) _____ признан годным и допущен к применению в качестве:

- контрольного и рабочего (или контрольного) с пределами допускаемой относительной погрешности $\delta_{доп} = 0{,}20$ % (или $\delta_{k\,доп} = 0{,}20$ %), если выполняется условие (34);

- рабочего с пределами допускаемой относительной погрешности $\delta_{доп} = 0{,}25$ % (или $\delta_{k\,доп} = 0{,}25$ %), если выполняется условие (35) и не выполняется условие (34).

10.4 На оборотной стороне свидетельства записывают:

- рабочий диапазон, в котором поверен массомер: (___ ÷ ___) т/ч;

- ГХ массомера реализована _____
в зависимости от способа и вида реализации запись или по *а)*, или по *б)*, или по *в)*

а) в ПЭП в виде постоянного значения $MF_{диап} = \ldots$ (или $K_{гр} = \ldots$);

б) в СОИ в виде постоянного значения $KF_{диап} = \ldots$ имп/т;

в) в СОИ в виде кусочно-линейной аппроксимации значений $\overline{KF_j}$ с точками разбиения рабочего диапазона на поддиапазоны согласно нижеследующей таблице.

Номер точки разбиения	Значение расхода или частоты (Q_j, т/ч или f_j, Гц)	Значение *K*-фактора в точках разбиения ($\overline{KF_j}$, имп/т)
1	Q_1 (f_1) =	$\overline{KF_1}$ =
…	…	…
m	Q_m (f_m) =	$\overline{KF_m}$ =

10.5 Проводят пломбирование массомера, ПЭП и СОИ в соответствии с требованиями МИ 3002. Пломбирование (или паролирование) должно исключить возможность несанкционированного доступа в ПЭП (СОИ) для изменения значений $MF_{диап}$ (или $K_{гр}$, или $KF_{диап}$, или $\overline{KF_j}$), определенных при поверке и введенных в память ПЭП или СОИ.

10.6 При отрицательных результатах поверки массомер к дальнейшему применению не допускают. Свидетельство о поверке аннулируют, оттиск(и) поверительного клейма гасят и оформляют извещение о непригодности массомера к дальнейшему применению по ПР 50.2.006 с указанием причин(ы) непригодности.

11 ТОЧНОСТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЙ

11.1 Значение расхода (Q_{ij}, т/ч) округляют и записывают в протокол поверки с четырьмя значащими цифрами.

11.2 Количество импульсов ($N_{ij}^{мас}$, имп) измеряют и его значение записывают в протокол поверки с двумя знаками после запятой (т.е. с долями периодов), если $N_{ij}^{мас} \le 10000$. При $N_{ij}^{мас} > 10\,000$ допускается количество импульсов измерять и его значение записывать в протокол без долей периодов.

11.3 Значения времени прохождения шаровым поршнем калиброванного участка ТПУ (T_{ij}, с) записывают в протокол поверки после округления до двух знаков после запятой.

11.4 Значения давления ($\overline{P}_{ij}^{тпу}$, $P_{ij}^{пп}$, МПа), температуры ($\overline{t}_{ij}^{тпу}$, $t_{ij}^{пп}$, °С) рабочей жидкости записывают в протокол поверки после округления до двух знаков после запятой - при использовании преобразователей давления и датчиков температуры.

При применении манометров и термометров значения перечисленных параметров записывают в протокол поверки с одним знаком после запятой.

11.5 Значения вместимости калиброванного участка ТПУ ($V_{пр\,ij}^{тпу}$, м^3) в протокол поверки записывают после округления до шести значащих цифр.

11.6 Значения плотности рабочей жидкости ($\rho_{ij}^{пп}$, $\rho_{прij}^{пп}$, кг/м^3) в протокол поверки записывают после округления до пяти значащих цифр.

11.7 Значения массы рабочей жидкости ($M_{ij}^{рэ}$, $M_{ij}^{час}$, т) в протокол поверки записывают после округления до шести значащих цифр.

11.8 Значения коэффициентов коррекции измерений массы (MF_{ij}, $\overline{MF_j}$, $MF_{диап}$) в протокол поверки записывают и в память ПЭП вводят значение $MF_{диап}$ после округления до 5-ти значащих цифр.

11.9 Значения *K*-фактора ($KF_{конф}$, KF_{ij}, $\overline{KF_j}$, $KF_{диап}$, имп/т) округляют, исходя от количества знаков, вводимых в память СОИ (кроме KF_{ij}), используемой в составе СИКН (СИКНП, СИКЖУ). В протокол поверки записывают значения после округления.

11.10 Значение градуировочного коэффициента $K_{гр}$ в протокол поверки записывают и в память ПЭП вводят значение, округленное до пяти значащих цифр.

11.11 Значения СКО ($S_{диап}^{MF}$, $S_{диап}^{KF}$, S_k^{KF}, %) и погрешностей (ε, ε_k, θ_Σ, $\theta_{\Sigma k}$, $\theta_{диап}^{MF}$, $\theta_{диап}^{KF}$, θ_k^{KF}, δ, δ_k, %) записывают в протокол поверки после округления их до трех знаков после запятой.

Приложение А

ПРОТОКОЛ №__

поверки преобразователя массового расхода модели _____ по МИ 3151-2008

Место проведения поверки _____ _____
наименование ПСП наименование владельца ПСП

Поверяемый массомер: сенсор _____, Ду ____ мм, зав. № _____; ПЭП _____ зав. № _____
модель модель

установлен на _____ ИЛ № ____ Рабочая жидкость _____
СИКН (СИКНП, СИКНУ)

Средства поверки: ТПУ типа _____, разряд ____, зав. № _____, дата поверки _____

Поточный ПП типа _____, зав. № _____, дата поверки _____

Таблица 1 - Исходные данные

Трубопоршневой поверочной установки (ТПУ)								Поточного ПП		УОИ		Массомера
Детекторы	$V_o^{ТПУ}$, м³	$\delta_{ТПУ}$, %	D, мм	s, мм	E, МПа	α_t, °С⁻¹	$\Delta t_{ТПУ}$, °С	$\delta_{ПП}$, %	$\Delta t_{ПП}$, °С	$\delta_K^{УОИ}$, %	$KF_{конф}$, имп/т	ZS, т/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Таблица 2 – Результаты единичных измерений и вычислений

№ точ/ № изм. (j/i)	Q_{ij} т/ч	Результаты измерений								Результаты вычислений	
		по ТПУ				по ПП			по массомеру		
		Детекторы	T_{ij}, с	$\bar{t}_{ij}^{ТПУ}$, °С	$P_{ij}^{ТПУ}$, МПа	$\rho_{ij}^{ПП}$, кг/м³	$t_{ij}^{ПП}$, °С	$P_{ij}^{ПП}$, МПа	$N_{ij}^{мас}$, имп	$V_{прij}^{ТПУ}$, м³	$\rho_{прij}^{ПП}$, кг/м³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$1/1$											
...											
$1/n_1$											
...											
$m/1$											
...											
m/n_m											

Продолжение таблицы 2

№ точ/ № изм. (j/i)	Результаты вычислений		
	$M_{ij}^{рэ}$, т	$M_{ij}^{мас}$, т	MF_{ij}
1	13	14	15
$1/1$			
...			
$1/n_1$			
...			
$m/1$			
..			
m/n_m			

Таблица 3 – Значения коэффициентов, использованных при вычислениях

$t_{(P,\,n_j)}$	$Z_{(P)}$
1	2

Приложение А
(окончание)

Таблица 4 – Результаты поверки *(при реализации ГХ в ПЭП)*

Точка расхода (j)	$\overline{Q}_j$, т/ч	$\overline{MF}_j$	$S^{MF}_{диап}$, %	$\delta_0^{мас}$, %	$MF_{диап}$	$K_{гр}$	ε, %	θ_Σ, %	δ, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
...									
m									

Таблица 4– Результаты поверки *(при реализации ГХ в СОИ в виде постоянного значения К-фактора в рабочем диапазоне)*

Точка расхода (j)	$\overline{Q}_j$, т/ч	$\overline{KF}_j$, имп/т	$S^{KF}_{диап}$, %	$\delta_0^{мас}$, %	$KF_{диап}$, имп/т	$\theta^{KF}_{диап}$, %	ε, %	θ_Σ, %	δ, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
...									
m									

Таблица 4 – Результаты поверки *(при реализации ГХ в СОИ в виде кусочно-линейной аппроксимации значений $\overline{KF}_j$)*

Точка расхода (j)	$\overline{Q}_j$, т/ч	$\overline{KF}_j$, имп/т	№ поддиапазона (k)	$Q_{k\,min}$, т/ч	$Q_{k\,max}$, т/ч	S^{KF}_k, %	$\delta^{мас}_{0k}$, %	θ^{KF}_k, %	ε_k, %	$\theta_{\Sigma k}$, %	δ_k, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1			1								
2			...								
...			m-1								
m											

Заключение: массомер к дальнейшей эксплуатации _____ в качестве _____
годен или не годен — рабочего и контрольного, или контрольного, или рабочего

Выдано свидетельство о поверке от _____ 20___ г. № _____ *(заполняют только при положительных результатах поверки)*

Поверитель _____ _____ _____
наименование поверяющей организации — подпись — инициалы, фамилия

Дата поверки «_____» _____ 20____ года

Примечание - При формировании (оформлении) протокола поверки форму таблицы 4 выбирают в зависимости от способа и вида реализации ГХ массомера.

Приложение Б

Установление и контроль значений поверочного расхода по результатам измерений поверяемым массомером

Б.1 При выполнении операций по 8.3.3.1 регистрируют значение расхода, измеренное поверяемым массомером $Q_{масс\,j}$ (т/ч).

Б.2 Для каждой точки расхода вычисляют коэффициент коррекции расхода k_j^Q по формуле

$$k_j^Q = 1 - \frac{Q_{масс\,j} - Q_{ТПУ\,j}}{Q_{ТПУ\,j}}, \qquad (Б.1)$$

где $Q_{ТПУ\,j}$ - значение расхода, вычисленное по формуле (2) п. 8.3.3.1, т/ч.

Б.3 Вычисляют скорректированное значение расхода $Q_{корр\,j}$ (т/ч) по формуле

$$Q_{корр\,j} = k_j^Q \times Q_{масс\,j}. \qquad (Б.2)$$

Б.4 Для j-й точки устанавливают требуемый поверочный расход $Q_{корр\,j}$ (т/ч), используя регулятор расхода РР или задвижку Зд (рис.1) и контролируя его значение по результатам измерений поверяемого массомера.

Приложение В

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

В.1 Коэффициент линейного расширения и значение модуля упругости материала стенок ТПУ определяют из таблицы В.1.

Таблица В.1 - Коэффициенты линейного расширения и значения модуля упругости материала стенок ТПУ

Материал стенок ТПУ	α_t, °С$^{-1}$	E, МПа
1	2	3
Сталь углеродистая	$11{,}2 \times 10^{-6}$	$2{,}1 \times 10^{5}$
Сталь легированная	$11{,}0 \times 10^{-6}$	$2{,}0 \times 10^{5}$
Сталь нержавеющая	$16{,}6 \times 10^{-6}$	$1{,}0 \times 10^{5}$
Латунь	$17{,}8 \times 10^{-6}$	-
Алюминий	$24{,}5 \times 10^{-6}$	-
Медь	$17{,}4 \times 10^{-6}$	-
Примечание – Если значения α_t и E приведены в паспорте ТПУ, то в расчетах используют паспортные значения.		

Приложение Г

Определение коэффициентов объемного расширения и сжимаемости рабочей жидкости

Г.1 Коэффициенты объемного расширения ($\beta_ж$, $^0C^{-1}$) и сжимаемости ($\gamma_ж$, $МПа^{-1}$) определяют по реализованным в УОИ или АРМ оператора алгоритмам, разработанным согласно:

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

В этом случае значения коэффициентов определяют при каждом измерении ($\beta_{ужс}$ и $\gamma_{ужс}$).

Г.2 При отсутствии алгоритмов согласно Г.1 коэффициенты объемного расширения ($\beta_ж$, $^0C^{-1}$) и сжимаемости ($\gamma_ж$, $МПа^{-1}$) определяют:

- для нефти по таблицам МИ 2153,
- для нефтепродуктов по таблицам МИ 2823,
- для жидких углеводородов по формулам, изложенным в МИ 2311.

Г.3 Для сырой нефти коэффициенты объемного расширения ($\beta_ж$, $^0C^{-1}$) и сжимаемости ($\gamma_ж$, $МПа^{-1}$) определяют по формулам

$$\beta_ж = \beta_н \times \left(1 - \frac{W_в}{100}\right) + \beta_в \times \frac{W_в}{100}, \qquad (Г.1)$$

$$\gamma_ж = \gamma_н \times \left(1 - \frac{W_в}{100}\right) + \gamma_в \times \frac{W_в}{100}, \qquad (Г.2)$$

где $\beta_н$ и $\gamma_н$ - коэффициенты объёмного расширения и сжимаемости обезвоженной нефти ($^0C^{-1}$ и $МПа^{-1}$ соответственно), значения которых берут из МИ 2153;

$W_в$ - объемная доля воды в нефти, определенная лабораторным способом или поточным влагомером, %;

$\beta_в$ и $\gamma_в$ - коэффициенты объёмного расширения и сжимаемости воды соответственно.

Принимают: $\beta_в = 2{,}6 \times 10^{-4}\ ^\circ C^{-1}$ и $\gamma_в = 49{,}1 \times 10^{-5}\ МПа^{-1}$.

Приложение Д

Вычисление значений $V_{npij}^{ТПУ}$ и $\rho_{npij}^{ПП}$ при использовании ПК и электронных таблиц для обработки результатов измерений

Д.1 Значение $V_{npij}^{ТПУ}$ вычисляют по формуле

$$V_{npij}^{ТПУ} = V_o^{ТПУ} \times k_{ij}^t \times k_{ij}^P, \qquad (Д.1)$$

где k_{ij}^t - коэффициент, учитывающий влияние температуры рабочей жидкости на вместимость ТПУ, значение которого вычисляют по формуле

$$k_{ij}^t = 1 + 3\alpha_t \times \left(\bar{t}_{ij}^{ТПУ} - 20\right); \qquad (Д.1\text{-}1)$$

k_{ij}^P - коэффициент, учитывающий влияние давления рабочей жидкости на вместимость ТПУ, значение которого вычисляют по формуле

$$k_{ij}^P = 1 + \frac{0{,}95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ТПУ}. \qquad (Д.1\text{-}2)$$

Д.2 Значение $\rho_{npij}^{ПП}$ вычисляют по формуле

$$\rho_{npij}^{ПП} = \rho_{ij}^{ПП} \times k_{ij}^{\Delta t} \times k_{ij}^{\Delta P}, \qquad (Д.2)$$

где $k_{ij}^{\Delta t}$ - коэффициент, учитывающий разность температуры рабочей жидкости в поточном ПП и ТПУ при *i*-м измерении в *j*-й точке расхода, значение которого вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{\Delta t} = 1 + \beta_{жij} \times \left(t_{ij}^{ПП} - \bar{t}_{ij}^{ТПУ}\right); \qquad (Д.2\text{-}1)$$

$k_{ij}^{\Delta P}$ - коэффициент, учитывающий разность давления рабочей жидкости в поточном ПП и ТПУ при *i*-м измерении в *j*-й точке расхода, значение которого вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{\Delta P} = 1 + \gamma_{жij} \times \left(\bar{P}_{ij}^{ТПУ} - P_{ij}^{ПП}\right). \qquad (Д.2\text{-}2)$$

Приложение Е
Определение значений квантиля распределения Стьюдента ($t_{(P,n)}$) и коэффициента $Z_{(P)}$

Е.1 Значение квантиля распределения Стьюдента при доверительной вероятности P = 0,95 в зависимости от количества измерений n определяют из таблицы Е.1

Таблица Е.1 – Значения квантиля распределения Стьюдента ($t_{(P,n)}$) при P = 0,95

$n-1$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_{(P,n)}$	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,203	2,179	2,162	2,145	2,132

Продолжение таблицы Е.1

$n-1$	16	17	18	19	20
$t_{(P,n)}$	2,120	2,110	2,101	2,093	2,086

Е.2 Значение коэффициента $Z_{(P)}$ при P = 0,95 в зависимости от величины соотношения θ_Σ / S определяют из таблицы Е.2 ($\theta_\Sigma / S \Rightarrow \theta_\Sigma / S^{KF}_{диап}$, или $\theta_\Sigma / S^{MF}_{диап}$, или $\theta_{\Sigma k} / S^{KF}_{k}$)

Таблица Е.2 – Значения коэффициента $Z_{(P)}$ при P = 0,95

θ_Σ / S	0,5	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
$Z_{(P)}$	0,81	0,77	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81

Приложение Ж

Сводный перечень условных обозначений и их определений

Обозначение	Определение
f	частота, условно соответствующая $Q_{max}^{зав}$ массомера, Гц
$f_{вх\ max}$	максимальная входная частота УОИ (СОИ или контроллера-вычислителя, применяемого в качестве средства поверки), Гц
$Q_{max}^{зав}$	максимальное значение диапазона расхода массомера, установленного заводом-изготовителем, т/ч
Q_{min}, Q_{max}	минимальное и максимальное значения расхода рабочего диапазона соответственно, т/ч
$Q_{ТПУ\ j}$	значение расхода в j-й точке расхода, вычисляемое по времени прохождения шарового поршня по калиброванному участку ТПУ, т/ч
Q_j	значение расхода, устанавливаемое в j-й точке, т/ч
Q_{ij}	значение расхода, измеренное при i-м измерении в j-й точке, т/ч
$Q_{масс\ j}$	значение расхода, измеренное поверяемым массомером в j-й точке расхода, т/ч
k_j^Q	коэффициент коррекции расхода в j-й точке
$Q_{корр\ j}$	скорректированное значение расхода в j-й точке, т/ч
$V_o^{ТПУ}$	вместимость калиброванного участка ТПУ согласно свидетельству о её поверке, м^3
$V_{пр\ ij}^{ТПУ}$	вместимость калиброванного участка ТПУ, приведенная к рабочим условиям (температуре и давлению рабочей жидкости в ТПУ) при i-м измерении в j-й точке расхода, м^3
α_t	коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ, °С$^{-1}$
E	модуль упругости материала стенок ТПУ, МПа
D и s	диаметр и толщина стенок калиброванного участка ТПУ соответственно, мм
k_{ij}^t	коэффициент, учитывающий влияние температуры рабочей жидкости на вместимость ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода
k_{ij}^P	коэффициент, учитывающий влияние давления рабочей жидкости на вместимость ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода
$k_{ij}^{\Delta t}$	коэффициент, учитывающий разность температуры рабочей жидкости в поточном ПП и ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода
$k_{ij}^{\Delta P}$	коэффициент, учитывающий разность давления рабочей жидкости в поточном ПП и ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода
T_j	время прохождения поршнем калиброванного участка ТПУ при установлении расхода в j-й точке расхода, с
T_{ij}	время прохождения поршнем калиброванного участка ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода, с
n_j	количество измерений в j-й точке расхода
Σn_j	суммарное количество измерений в рабочем диапазоне
m	количество точек разбиения рабочего диапазона на поддиапазоны
$N_{ij}^{мас}$	количество импульсов, выдаваемое поверяемым массомером при i-м измерении в j-й точке расхода (за время одного измерения), имп
$\bar{t}_{ij}^{ТПУ}$	температура рабочей жидкости в ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода, °С
$t_{ij}^{ПП}$	температура рабочей жидкости в поточном ПП при i-м измерении в j-й точке расхода, °С

Приложение Ж
(продолжение)

Обозначение	Определение
$\overline{P}_{ij}^{ТПУ}$	давление рабочей жидкости в ТПУ при *i*-м измерении в *j*-й точке расхода, МПа
$P_{ij}^{ПП}$	давление рабочей жидкости в поточном ПП при *i*-м измерении в *j*-й точке расхода, МПа
$\rho_{j}^{ПП}$	плотность рабочей жидкости, измеренная поточным ПП при установлении расхода в *j*-й точке расхода, кг/м^3
$\rho_{ij}^{ПП}$	плотность рабочей жидкости, измеренная поточным ПП при *i*-м измерении в *j*-й точке расхода, кг/м^3
$\rho_{прij}^{ПП}$	плотность рабочей жидкости, измеренная поточным ПП и приведенная к рабочим условиям в ТПУ при *i*-м измерении в *j*-й точке расхода, кг/м^3
$M_{ij}^{рэ}$	значение массы рабочей жидкости, измеренное рабочими эталонами (ТПУ и поточным ПП) при *i*-м измерении в *j*-й точке расхода, т
$M_{ij}^{мас}$	значение массы рабочей жидкости, измеренное поверяемым массомером при *i*-м измерении в *j*-й точке расхода, т
$\beta_{жij}$ и $\gamma_{жij}$	коэффициенты объемного расширения (°С$^{-1}$) и сжимаемости (МПа$^{-1}$) рабочей жидкости соответственно при *i*-м измерении в *j*-й точке расхода
$\beta_{жmax}$	максимальное значение $\beta_{ж}$, выбранное из ряда значений, определенных для каждого *i*-го измерения в процессе поверки, °С$^{-1}$
$\beta_{н}$ и $\gamma_{н}$	коэффициенты объемного расширения (°С$^{-1}$) и сжимаемости (МПа$^{-1}$) обезвоженной нефти
$\beta_{в}$ и $\gamma_{в}$	коэффициенты объемного расширения (°С$^{-1}$) и сжимаемости (МПа$^{-1}$) воды
$W_{в}$	объемная доля воды в нефти (сырой), %
MF_{ij}	коэффициент коррекции измерений массы (mass-factor) поверяемым массомером для *i*-го измерения в *j*-й точке расхода
$MF_{диап}^{уст}$	коэффициент коррекции измерений массы в рабочем диапазоне, установленный в ПЭП по результатам предыдущей периодической поверки
$\overline{MF}_{j}$	среднее арифметическое значение коэффициента коррекции измерений массы в *j*-й точке расхода
$MF_{диап}$	среднее арифметическое значение коэффициента коррекции измерений массы поверяемым массомером в рабочем диапазоне расхода
$S_{диап}^{MF}$	СКО результатов определений средних арифметических значений коэффициентов коррекции измерений массы в рабочем диапазоне, %
$S_{диап}^{KF}$	СКО результатов определений средних арифметических значений К-фактора (имп/т) в рабочем диапазоне, %
S_{k}^{KF}	СКО результатов определений средних значений К-фактора (имп/т) в *k*-м поддиапазоне расхода, %
$KF_{конф}$	коэффициент преобразования (*K*-фактор) массомера по импульсному выходу, вводимый в память УОИ при конфигурировании сенсора, ПЭП, имп/т
KF_{ij}	значение *K*-фактора массомера, определенное для *i*-го измерения в *j*-й точке расхода, имп/т
$\overline{KF}_{j}$	среднее арифметическое значение *K*-фактора массомера, определенное для *j*-й точки расхода, имп/т
$KF_{диап}$	среднее арифметическое значение *K*-фактора массомера, определенное для рабочего диапазона, имп/т
$K_{гр}^{ПЭП}$	градуировочный коэффициент, определенный при предыдущей поверке или заводской калибровке и установленный в ПЭП

Приложение Ж
(окончание)

Обозначение	Определение
$K_{гр}$	градуировочный коэффициент массомера, определенный при настоящей поверке и вводимый в память ПЭП
ε	случайная составляющая погрешности в рабочем диапазоне, %
ε_k	случайная составляющая погрешности в *k*-м поддиапазоне расхода, %
$t_{(P,\Sigma n_j)}$	квантиль распределения Стьюдента, зависящий от доверительной вероятности P и количества измерений Σn_j
$Z_{(P)}$	коэффициент, зависящий от доверительной вероятности P и величины соотношения $\theta_\Sigma / S^{MF}_{диап}$ (или $\theta_\Sigma / S^{KF}_{диап}$, или $\theta_{\Sigma k} / S^{KF}_k$)
$\theta^{MF}_{диап}$	составляющая систематической погрешности, вызванной усреднением коэффициента коррекции массомера *MF* в рабочем диапазоне, %
$\theta^{KF}_{диап}$	составляющая систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией значений *K*-фактора (имп/т) в рабочем диапазоне, %
θ^{KF}_k	составляющая систематической погрешности, вызванной аппроксимацией значений *K*-фактора (имп/т) массомера в *k*-м поддиапазоне расхода, %
θ_Σ и $\theta_{\Sigma k}$	систематическая составляющая погрешности массомера в рабочем диапазоне и *k*-м поддиапазоне расхода соответственно, %
$\delta_{ТПУ}$	пределы допускаемой относительной погрешности ТПУ, %
$\delta_{ПП}$	пределы допускаемой относительной погрешности поточного ПП, %
θ_t	граница составляющей неисключенной систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерения температуры рабочей жидкости, %
$\delta^{УОИ}_K$	пределы допускаемой относительной погрешности УОИ при вычислении коэффициента преобразования массомера (имп/т), %
$\delta^{мас}_0$	относительная погрешность стабильности нуля массомера в рабочем диапазоне, %
$\delta^{мас}_{0k}$	относительная погрешность стабильности нуля массомера в поддиапазоне, %
ZS	значение стабильности нуля массомера (из описания типа), т/ч
$\Delta t_{ТПУ}$ и $\Delta t_{ПП}$	пределы допускаемой абсолютной погрешности датчиков температуры (или термометров), используемых в процессе поверки для измерений температуры рабочей жидкости в ТПУ и поточном ПП соответственно, °С
δ и δ_k	относительная погрешность массомера в рабочем диапазоне и *k*-м поддиапазоне расхода соответственно, %
$\delta_{доп}$ и $\delta_{k\,доп}$	пределы допускаемой относительной погрешности массомера в рабочем диапазоне и поддиапазоне расхода соответственно, %

Приложение И

Сводный перечень используемых формул

№ формулы	Формула	Стр
1	$f \le f_{ax\,max} \le 10\,000$	10
2	$KF_{конф} = \frac{f \times 3600}{Q_{max}^{зав}}$	11
3	$Q_{ТПУ\,j} = \frac{V_o^{ТПУ} \times 3600}{T_j} \times \rho_{пр\,j}^{ПП} \times 10^{-3}$	13
4	$\left\lvert \frac{Q_j - Q_{ТПУ\,j}}{Q_{ТПУ\,j}} \right\rvert \times 100 \le 2{,}0\,\%$	13
5	$\bar{a} = 0{,}5 \times (a_{вх} + a_{вых})$	14
6	$M_{ij}^{рэ} = V_{пр\,ij}^{ТПУ} \times \rho_{пр\,ij}^{ПП} \times 10^{-3}$	14
7	$V_{пр\,ij}^{ТПУ} = V_o^{ТПУ} \times \left[1 + 3\alpha_t \times \left(\bar{t}_{ij}^{\,ТПУ} - 20\right)\right] \times \left(1 + \frac{0{,}95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ТПУ}\right)$	14
8	$\rho_{пр\,ij}^{ПП} = \rho_{ij}^{ПП} \times \left[1 + \beta_{ж\,ij} \times \left(t_{ij}^{ПП} - \bar{t}_{ij}^{ТПУ}\right)\right] \times \left[1 + \gamma_{ж\,ij} \times \left(\bar{P}_{ij}^{ТПУ} - P_{ij}^{ПП}\right)\right]$	15
9	$M_{ij}^{мас} = \frac{N_{ij}^{мас}}{KF_{конф}}$	15
10	$MF_{ij} = \frac{M_{ij}^{рэ}}{M_{ij}^{мас}} \times MF_{диап}^{уст}$	15
11	$\overline{MF_j} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} MF_{ij}}{n_j}$	16
12	$S_{диап}^{MF} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\Sigma n_j} \left(MF_{ij} - \overline{MF_j}\right)^2}{\Sigma n_j - m}} \times \frac{1}{\overline{MF_j}} \times 100$	16
13	$S_{диап}^{MF} \le 0{,}03\,\%$	16
14	$MF_{диап} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{MF_j}}{m}$	16
15	$K_{гр} = K_{гр}^{ПЭП} \times MF_{диап}$	16
16	$KF_{ij} = \frac{N_{ij}^{мас}}{M_{ij}^{рэ}}$	17

Приложение И
(продолжение)

№ формулы	Формула	Стр
17	$\overline{KF_j} = \left(\sum_{i=1}^{n_j} KF_{ij} \right) : n_j$	17
18*а*	$S_{диап}^{KF} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\Sigma n_j} \left(KF_{ij} - \overline{KF}_j \right)^2}{\Sigma n_j - m}} \times \frac{1}{\overline{KF}_j} \times 100$	17
18*б*	$S_k^{KF} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{2} \left(KF_{ij} - \overline{KF}_j \right)_k^2}{(n_j + n_{j+1} - 2)_k}} \times \frac{1}{\overline{KF}_j} \times 100$	17
19	$KF_{диап} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{KF}_j}{m}$	17
20	$\varepsilon = t_{(P,n)} \times S_{диап}^{MF}$	18
21	$\theta_\Sigma = 1{,}1 \times \sqrt{(\delta_{ТПУ})^2 + (\delta_{ПП})^2 + (\theta_t)^2 + (\delta_K^{УОИ}) + (\theta_{диап}^{MF})^2 + (\delta_0^{мас})^2}$	18
22	$\theta_t = \beta_{ж\ max} \times \sqrt{(\Delta t_{ТПУ})^2 + (\Delta t_{ПП})^2} \times 100$	19
23	$\theta_{диап}^{MF} = \left\| \frac{\overline{MF}_j - MF_{диап}}{MF_{диап}} \right\|_{max} \times 100$	19
24	$\delta_0^{мас} = \frac{ZS}{Q_{min} + Q_{max}} \times 100$	19
25	$\delta = \begin{cases} Z_{(P)} \times (\theta_\Sigma + \varepsilon), \text{ если } 0{,}8 \le \theta_\Sigma / S_{диап}^{MF} \le 8 \\ \theta_\Sigma, \quad \text{если } \theta_\Sigma / S_{диап}^{MF} > 8 \end{cases}$	19
26	$\varepsilon = t_{(P,n)} \times S_{диап}^{KF}$	20
27	$\theta_\Sigma = 1{,}1 \times \sqrt{(\delta_{ТПУ})^2 + (\delta_{ПП})^2 + (\theta_t)^2 + (\delta_K^{УОИ})^2 + (\theta_{диап}^{апр})^2 + (\delta_0^{мас})^2}$	
28	$\theta_{диап}^{KF} = \left\| \frac{\overline{KF}_j - KF_{диап}}{KF_{диап}} \right\|_{max} \times 100$	20
29	$\delta = \begin{cases} Z_{(P)} \times (\theta_\Sigma + \varepsilon), \text{ если } 0{,}8 \le \theta_\Sigma / S_{диап}^{KF} \le 8 \\ \theta_\Sigma, \quad \text{если } \theta_\Sigma / S_{диап}^{KF} > 8 \end{cases}$	20
30	$\varepsilon_k = t_{(P,n)} \times S_k^{KF}$	21

Приложение И
(окончание)

№ формулы	Формула	Стр
31	$\theta_{\Sigma k} = 1{,}1 \times \sqrt{(\delta_{ТПУ})^2 + (\delta_{ПП})^2 + (\theta_t)^2 + (\delta_K^{УОИ})^2 + (\theta_k^{KF})^2 + (\delta_{0k}^{мас})^2}$	21
32	$\theta_k^{KF} = 0{,}5 \times \left\lvert \frac{\overline{KF}_j - \overline{KF}_{j+1}}{\overline{KF}_j + \overline{KF}_{j+1}} \right\rvert \times 100$	21
33	$\delta_{0k}^{мас} = \frac{ZS}{Q_{kmin} + Q_{kmax}} \times 100$	21
34	$\delta_k = \begin{cases} Z_{(P)} \times (\theta_{\Sigma k} + \varepsilon_k), & \text{если } 0{,}8 \le \theta_{\Sigma k} / S_k^{KF} \le 8 \\ \theta_{\Sigma k}, & \text{если } \theta_{\Sigma k} / S_k^{KF} > 8 \end{cases}$	21
35	$(\lvert\delta\rvert, \lvert\delta_k\rvert) \le 0{,}20\,\%$	22
36	$(\lvert\delta\rvert, \lvert\delta_k\rvert) \le 0{,}25\,\%$	22
Б.1	$k_j^Q = 1 - \frac{Q_{масс\,j} - Q_{ТПУ\,j}}{Q_{ТПУ\,j}}$	28
Б.2	$Q_{корр\,j} = k_j^Q \times Q_{масс\,j.}$	28
Г.1	$\beta_ж = \beta_н \times \left(1 - \frac{W_в}{100}\right) + \beta_в \times \frac{W_в}{100}$	29
Г.2	$\gamma_ж = \gamma_н \times \left(1 - \frac{W_в}{100}\right) + \gamma_в \times \frac{W_в}{100}$	29
Д.1	$V_{пр\,ij}^{ТПУ} = V_o^{ТПУ} \times k_{ij}^t \times k_{ij}^P$	30
Д.1-1	$k_{ij}^t = 1 + 3\alpha_t \times \left(\bar{t}_{ij}^{ТПУ} - 20\right)$	30
Д.1-2	$k_{ij}^P = 1 + \frac{0{,}95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ТПУ}$	30
Д.2	$\rho_{пр\,ij}^{ПП} = \rho_{ij}^{ПП} \times k_{ij}^{\Delta t} \times k_{ij}^{\Delta P}$	30
Д.2-1	$k_{ij}^{\Delta t} = 1 + \beta_{ж\,ij} \times \left(t_{ij}^{ПП} - \bar{t}_{ij}^{ТПУ}\right)$	30
Д.2-2	$k_{ij}^{\Delta P} = 1 + \gamma_{ж\,ij} \times \left(\bar{P}_{ij}^{ТПУ} - P_{ij}^{ПП}\right)$	30

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «Принт+»,
заказ № 175, тираж 150, печать л. 2,0, 450054, пр. Октября, 71.

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ФГУП ВНИИР

_____ Немиров

2009 г

Вводится в действие с «01» марта 2009 г.

МИ 3151-2008. Рекомендация. ГСИ. Преобразователи массового расхода. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с поточным преобразователем плотности

Изменение № 1

Раздел 1 (с.1) Примечание 2 исключить.

Пункт 4.2.5 (с.4). Первое перечисление предпоследнего предложения исключить.

Пункт 8.3.3.1 (с.13). Дополнить примечанием следующего содержания:

Примечание – Если АРМ оператора (или УОИ) оснащено соответствующими алгоритмами по 7.17, то значение расхода $Q_{ТПУ\,ij}$ (т/ч) рекомендуется вычислять по формуле

$$Q_{ТПУ\,ij} = \frac{V_{прij}^{ТПУ} \times 3600}{T_{ij}} \times \rho_{прij}^{ПП} \times 10^{-3}\,, \qquad (3a)$$

где $V_{прij}^{ТПУ}$ (м³) и $\rho_{прij}^{ПП}$ (кг/м³) – вместимость калиброванного участка ТПУ и плотность рабочей жидкости, измеренная поточным ПП, соответственно, приведенные к рабочим условиям в ТПУ, имеющим место при *i* –м измерении при установлении расхода в *j* – й точке.

Значения $V_{прij}^{ТПУ}$ и $\rho_{прij}^{ПП}$ определяют, используя формулы (7) и (8) соответственно.

Пункт 9.1.3.4 (с.16), **приложение И** (с.35). Формулу (12) изложить в новой редакции:

$$S_{диап}^{MF} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n_j}\left(\frac{MF_{ij} - \overline{MF}_j}{\overline{MF}_j}\right)^2}{\Sigma n_j - 1}} \times 100\,, \qquad (12)$$

Пункт 9.1.4.3 (с.17), **приложение И** (с.36). Формулы (18*а*) и (18*б*) изложить в новой редакции:

$$S_{диап}^{KF} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n_j}\left(\frac{KF_{ij} - \overline{KF}_j}{\overline{KF}_j}\right)^2}{\Sigma n_j - 1}} \times 100\,. \qquad (18a)$$

$$S_k^{KF} = \sqrt{\frac{\sum_{j=k}^{k+1}\sum_{i=1}^{n_j}\left(\frac{KF_{ij} - \overline{KF}_j}{\overline{KF}_j}\right)^2}{(n_j + n_{j+1} - 1)_k}} \times 100\,. \qquad (18б)$$

Окончание на стр. 2

Пункт 9.2.2.4 (с.19) и **приложение И** (с.36), **пункт 9.4.3.3** (с.21) и **приложение И** (с.37). В формулах (24) и (33) числители дробей изложить в редакции: «$2 \times ZS$».

Пункт 10.3 (с.23). В первом перечислении ссылку на условие (34) заменить ссылкой на условие (35). Во втором перечислении ссылки на условия (35) и (34) заменить ссылками на условия (36) и (35) соответственно.

Приложение Е (с.31). Таблицу Е1 дополнить:

$n-1$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$t_{(P,n)}$	2,08	2,07	2,07	2,06	2,06	2,06	2,05	2,05	2,05	2,04

Приложение И (с.35). После формулы (3) дополнить формулой (3*а*).

ИСПОЛНИТЕЛИ:

От ОАО «Нефтеавтоматика»:

Первый зам. генерального директора Э.И. Глушков

Главный специалист по метрологии Р.Ф. Магданов

От ФГУП ВНИИР

Ведущий инженер отдела НИО-9 П.И. Лукманов

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ФГУП «ВНИИР» по науке

_____ Фишман

_____ 2010 г.

Вводится в действие с «__» _____ 2010 г.

МИ 3151-2008 Рекомендация. ГСИ. Преобразователи массового расхода. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с поточным преобразователем плотности

Изменение №2

Название документа. Исключить слово «рекомендация», выражение «преобразователи массового расхода» заменить выражением: «счетчики-расходомеры массовые».

Пункт 1.1 (стр. 1). Слово «рекомендация» заменить выражением: «методика поверки (далее – методика)», выражение «преобразователи массового расхода» заменить выражением: «счетчики-расходомеры массовые».

Далее в тексте документа слова «рекомендация, рекомендации, рекомендацию» заменить словами: «методика, методики, методику» соответственно (в названиях сопочных документов, перечисленных в разделе 2, слово «рекомендация» оставить без изменений).

Содержание (стр. III), **приложение А** (стр. 26). Выражения «преобразователя расхода» и «преобразователя массового расхода» соответственно заменить выражением: «счетчика-расходомера массового».

Пункт 1.2 (стр. 1). Слово «методику» заменить словом «порядок», после слов «качества нефти» предложение дополнить: «(в т.ч. количества и параметров нефти сырой)».

Пункт 1.3 (стр. 1). Изложить в новой редакции и дополнить примечанием:

«1.3 Интервал между поверками массомера: согласно сертификату об утверждении его типа, если другой интервал не установлен действующими нормативными документами.

Примечание – В частности, для массомеров, эксплуатируемых в составе СИКН, интервал между поверками 1 год согласно «Рекомендациям по определению массы нефти при учетных операциях с применением систем измерений количества и показателей качества нефти», утвержденным приказом Минпромэнерго России от 31. 03. 2005г. № 69.»

Раздел 3 (стр. 3). Дополнить:

« - **СИКНС** - система измерений количества и параметров нефти сырой».

В примечании 2 к разделу 3 первое предложение после сокращения СИКН дополнить сокращением: «СИКНС», второе предложение после слова «нефти» дополнить словами в скобках: «(в т.ч. сырой)».

Продолжение изменения на стр. 2

Подпункт 4.2.2 (стр.4). Примечание 1 после сокращения СИКН дополнить: «(СИКНС, СИКНП, СИКЖУ)».

Далее в тексте документа перечень сокращений в скобках «(СИКНП, СИКЖУ)» изложить в редакции: «(СИКНС, СИКНП, СИКЖУ)».

Подпункт 7.14.1 (стр.10). Формулу (1) изложить в новой редакции:

$$f \le f_{ux\,max} \le f_{вых}^{макс}, \qquad (1)$$

где $f_{вых}^{макс}$ - максимальная выходная частота поверяемого массомера согласно техническому описанию, Гц.

Примечание 1 к подпункту 7.14.1 изложить в новой редакции:

«1 При конфигурировании вместо $Q_{max}^{зад}$ допускается использовать максимальное значение рабочего диапазона по 6.2.»

Пункт 8.3 (стр. 12). Дополнить подпунктом 8.3.7 следующего содержания:

«8.3.7 При поверке массомера, эксплуатируемого в составе СИКНС, после установки значения поверочного расхода дополнительно проводят контроль значения расхода через БИК (поточный ПП) - $Q_j^{БИК}$, м^3/ч. Требуемое значение расхода $Q_{j\,треб}^{БИК}$ определяют для каждой точки поверочного расхода по формуле

$$Q_{j\,треб}^{БИК} = Q_j^{пов} \times \frac{S_{ПЗУ}}{S_{тр}}, \qquad (5a)$$

где $Q_j^{пов}$ - значение поверочного расхода в j-й точке, м^3/ч;

$S_{тр}$ - площадь поперечного сечения трубопровода в месте отбора пробы в БИК [в месте установки пробозаборного устройства (далее - ПЗУ)], мм^2;

$S_{ПЗУ}$ - суммарная площадь поперечного сечения входных отверстий ПЗУ, мм^2.

При необходимости корректируют значение расхода, используя регулятор и преобразователь расхода (расходомер), установленные в БИК. При корректировке (установке) расхода допускают отклонение $Q_j^{БИК}$ от значения $Q_{j\,треб}^{БИК}$ на ± 5 %.»

Приложение Г (стр. 29). **Изложить в новой (измененной) редакции:**

«Приложение Г

Определение коэффициентов объемного расширения и сжимаемости рабочей жидкости

Г.1 Коэффициенты объемного расширения ($\beta_{ж}$, $^0C^{-1}$) и сжимаемости ($\gamma_{ж}$, МПа$^{-1}$) определяют по реализованным в УОИ или АРМ оператора алгоритмам, разработанным согласно:

- МИ 2632 для нефти (кроме сырой нефти);
- МИ 2823 для нефтепродуктов;
- МИ 2311 для жидких углеводородов.

Продолжение изменения на стр. 3

Г.2 При отсутствии алгоритмов по Г.1 коэффициенты объемного расширения ($\beta_{ж}$, $^0C^{-1}$) и сжимаемости ($\gamma_{ж}$, $МПа^{-1}$) определяют:

- для нефти по таблицам МИ 2153 (кроме сырой нефти);
- для нефтепродуктов по таблицам МИ 2823;
- для жидких углеводородов по формулам, изложенным в МИ 2311.

Примечание к Г.1 и Г.2 - При поверке массомеров, эксплуатируемых в составе СИКЖУ, относящихся ОАО «ГАЗПРОМ», для определения коэффициентов $\beta_{ж}$ и $\gamma_{ж}$ руководствуются положениями СТО ГАЗПРОМ 5.9, действующего в системе ОАО «ГАЗПРОМ» взамен МИ 2311.

Г.3 Для сырой нефти коэффициенты объемного расширения ($\beta_{ж}$, $^0C^{-1}$) и сжимаемости ($\gamma_{ж}$, $МПа^{-1}$) определяют по формулам

$$\beta_{ж} = \beta_{н} \times \left(1 - \frac{W_в}{100}\right) + \beta_в \times \frac{W_в}{100}, \qquad (Г.1)$$

$$\gamma_{ж} = \gamma_{н} \times \left(1 - \frac{W_в}{100}\right) + \gamma_в \times \frac{W_в}{100}, \qquad (Г.2)$$

где $\beta_н$ и $\gamma_н$ - коэффициенты объёмного расширения и сжимаемости обезвоженной нефти, $^0C^{-1}$ и $МПа^{-1}$ соответственно, значения которых берут из МИ 2153;

$W_в$ - объемная доля воды в нефти, определенная лабораторным способом или поточным влагомером, %;

$\beta_в$ и $\gamma_в$ - коэффициенты объёмного расширения и сжимаемости воды, $^0C^{-1}$ и $МПа^{-1}$ соответственно.

Г.3.1 Принимают:

- $\beta_в = 2{,}6 \times 10^{-4}\ ^0C^{-1}$ при объемной доле воды в сырой нефти до 5,0 % включительно ($W_в \le 5{,}0$ %);
- $\gamma_в = 49{,}1 \times 10^{-5}\ МПа^{-1}$ при любом содержании воды в сырой нефти.

Г.3.2 При объемной доле воды в сырой нефти более 5,0 % ($W_в > 5{,}0$ %) коэффициент объёмного расширения воды $\beta_в$ [для вычисления приведенного значения плотности сырой нефти по формуле (8)] определяют по формуле

$$\beta_в = \frac{CTL_W(t^{пп}) - CTL_W(t^{ппу})}{CTL_W(t^{ппу}) \times (t^{ппу} - t^{пп})}, \qquad (Г.3)$$

где $CTL_W(t^{пп})$ и $CTL_W(t^{ппу})$ - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние температуры в поточном ПП и ТПУ соответственно на объем воды, содержащейся в сырой нефти.

Если $t^{ппу} = t^{пп}$, то коэффициент $\beta_в$ определяют по формуле

$$\beta_в = \frac{1}{CTL_W(t^{пп})}. \qquad (Г.3а)$$

Окончание изменения на стр. 4

Г.3.2.1 Значения $CTL_W(t^{ПП})$ и $CTL_W(t^{ТПУ})$ вычисляют, используя формулу из API MPMS 20.1 «Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 20 - Allocation Measurement Section 1 - Allocation Measurement – Appendix A»:

$$CTL_W(t) = 1 - (1{,}8526 \times 10^{-4} + 1{,}2882 \times 10^{-5} \times W_{xc}) \times \Delta t - (4{,}1151 \times 10^{-6} - 1{,}4464 \times 10^{-7} \times W_{xc}) \times \Delta t^2 + (7{,}1926 \times 10^{-9} - 1{,}3085 \times 10^{-10} \times W_{xc}) \times \Delta t^3, \quad (Г.4)$$

где W_{xc} - массовая доля хлористых солей в пластовой воде (в воде, содержащейся в сырой нефти), определенная анализом (испытаниями) объединенной пробы сырой нефти в химико-аналитической лаборатории, %.

В формуле (Г.4) принимают: $\Delta t = t^{ПП} - 15$ - при определении $CTL_W(t^{ПП})$, ^{0}C;

$\Delta t = t^{ТПУ} - 15$ - при определении $CTL_W(t^{ТПУ})$, ^{0}C.

Примечания к Г.3.2

1 При $W_e > 5{,}0$ % значение β_e рекомендуется определять в каждой точке поверочного расхода. При этом значения $t^{ПП}$ и $t^{ТПУ}$ принимают равным средним арифметическим значениям температуры сырой нефти в поточном ПП и ТПУ соответственно в j-й точке расхода.

Если температура сырой нефти за период поверки массомера во всех точках расхода меняется на 2,0 ^{0}C (не более), то допускается значение β_e определять один раз за период поверки.

2 Значение W_{xc} принимают постоянным для всех точек поверочного расхода и равным значению, определенному анализом (испытаниями) объединенной пробы сырой нефти в химико-аналитической лаборатории.»

ИСПОЛНИТЕЛИ:

от ФГУП ВНИИР:

- начальник НИО-14 — Р.Н. Груздев
- инженер НИО-14 — К.А. Левин

от ОАО «Нефтеавтоматика»:

- первый заместитель генерального директора — Э.И. Глушков
- главный специалист по метрологии — Р.Ф. Магданов

от ОП ГНМЦ ОАО «Нефтеавтоматика»:

- директор — М.С. Немиров
- начальник отдела — А.А. Шахов

Вниманию пользователей МИ 3151-2008
и организаций, проектирующих СИКНС

Из-за отсутствия достаточного опыта и статистики (данных) результатов поверки массомеров, эксплуатируемых в составе СИКНС, по ТПУ в комплекте с поточным плотномером, изменением №1 исключено ограничение области действия МИ 3151-2008 по содержанию воды в сырой нефти (см. первый пункт изменения №1).

Разработчики МИ 3151 рекомендуют:

1 При проектировании СИКНС для обеспечения представительности отбора пробы нефти в линию поточного плотномера:

1.1 Обязательно непосредственно перед пробозаборным устройством (ПЗУ) устанавливать диспергатор (статический или динамический смеситель потока).

1.2 Обеспечить изокинетичность пробоотбора, предусмотрев регулирование и контроль значения расхода в линии пробоотбора в поточный плотномер (в линию пробоотбора обязательна установка автоматического регулятора расхода и преобразователя расхода).

2 Владельцам СИКНС и организациям, занимающимся техобслуживанием СИКНС на базе массомеров:

2.1 В течение трех лет (2009 – 2011 включительно) результаты поверки массомеров по МИ 3151 и КМХ представлять в ОАО «Нефтеавтоматика» и ФГУП ВНИИР с указанием содержания воды в нефти - для набора статистики и принятия решения в дальнейшем касательно области действия МИ для сырой нефти. Рекомендуемая форма прилагается.

Результаты поверки массомеров на СИКНС _____

№ ИЛ	Модель массомера	Дата операции	Операция (поверка или КМХ)	Содержание воды при операции, % об. долей	Погрешность массомера при поверке, %	Результаты КМХ, %
1	2	3	4	5	6	7

Примечание – при КМХ в колонке 4 рекомендуется указать контрольное средство (ТПУ или контрольный массомер).

Зам. директора ФГУП ВНИИР

_____ М.С. Немиров

Первый зам. генерального директора
ОАО «Нефтеавтоматика»

_____ Э.И. Глушков

gost.e-ecolog.ru