

Приложение
к приказу Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «21» ноября 2023 г. № 2419

Рекомендация
Государственная система обеспечения единства измерений
Преобразователи объемного расхода
Методика поверки
МИ 3287-2010
с Изменением № 1
с Изменением № 2

Государственная система обеспечения единства измерений
Преобразователи объемного расхода
Методика поверки на месте эксплуатации поверочной установкой
МИ 3380-2012

Государственная система обеспечения единства измерений
Преобразователи расхода жидкости турбинные MVTM
Методика поверки
МП 1551-14-2023

Приложение
к приказу Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от « » 2023 г. №

Рекомендация
Государственная система обеспечения единства измерений
Преобразователи объемного расхода
Методика поверки
МИ 3287-2010
с Изменением № 1
с Изменением № 2

Государственная система обеспечения единства измерений
Преобразователи объемного расхода
Методика поверки на месте эксплуатации поверочной установкой
МИ 3380-2012

Государственная система обеспечения единства измерений
Преобразователи расхода жидкости турбинные MVTM
Методика поверки
МП 1551-14-2023

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии
(ФГУП «ВНИИР»)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по науке

ФГУП «ВНИИР»

И. И. Фишман

2010 г.



РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи объемного расхода

Методика поверки

МИ 3287 - 2010

КАЗАНЬ

2010

1 РАЗРАБОТАНА	ФГУП «ВНИИР»
ИСПОЛНИТЕЛИ:	Груздев Р.Н.
2 РАЗРАБОТАНА	ООО «ИМС Индастриз»
ИСПОЛНИТЕЛИ:	Аблина Л.В., Каррамов И.Р., Ремеева А.Ф., Усманов Р.Х.
3 УТВЕРЖДЕНА	ФГУП «ВНИИР»
	14 сентября 2010 г.
4 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА	ФГУП «ВНИИМС»

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и распространена без разрешения ООО «ИМС Индастриз» и ФГУП «ВНИИР».

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины, определения и сокращения	2
4 Операции поверки.....	2
5 Средства поверки	2
6 Требования безопасности	3
7 Условия поверки	4
8 Подготовка к поверке	5
9 Проведение поверки	6
9.1 Внешний осмотр.....	6
9.2 Опробование	6
9.3 Определение метрологических характеристик	6
10 Обработка результатов измерений.....	9
11 Оформление результатов поверки	18
Приложение А Форма протокола поверки рабочего ПР.....	20
Приложение Б Форма протокола поверки контрольного ПР	22
Приложение В Определение коэффициентов C _{TL} , C _{PL} и β	24
В.1 Определение коэффициента C _{TL}	24
В.2 Определение коэффициента C _{PL}	24
В.3 Определение коэффициента β	25
В.4 Определение плотности ρ_{15}	25
Приложение Г Методика анализа результатов измерений на наличие промахов.....	27
Приложение Д Справочные материалы.....	29
Д.1 Квантиль распределения Стьюдента	29
Д.2 Коэффициенты расширения и модули упругости.....	29

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ Преобразователи объемного расхода. Методика поверки	МИ ...-2010
--	-------------

Дата введения – 2010 – 09 – 14

1 Область применения

Настоящая рекомендация распространяется на преобразователи объемного расхода, применяемые в системах измерений количества и показателей качества нефти, сырой нефти и нефтепродуктов и устанавливает методику первичной, периодической и внеочередной поверок в условиях эксплуатации при помощи трубопоршневой поверочной установки или компакт-прувера.

Интервал между поверками – не более одного года.

2 Нормативные ссылки

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

РМГ 29-99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.

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

ГОСТ 33-2000 Нефтепродукты. Метод определения кинематической и расчет динамической вязкости.

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

ГОСТ 3900-85 Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности.

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

СНиП П-4-79 Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.

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 вычислитель расхода, измерительный контроллер;

ТПУ – трубопоршневая поверочная установка;

КП – компакт-прувер;

МХ – метрологические характеристики;

ПВ – поточный вискозиметр;

ПП – преобразователь плотности;

ПР – преобразователь объемного расхода;

ПУ – поверочная установка (ТПУ или КП);

Рабочая жидкость – нефть, сырая нефть или нефтепродукты;

СИ – средство измерений;

СИКН – система измерений количества и показателей качества нефти;

СИКНП – система измерений количества нефтепродуктов;

СИКНС – система измерений количества и параметров нефти сырой;

СКО – среднее квадратическое отклонение.

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 МХ	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
ПУ	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,1 \%$.

Средства поверки	Метрологические характеристики
Преобразователи избыточного давления с унифицированным выходным сигналом	Пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5 \%$
Термопреобразователи сопротивления с унифицированным выходным сигналом	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2 ^\circ\text{C}$
Манометры	Класс точности 0,6
Термометры ртутные стеклянные	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2 ^\circ\text{C}$
ИВК	Пределы допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования $\pm 0,025 \%$
ПП	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,36 \text{ кг/м}^3$
ПВ	Пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 1,0 \%$

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 МХ.

6 Требования безопасности

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

- Трудовой Кодекс Российской Федерации;
- ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»;
- «Правила 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 (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»;
- «Правила 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»;
- правила безопасности при эксплуатации средств поверки, приведенные в эксплуатационной документации;

– инструкции по охране труда, действующие на объекте и СИКН (СИКНС, 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 (СИКНС, 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 (СИКНС, 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 ПР соблюдают следующие условия:

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

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

7.1.3 Изменение температуры рабочей жидкости в ПУ и в поверяемом ПР 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 (СИКНС, СИКНП).

7.1.5 Диапазоны рабочего давления и объемного расхода определяются типоразмером поверяемого ПР, рабочим диапазоном объемного расхода средств поверки и технологическими требованиями.

7.1.6 Объемная доля воды в рабочей жидкости не должна превышать 5 %.

7.1.7 Содержание свободного газа не допускается.

7.1.8 Для обеспечения бескавитационной работы избыточное давление в трубопроводе после поверяемого ПР, $P_{\min}$, МПа, должно быть не менее вычисленного по формуле

$$P_{\min} = 2,06 \cdot P_{\text{НП}} + 2 \cdot \Delta P, \quad (1)$$

где $P_{\text{НП}}$ – давление насыщенных паров, определенное в соответствии с ГОСТ 1756 при максимально возможной температуре рабочей жидкости, МПа;

ΔP – перепад давления на поверяемом ПР, указанный в технической документации, МПа.

7.2 Регулирование объемного расхода проводят при помощи регуляторов расхода, расположенных на выходе ПУ и (или) на измерительных линиях. 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 ПР.

8.3 Подготавливают средства поверки согласно указаниям технической документации.

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

8.5 Проверяют отсутствие газа в измерительной линии с поверяемым ПР и ПУ, а также в верхних точках трубопроводов. Для этого устанавливают объемный расход рабочей жидкости в пределах диапазона измерений поверяемого ПР и открывают краны, расположенные в высших точках измерительной линии и ПУ. 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.

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

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

8.8 Проверяют герметичность устройства пуска и приема поршня ПУ в соответствии с технической документацией.

8.9 Проверяют стабильность температуры рабочей жидкости. Температуру рабочей жидкости считают стабильной, если ее изменение в ПУ и в поверяемом ПР не превышает 0,2 °С за время измерения.

8.10 Определяют плотность рабочей жидкости за время поверки с помощью поточного плотномера или в испытательной лаборатории по ГОСТ 3900 с учетом МИ 2153.

8.11 Определяют кинематическую вязкость рабочей жидкости за время поверки с помощью поточного вискозиметра или в испытательной лаборатории по ГОСТ 33.

9 Проведение поверки

9.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают соответствие поверяемого ПР следующим требованиям:

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

9.2 Опробование

9.2.1 Опробование поверяемого ПР проводят совместно со средствами поверки.

9.2.2 Устанавливают объемный расход рабочей жидкости в пределах рабочего диапазона измерений расхода поверяемого ПР.

9.2.3 Наблюдают на дисплее ИВК значения следующих параметров:

- частоты выходного сигнала поверяемого ПР;
- объемного расхода рабочей жидкости;
- температуры и давления рабочей жидкости в поверяемом ПР;
- температуры и давления рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ или температуры и давления рабочей жидкости в КП;
- температуры планки крепления детекторов или инварового стержня КП;
- кинематической вязкости рабочей жидкости;
- плотности, температуры и давления рабочей жидкости в ПП.

9.2.4 Запускают поршень ПУ. При срабатывании первого детектора наблюдают за началом отсчета импульсов выходного сигнала поверяемого ПР, при срабатывании второго детектора - 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 ПР определяют следующие МХ:

- коэффициенты преобразования или коэффициенты коррекции ПР в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- границы относительной погрешности рабочего ПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода;
- границы относительной погрешности контрольного ПР в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода.

9.3.2 Определение МХ поверяемого ПР проводят не менее чем в трёх точках рабочего диапазона измерений объемного расхода. Значения объемного расхода (точки рабочего диапазона) рекомендуется выбирать с интервалом не более 20 % от максимального значения объемного расхода поверяемого ПР. В каждой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода для рабочего ПР проводят не менее пяти измерений, для контрольного ПР проводят не менее семи измерений.

9.3.3 Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

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

Запускают поршень ПУ. При срабатывании второго детектора регистрируют время между срабатываниями первого и второго детекторов, количество импульсов выходного сигнала поверяемого ПР.

Объемный расход рабочей жидкости через поверяемый ПР вычисляют по формуле (7).

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

9.3.5 После стабилизации объемного расхода в соответствии с 7.1.2 и стабилизации температуры рабочей жидкости в соответствии с 7.1.3 проводят необходимое количество измерений.

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

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

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

- температуры рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ или в КП;
- давления рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ или в КП;

- температуры планки крепления детекторов или инварового стержня КП;
- температуры рабочей жидкости в поверяемом ПР;
- давления рабочей жидкости в поверяемом ПР;
- плотность рабочей жидкости, измеренную ПП;
- температуру рабочей жидкости в ПП;
- давление рабочей жидкости в ПП;
- кинематическую вязкость рабочей жидкости, измеренную ПВ.

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

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

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

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

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

При использовании КП допускается за результат измерения считать среднее значение результатов измерений для нескольких проходов поршня (не более 20).

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

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

Таблица 3 - Точность представления результатов измерений и вычислений

Параметр	Единица измерения	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр, не менее
Объем	м ³	-	6
Температура	°С	2	-
Давление	МПа	2	-
Плотность	кг/м ³	1	-
Кинематическая вязкость	мм ² /с	1	-

Параметр	Единица измерения	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр, не менее
Количество импульсов	имп	-	5
Интервал времени	с	2	-
Погрешность, СКО	%	3	-
Коэффициент преобразования	имп/м ³	-	5
Коэффициент коррекции		5	-
Коэффициент объемного расширения	1/°C	6	-

П р и м е ч а н и е – если количество цифр в целой части числа больше рекомендованного количества значащих цифр, то число округляют до целого.

10 Обработка результатов измерений

10.1 Объем рабочей жидкости, прошедшей через поверяемый ПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, V_{ji} , м³, вычисляют по формулам

$$V_{ji} = V_0 \cdot CTS_{ji} \cdot CPS_{ji} \cdot \frac{CTL_{ПУ\,ji} \cdot CPL_{ПУ\,ji}}{CTL_{ПР\,ji} \cdot CPL_{ПР\,ji}}, \quad (2)$$

$$CTS_{ji} = \begin{cases} 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot (t_{ПУ\,ji} - 20) & \text{при поверке по ТПУ} \\ (1 + \alpha_{k1} \cdot (t_{ПУ\,ji} - 20)) \cdot (1 + \alpha_d \cdot (t_{dj} - 20)) & \text{при поверке по КП} \end{cases}, \quad (3)$$

$$CPS_{ji} = 1 + 0,95 \cdot \frac{P_{ПУ\,ji} \cdot D}{E \cdot S}, \quad (4)$$

$$t_{ПУ\,ji} = \frac{t_{ВхПУ\,ji} + t_{ВыхПУ\,ji}}{2} \quad (\text{для ТПУ}), \quad (5)$$

$$P_{ПУ\,ji} = \frac{P_{ВхПУ\,ji} + P_{ВыхПУ\,ji}}{2} \quad (\text{для ТПУ}), \quad (6)$$

где V_0 – вместимость калиброванного участка ПУ при нормальных условиях ($t = 20$ °C и $P = 0$ МПа), м³;

CTS_{ji} – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ПУ, для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;

CPS_{ji} – коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ПУ, для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;

$CTL_{ПУ\,ji}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для температуры рабочей жидкости в ПУ для i -го из-

мерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В);

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

$CTL_{прji}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для температуры рабочей жидкости в поверяемом ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В);

$CPL_{прji}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для давления рабочей жидкости в поверяемом ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В);

α_t – коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ТПУ (берут из технической документации на ТПУ или определяют по таблице Д.2 приложения Д), $1/^\circ\text{C}$;

α_{k1} – квадратичный коэффициент расширения материала стенок калиброванного участка КП, (берут из технической документации на КП или определяют по таблице Д.2 приложения Д), $1/^\circ\text{C}$;

α_d – коэффициент линейного расширения материала планки крепления детекторов КП или инварового стержня, (берут из технической документации на КП или определяют по таблице Д.2 приложения Д), $1/^\circ\text{C}$;

$t_{дji}$ – температура планки крепления детекторов или инварового стержня за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (при отсутствии датчика температуры принимают равной температуре окружающей среды), $^\circ\text{C}$;

$t_{пуji}$ – температура рабочей жидкости в ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, $^\circ\text{C}$;

$t_{вхпуji}$, $t_{выхпуji}$ – температура рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, $^\circ\text{C}$;

$P_{пуji}$ – давление рабочей жидкости в ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного 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 объемного расхода, МПа;

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

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

E – модуль упругости материала стенок калиброванного участка ПУ (берут из технической документации на ПУ или определяют по таблице Д.2 приложения Д), МПа.

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

10.2 Объемный расход рабочей жидкости через поверяемый ПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, Q_{ji} , м³/ч, вычисляют по формуле

$$Q_{ji} = \frac{V_{ji}}{T_{ji}} \cdot 3600, \quad (7)$$

где V_{ji} – объем рабочей жидкости, прошедшей через поверяемый ПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, м³;

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

10.3 Объемный расход рабочей жидкости через поверяемый ПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, Q_j , м³/ч, вычисляют по формуле

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

где Q_{ji} – объемный расход рабочей жидкости через поверяемый ПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, м³/ч;

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

10.4 Нижний и верхний предел рабочего диапазона измерений объемного расхода $Q_{\min}$, $Q_{\max}$, м³/ч, вычисляют по формулам

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

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

где Q_j – объемный расход рабочей жидкости через поверяемый ПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, м³/ч.

10.5 Частоту выходного сигнала поверяемого ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, f_{ji} , Гц, вычисляют по формуле

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

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

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

10.6 Частоту выходного сигнала поверяемого ПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, f_j , Гц, вычисляют по формуле

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

где f_{ji} – частота выходного сигнала поверяемого ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, Гц;

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

10.7 Коэффициент преобразования поверяемого ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, K_{ji} , имп/м³, вычисляют по формуле

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

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

V_{ji} – объем рабочей жидкости, прошедшей через поверяемый ПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, м³.

10.8 Коэффициент преобразования поверяемого ПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, K_j , имп/м³, вычисляют по формуле

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

где K_{ji} – коэффициент преобразования поверяемого ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м³;

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

10.9 Коэффициент коррекции поверяемого ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, MF_{ji} , вычисляют по формуле

$$MF_{ji} = \frac{V_{ji}}{N_{ji}} \cdot KF, \quad (15)$$

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

V_{ji} – объем рабочей жидкости, прошедшей через поверяемый ПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, m^3 ;

KF – базовый коэффициент преобразования ПР (берут из технической документации на ПР), имп/ m^3 .

10.10 Коэффициент коррекции поверяемого ПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, MF_j , вычисляют по формуле

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

где K_{ji} – коэффициент коррекции поверяемого ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;

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

10.11 Среднее значение кинематической вязкости рабочей жидкости за время поверки, ν , mm^2/c вычисляют по формуле

$$\nu = \begin{cases} \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \nu_{ji}}{\sum_{j=1}^m n_j} & \text{при наличии ПВ} \\ \frac{\nu_H + \nu_K}{2} & \text{при отсутствии ПВ} \end{cases}, \quad (17)$$

где ν_{ji} – кинематическая вязкость рабочей жидкости для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, mm^2/c ;

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

m – количество точек расхода;

ν_H, ν_K – кинематическая вязкость рабочей жидкости, определенная в испытательной лаборатории в начале и в конце поверки, mm^2/c .

10.12 Нижний и верхний предел рабочего диапазона кинематической вязкости рабочей жидкости $v_{\min}$, $v_{\max}$, $\text{мм}^2/\text{с}$ вычисляют по формулам

$$v_{\min} = v - \Delta v \quad (18)$$

$$v_{\max} = v + \Delta v \quad (19)$$

где v – среднее значение кинематической вязкости рабочей жидкости за время поверки, $\text{мм}^2/\text{с}$;

Δv – допускаемый предел изменения кинематической вязкости рабочей жидкости, установленный для данного типа ПР (берут из описания типа или технической и нормативной документации), $\text{мм}^2/\text{с}$.

П р и м е ч а н и е - При $v_{\min} < 0$ принимают $v_{\min} = 0$.

10.13 Оценка СКО результатов измерений

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

$$S_j = \begin{cases} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ji} - K_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_j} \cdot 100 & \text{при определении } K \\ \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{MF_j} \cdot 100 & \text{при определении } MF \end{cases}, \quad (20)$$

где K_j – коэффициент преобразования поверяемого ПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, $\text{имп}/\text{м}^3$;

K_{ji} – коэффициент преобразования поверяемого ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, $\text{имп}/\text{м}^3$;

MF_j – коэффициент коррекции поверяемого ПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;

MF_{ji} – коэффициент коррекции поверяемого ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;

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

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \leq 0,02 \% \quad (21)$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении данного условия выявляют наличие промахов в полученных результатах измерений, согласно приложению Г. Выявленный промах исключают и проводят

дополнительное измерение. При отсутствии промахов выясняют и устраняют причины, обуславливающие невыполнение данного условия и повторно проводят измерения.

10.14 Границу неисклученной систематической погрешности поверяемого ПР, Θ_{Σ} , %, вычисляют по формулам

$$\Theta_{\Sigma} = \begin{cases} 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V 0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{ИВК}^2} & \text{для рабочего ПР} \\ 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V 0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{ИВК}^2} & \text{для контрольного ПР} \end{cases}, \quad (22)$$

$$\Theta_t = \beta_{\max} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{\text{ПУ}}^2 + \Delta t_{\text{ПР}}^2}, \quad (23)$$

$$\beta_{\max} = \max(\beta_{ji}), \quad (24)$$

$$\Theta_A = \begin{cases} \max \left(0,5 * \left| \frac{K_j - K_{j+1}}{K_j + K_{j+1}} \right| \cdot 100 \right) & \text{при определении K} \\ \max \left(0,5 * \left| \frac{MF_j - MF_{j+1}}{MF_j + MF_{j+1}} \right| \cdot 100 \right) & \text{при определении MF} \end{cases}, \quad (25)$$

$$\Theta_{ИВК} = \delta_{ИВК}, \quad (26)$$

где $\Theta_{\Sigma 0}$ – граница суммарной неисклученной систематической погрешности ПУ (берут из свидетельства или протокола поверки ПУ), %;

$\Theta_{V 0}$ – граница неисклученной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ПУ (берут из свидетельства или протокола поверки ПУ; для ТПУ с двумя парами детекторов берут наибольшее значение), %;

Θ_t – граница неисклученной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры рабочей жидкости в ПУ и поверяемом ПР, %;

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

Θ_A – граница неисклученной систематической погрешности, обусловленной кусочно-линейной аппроксимацией градуировочной характеристики поверяемого ПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;

$\delta_{ИВК}$ – предел допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования ИВК (берут из свидетельства или протокола поверки ИВК), %;

$\beta_{\max}$ – максимальное значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости за время поверки, $1/^\circ\text{C}$;

β_{ji} – коэффициент объемного расширения рабочей жидкости при температуре $t_{пуji}$ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В или определяют по МИ 2153), $1/^\circ\text{C}$;

$\Delta t_{ПУ}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры, установленных в ПУ (берут из свидетельства о поверке преобразователя температуры), $^\circ\text{C}$;

$\Delta t_{ПР}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленного около поверяемого ПР (берут из свидетельства о поверке преобразователя температуры), $^\circ\text{C}$;

K_j, K_{j+1} – коэффициенты преобразования поверяемого ПР в j -ой и $(j+1)$ -ой точках рабочего диапазона измерений объемного расхода, $\text{имп}/\text{м}^3$;

MF_j, MF_{j+1} – коэффициенты коррекции поверяемого ПР в j -ой и $(j+1)$ -ой точках рабочего диапазона измерений объемного расхода.

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

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}, \quad (27)$$

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

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

10.16 Границу случайной погрешности поверяемого ПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода при доверительной вероятности $P=0,95$, ϵ , %, вычисляют по формулам

$$\epsilon = \max(\epsilon_j), \quad (28)$$

$$\epsilon_j = t_{0,95j} \cdot S_{0j}, \quad (29)$$

где S_{0j} – СКО среднего значения результатов измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %;

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

10.17 СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода S_0 принимают равным значению СКО среднего значения результатов из-

мерений S_{0j} в точке рабочего диапазона измерений объемного расхода с максимальным значением границы случайной погрешности ε_j .

10.18 Границу относительной погрешности поверяемого рабочего ПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода δ , %, определяют по формулам

$$\delta = \begin{cases} \varepsilon & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_0} < 0,8 \\ t_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_0} \leq 8 \\ \Theta_{\Sigma} & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_0} > 8 \end{cases} \quad (30)$$

$$t_{\Sigma} = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_0 + S_{\Theta}}, \quad (31)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_0^2}, \quad (32)$$

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V 0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{\text{ИВК}}^2}{3}}, \quad (33)$$

где ε – граница случайной погрешности поверяемого ПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;

Θ_{Σ} – граница неисключенной систематической погрешности поверяемого ПР, %;

t_{Σ} – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

S_{Σ} – суммарное СКО результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;

S_{Θ} – СКО суммы неисключенных систематических погрешностей, %;

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

10.19 Границу относительной погрешности поверяемого контрольного ПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, δ_j , %, определяют по формулам

$$\delta_j = \begin{cases} \varepsilon_j & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_{0j}} < 0,8 \\ t_{\Sigma j} \cdot S_{\Sigma j} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_{0j}} \leq 8 \\ \Theta_{\Sigma} & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_{0j}} > 8 \end{cases} \quad (34)$$

$$t_{\Sigma j} = \frac{\varepsilon_j + \Theta_{\Sigma}}{S_{0j} + S_{\Theta}}, \quad (35)$$

$$S_{\Sigma j} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_{0j}^2}, \quad (36)$$

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V 0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{ИБК}}^2}{3}}, \quad (37)$$

где ε_j – граница случайной погрешности поверяемого ПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %;

Θ_{Σ} – граница неисключенной систематической погрешности поверяемого ПР, %;

$t_{\Sigma j}$ – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

$S_{\Sigma j}$ – суммарное СКО результатов измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %;

S_{Θ} – СКО суммы неисключенных систематических погрешностей, %;

S_{0j} – СКО среднего значения результатов измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %.

10.20 Оценивание границы относительной погрешности

ПР допускается к применению в качестве рабочего при выполнении условия

$$\delta \leq 0,15\% \quad (38)$$

в качестве контрольного при выполнении условия

$$\delta_j \leq 0,10\% \quad (39)$$

Если данное условие не выполняется, то рекомендуется:

- увеличить количество точек в рабочем диапазоне измерений объемного расхода;
- увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- увеличить количество проходов поршня за одно измерение (при поверке по КП);
- уменьшить рабочий диапазон измерений объемного расхода.

При повторном невыполнении данных условий поверку прекращают.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки рабочего ПР оформляют протоколом в двух экземплярах по форме, приведенной в приложении А, для контрольного ПР – в приложении Б. Для контрольно-резервного ПР оформляют оба протокола.

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

11.2 При положительных результатах поверки ПР оформляют свидетельство о поверке в соответствии с требованиями правил по метрологии ПР 50.2.006 «ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения». В свидетельстве указывают, что ПР признан годным и допущен к применению с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,15$ % в качестве рабочего или с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,10$ % в качестве контрольного.

Для расширения рабочего диапазона вязкости рабочей жидкости допускается использовать семейство градуировочных характеристик, определенных в межповерочный интервал при нескольких значениях вязкости. В этом случае свидетельства оформляют для каждого диапазона вязкости со сроком действия, соответствующим межповерочному интервалу.

Протокол поверки является обязательным приложением к свидетельству о поверке.

11.3 Проводят пломбирование ПР в соответствии с МИ 3002.

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

Приложение А
Форма протокола поверки рабочего ПР

ПРОТОКОЛ № ____

поверки ПР с помощью ПУ по МИ ... -2010

Место проведения поверки: _____

ПР : Тип _____ Зав. № _____ Линия № _____

ПУ: Тип _____ Зав. № _____

ИВК: Тип _____ Зав. № _____

Рабочая жидкость _____ Вязкость, мм²/с, _____

Таблица 1- Исходные данные

Детекто- ры	V ₀ , м ³	D, мм	S, мм	E, МПа	α _t , 1/°C	α _{k1} , 1/°C	α _d , 1/°C	Θ _{Σ0} , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Окончание таблицы 1

Θ _{V0} , %	Δt _{ПУ} , °C	Δt _{ПР} , °C	δ _{ИВК} , %	Δv, мм ² /с	КФ, имп/м ³
10	11	12	13	14	15

Таблица 2 - Результаты измерений и вычислений

№ точ / № изм	Q _{ji} , м ³ /ч	Детекто- ры	T _{ji} , с	t _{ПУji} , °C	P _{ПУji} , МПа	t _{дji} , °C	ρ _{ППji} , кг/м ³	t _{ППji} , °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/1								
...	...	...	...	...	...	...	...	...
1/n ₁								
...	...	...	...	...	...	...	...	...
m/1								
...	...	...	...	...	...	...	...	...
m/n _m								

Окончание таблицы 2

№ точ./ № изм.	P _{ППji} , МПа	β _{ji} , 1/°C	v _{ji} , мм ² /с	t _{ПРji} , °C	P _{ПРji} , МПа	f _{ji} , Гц	N _{ji} , имп	K _{ji} (MF _{ji}), имп/м ³
1	10	11	12	13	14	15	16	17
1/1								
...		...	...	...	...	...	...	...
1/n ₁								

...		...	...	...	...	...	...	...
m/l								
...		...	...	...	...	...	...	...
m/n _m								

Таблица 3 - Результаты поверки в точках рабочего диапазона

№ точ.	Q _j , м ³ /ч	f _j , Гц	K _j (MF _j), имп/м ³	S _j , %	n _j	S _{0j} , %	t _{0.95j}	ε _j , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
...	...	...	...	...	...	...	...	...
m								

Таблица 4 - Результаты поверки в рабочем диапазоне

Q _{min} , м ³ /ч	Q _{max} , м ³ /ч	V _{min} , мм ² /с	V _{max} , мм ² /с	S ₀ , %	ε, %	Θ _A , %	Θ _t , %	Θ _Σ , %	δ, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

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

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

Дата проведения поверки «____» _____ 20____ г.

Примечания

- 1 Столбец 6 таблицы 1 заполняют только при поверке ПР по ТПУ.
- 2 Столбец 15 таблицы 1 заполняют только при определении коэффициента коррекции.
- 3 Столбцы 7, 8 таблицы 1 и столбец 7 таблицы 2 заполняют только при поверке ПР по КП.
- 4 При отсутствии ПВ столбец 12 таблицы 2 не заполняют.
- 5 При определении коэффициента преобразования в столбец 17 таблицы 2, в столбец 4 таблицы 3 заносят значения коэффициента преобразования, при определении коэффициента коррекции - значения коэффициента коррекции, в шапки таблиц заносят соответствующие названия столбцов.

Приложение Б
Форма протокола поверки контрольного ПР

ПРОТОКОЛ № ____

поверки контрольного ПР с помощью ПУ по МИ ... -2010

Место проведения поверки: _____

ПР : Тип _____ Зав. № _____ Линия № _____

ПУ: Тип _____ Зав. № _____

ИВК: Тип _____ Зав. № _____

Рабочая жидкость _____ Вязкость, мм²/с, _____

Таблица 1- Исходные данные

Детекто- ры	V ₀ , м ³	D, мм	S, мм	E, МПа	α _t , 1/°C	α _{k1} , 1/°C	α _d , 1/°C	Θ _{Σ0} , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Окончание таблицы 1

Θ _{V0} , %	Δt _{ПУ} , °C	Δt _{ПР} , °C	δ _{ИВК} , %	Δv, мм ² /с	КФ, имп/м ³
10	11	12	13	14	15

Таблица 2 - Результаты измерений и вычислений

№ точ / № изм	Q _{ji} , м ³ /ч	Детекто- ры	T _{ji} , с	t _{ПУji} , °C	P _{ПУji} , МПа	t _{дji} , °C	ρ _{ППji} , кг/м ³	t _{ППji} , °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/1								
...	...	...	...	...	...	...	...	...
1/n ₁								
...	...	...	...	...	...	...	...	...
m/1								
...	...	...	...	...	...	...	...	...
m/n _m								

Окончание таблицы 2

№ точ./ № изм.	P _{ППji} , МПа	β _{ji} , 1/°C	v _{ji} , мм ² /с	t _{ПРji} , °C	P _{ПРji} , МПа	f _{ji} , Гц	N _{ji} , имп	K _{ji} (MF _{ji}), имп/м ³
1	10	11	12	13	14	15	16	17
1/1								
...		...	...	...	...	...	...	...
1/n ₁								

...		...	...	...	...	...	...	...
m/l								
...		...	...	...	...	...	...	...
m/n _m								

Таблица 3 - Результаты поверки в точках рабочего диапазона

№ точ.	Q _j , м ³ /ч	f _j , Гц	K _j (MF _j), имп/м ³	v _{min} , мм ² /с	v _{max} , мм ² /с	S _j , %	n _j	S _{0j} , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
...	...	...	...			...	...	...
m								

Окончание таблицы 3

№ точ.	t _{0.95j}	ε _j , %	Θ _t , %	Θ _Σ , %	δ _j , %
1	10	11	12	13	14
1					
...	...	...			...
m					

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

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

Дата проведения поверки «___» _____ 20___ г.

П р и м е ч а н и я

- 1 Столбец 6 таблицы 1 заполняют только при поверке ПР по ТПУ.
- 2 Столбец 15 таблицы 1 заполняют только при определении коэффициента коррекции.
- 3 Столбцы 7, 8 таблицы 1 и столбец 7 таблицы 2 заполняют только при поверке ПР по КП.
- 4 При отсутствии ПВ столбец 12 таблицы 2 не заполняют.
- 5 При определении коэффициента преобразования в столбец 17 таблицы 2, в столбец 4 таблицы 3 заносят значения коэффициента преобразования, при определении коэффициента коррекции - значения коэффициента коррекции, в шапки таблиц заносят соответствующие названия столбцов.

Приложение В

Определение коэффициентов CTL, CPL и β

В.1 Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL, учитывающего влияние температуры на объем рабочей жидкости для диапазона плотности рабочей жидкости (при $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 0\text{ МПа}$) от 611 до 1164 кг/м³ определяют по формулам

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

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

$$\Delta t = t - 15, \quad (B.3)$$

где ρ_{15} – значение плотности рабочей жидкости при $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 0\text{ МПа}$, кг/м³;

t – значение температуры рабочей жидкости, $^{\circ}\text{C}$;

α_{15} – значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости при $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 0\text{ МПа}$, 1/ $^{\circ}\text{C}$;

K_0, K_1 – коэффициенты выбираются из таблицы В.1.

Таблица В.1 - Значения коэффициентов K_0 и K_1 в зависимости от типа рабочей жидкости

Тип рабочей жидкости	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

П р и м е ч а н и е – Для нефтепродуктов коэффициенты K_0, K_1 выбираются не по названию типа рабочей жидкости, а в зависимости от значения ρ_{15} .

В.2 Определение коэффициента CPL

Значение коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем рабочей жидкости для диапазона плотности рабочей жидкости (при $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 0\text{ МПа}$) от 611 до 1164 кг/м³ определяют по формулам

$$CPL = \frac{1}{1 - b \cdot P \cdot 10^6}, \quad (B.4)$$

$$b = 10^{-4} \cdot \exp\left(-1.62080 + 0.00021592 \cdot t + \frac{0.87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4.2092 \cdot 10^3 \cdot t}{\rho_{15}^2}\right), \quad (B.5)$$

где ρ_{15} – значение плотности рабочей жидкости при $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 0\text{ МПа}$, кг/м³;

t – значение температуры рабочей жидкости, $^{\circ}\text{C}$;

P – значение избыточного давления рабочей жидкости, МПа;

10 – коэффициент перевода единиц измерения давления МПа в бар.

В.3 Определение коэффициента β

Значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости, β , 1/°C:

$$\beta = \alpha_{15} + 1.6 \cdot \alpha_{15}^2 \cdot (t - 15), \quad (\text{B.6})$$

где α_{15} – значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости при 15 °C, 1/°C;

t – значение температуры рабочей жидкости, при которой определяется коэффициент объемного расширения рабочей жидкости, °C.

В.4 Определение плотности ρ_{15}

Значение плотности рабочей жидкости при $t = 15$ °C и $P = 0$ МПа, ρ_{15} , кг/м³ определяют по формуле

$$\rho_{15} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{\text{CTL}_{\text{ПП}} \cdot \text{CPL}_{\text{ПП}}}, \quad (\text{B.7})$$

где $\rho_{\text{ПП}}$ – значение плотности рабочей жидкости в ПП, кг/м³;

$\text{CTL}_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для $t_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} ;

$\text{CPL}_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для $t_{\text{ПП}}$, $P_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} .

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

1) Определяют значения $\text{CTL}_{\text{ПП}(1)}$ и $\text{CPL}_{\text{ПП}(1)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{\text{ПП}}$.

2) Определяют значения $\rho_{15(1)}$, кг/м³:

$$\rho_{15(1)} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{\text{CTL}_{\text{ПП}(1)} \cdot \text{CPL}_{\text{ПП}(1)}} \quad (\text{B.8})$$

3) Определяют значения $\text{CTL}_{\text{ПП}(2)}$ и $\text{CPL}_{\text{ПП}(2)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{15(1)}$.

4) Определяют значение $\rho_{15(2)}$, кг/м³:

$$\rho_{15(2)} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{\text{CTL}_{\text{ПП}(2)} \cdot \text{CPL}_{\text{ПП}(2)}} \quad (\text{B.9})$$

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:

$$|\rho_{15(i)} - \rho_{15(i-1)}| \leq 0,001, \quad (B.10)$$

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 Г

Методика анализа результатов измерений на наличие промахов

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

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

$$S_{Kj} = \begin{cases} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ji} - K_j)^2}{n_j - 1}} & \text{при определении } K \\ \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}} & \text{при определении } MF \end{cases}, \quad (\text{Г.1})$$

где K_j – значение коэффициента преобразования в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м^3 ;

K_{ji} – значение коэффициента преобразования для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м^3 ;

MF_j – значение коэффициента коррекции в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;

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

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

П р и м е ч а н и е – При $S_{Kj} < 0,001$ принимают $S_{Kj} = 0,001$.

Наиболее выделяющееся соотношение U :

$$U = \begin{cases} \max \left(\left| \frac{K_{ji} - K_j}{S_{Kj}} \right| \right) & \text{при определении } K \\ \max \left(\left| \frac{MF_{ji} - MF_j}{S_{Kj}} \right| \right) & \text{при определении } MF \end{cases}, \quad (\text{Г.2})$$

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

Таблица Г.1 - Критические значения для критерия Граббса

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

Приложение Д

Справочные материалы

Д.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 Д.1.

Таблица Д.1

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

Д.2 Коэффициенты расширения и модули упругости

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

Таблица Д.2

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора

по научной работе – заместитель директора по
качеству ФГУП ВНИИР



В.А. Фафурин

2015 г.

срок введения «10» 12 2015 г.

МИ 3287-2010 Рекомендация. ГСИ.
Преобразователи объемного расхода. Методика
поверки.

Изменение № 1

Раздел 2

Удалить ссылки на следующие документы:

РМГ 29-99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения

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

Дополнить ссылками на следующие документы:

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

Приказ Министерства промышленности и торговли РФ №1815 от 02.07.2015 Об
утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки
и содержанию свидетельства о поверке

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

Дополнить Примечанием в следующей редакции:

*«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 заменяющего или частично заменяющего документа.
Если нормативный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка
на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку».*

Раздел 8

Пункт 8.10

В пункте 8.10 и далее по тексту документ МИ 2153 заменить на Рекомендации по метрологии Р 50.2.076.

Раздел 9

Пункт 9.2.3

Шестое перечисление дополнить словами «(при наличии ПВ)»;

Пункт 9.3.5

В четвертом абзаце девятое перечисление дополнить словами «(при наличии ПВ)»;

Пункт 9.3.5 после четвертого абзаца дополнить абзацем в следующей редакции:

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

Раздел 10

Пункт 10.1

Формулу (4) изложить в редакции:

$$CPS_{ji} = \begin{cases} 1 + 0,95 \cdot \frac{P_{пуji} \cdot D}{E \cdot S} & \text{вариант 1} \\ 1 + \frac{P_{пуji} \cdot D}{E \cdot S} & \text{вариант 2} \end{cases}, \quad (4);$$

Пояснение символа CPS_{ji} изложить в редакции: « CPS_{ji} – коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ПУ, для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вариант вычислений выбирают в соответствии с методикой, по которой проведена поверка ПУ)»;

Пункт 10.12

Первый абзац пункта 10.12 изложить в редакции: «Нижний и верхний пределы рабочего диапазона кинематической вязкости рабочей жидкости v_{min} , v_{max} , мм²/с, определяют по описанию типа или по техническим и нормативным документам, или вычисляют по формулам».

Пункт 10.13

Условие (21) изложить в редакции:

$$S_j \leq S_{доп} \quad (21)$$

где $S_{доп}$ – предельно допускаемое значение СКО, принимают:

- 0,05 % – для ультразвуковых ПР;
- 0,02 % – для ПР других принципов измерений, если иное не указано в описании типа ПР.

Пункт 10.20

Пункт 10.20 изложить в редакции:

«ПР допускается к применению в качестве рабочего при выполнении условия

$$\delta \leq \delta_{\text{доп}} \quad (38)$$

где δ – граница относительной погрешности поверяемого рабочего ПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;

$\delta_{\text{доп}}$ – предел допускаемой относительной погрешности в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, в качестве которого принимают:

- для ультразвукового ПР значение, указанное в описании типа или определенное назначением и областью применения, %;
- 0,15 % для остальных ПР.

ПР допускается к применению в качестве контрольного при выполнении условия

$$\delta_j \leq 0,10\% \quad (39)$$

где δ_j – граница относительной погрешности поверяемого контрольного ПР в j-ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %.

Если данные требования не выполняются, то рекомендуется:

- увеличить количество точек в рабочем диапазоне измерений объемного расхода;
- увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- увеличить количество проходов поршня за одно измерение (при поверке по КП);
- уменьшить рабочий диапазон измерений объемного расхода.

При повторном невыполнении данных требований поверку прекращают».

Раздел 11

Ссылку на правила по метрологии «ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений» заменить ссылкой на «Приказ Министерства промышленности и торговли РФ №1815 от 02.07.2015».

Приложение А, Приложение Б

Примечания

Дополнить пунктом 6 и изложить в редакции: «6 Столбец 14 Таблицы 1 заполняют при наличии значения Δv ».

Приложение В

В формуле (В.7) пояснение символа $\rho_{пп}$ изложить в редакции:

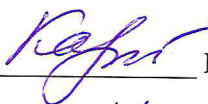
« $\rho_{пп}$ – значение плотности рабочей жидкости в ПП или значение плотности, определенное при условиях, отличных от условий в ПП, кг/м^3 »;

Дополнить пояснения символов $t_{пп}$, $P_{пп}$:

« $t_{пп}$ – значение температуры, при которой определяют плотность рабочей жидкости $\rho_{пп}$, $^{\circ}\text{C}$;

$P_{пп}$ – значение давления, при котором определяют плотность рабочей жидкости $\rho_{пп}$, МПа».

Главный метролог
филиала "ИМС Индастриз–Уфа"
ООО "ИМС Индастриз"

 Каррамов И. Р.

Начальник НИО–14 ФГУП "ВНИИР"

 Груздев Р. Н.

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора
по научной работе ФГУП «ВНИИР»

В. А. Фафурин

«01» апреля 2016 г.

со сроком введения «01» апреля 2016 г.

МИ 3287-2010 Рекомендация. ГСИ.

Преобразователи объемного расхода.

Методика поверки.

Изменение № 2

Раздел 10

Пункт 10.1

Формулу (3) изложить в редакции:

$$CTS_{ji} = \begin{cases} 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot (t_{пу\,ji} - t_0) & \text{при поверке по ТПУ} \\ (1 + \alpha_{kl} \cdot (t_{пу\,ji} - t_0)) \cdot (1 + \alpha_d \cdot (t_{д\,ji} - t_0)) & \text{при поверке по КП} \end{cases}, \quad (3);$$

Пояснение символа V_0 изложить в редакции: « V_0 – вместимость калиброванного участка ПУ при стандартных условиях ($t_0 = 15^\circ\text{C}$ или 20°C и $P = 0$ МПа)».

Главный метролог
филиала «ИМС Индастриз - Уфа»
ООО «ИМС Индастриз»

Начальник НИО -14 ФГУП «ВНИИР»




Каррамов И. Р.

Груздев Р. Н.

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

Государственная система обеспечения единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ОБЪЕМНОГО РАСХОДА
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКОЙ**

МИ 3380 – 2012

Уфа
2012

**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

Первый заместитель директора
ФГУП «ВНИИ» по научной работе



В.А. Фафурин

09 2012 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ОБЪЕМНОГО РАСХОДА
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКОЙ**

МИ 3380 – 2012



Уфа
2012

Предисловие

РАЗРАБОТАНА	Межрегиональным открытым акционерным обществом «Нефтеавтоматика» (ОАО «Нефтеавтоматика»)
ИСПОЛНИТЕЛИ	Глушков Э.И. – руководитель темы, Магданов Р.Ф., Саттаров А.М.
РАЗРАБОТАНА	Обособленным подразделением Головного научным метрологическим центром ОАО «Нефтеавтоматика» (ОП ГНМЦ ОАО «Нефтеавтоматика»)
ИСПОЛНИТЕЛИ	Немиров М.С. – к. т. н., Крайнов М.В.
РАЗРАБОТАНА	Федеральным Государственным Унитарным предприятием Всероссийским научно-исследовательским институтом расходомерии - Государственным научным метрологическим центром (ФГУП ВНИИР – ГНМЦ)
ИСПОЛНИТЕЛИ	Груздев Р.Н., Левин К.А
УТВЕРЖДЕНА	ФГУП ВНИИР – ГНМЦ 10 сентября 2012 г.
ЗАРЕГИСТРИРОВАНА	Федеральным Государственным Унитарным предприятием Всероссийским научно - исследовательским институтом метрологической службы (ФГУП ВНИИМС) 17 сентября 2012 г.
ВЗАМЕН	МИ 1974-2004 Рекомендация. ГСИ. Преобразователи расхода турбинные. Методика поверки

Содержание

	Стр
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	2
3 Термины и определения, принятые сокращения	3
4 Операции и средства поверки	5
5 Требования безопасности, охраны труда и к квалификации поверителей	7
6 Условия поверки	9
7 Подготовка к поверке	10
8 Проведение поверки	15
8.1 Внешний осмотр	15
8.2 Опробование	16
8.3 Определение метрологических характеристик	16
9 Обработка результатов измерений	21
9.1 Определение коэффициента(ов) преобразования(й) рабочего преобразователя и оценивание СКО	21
9.2 Определение параметров ГХ рабочего преобразователя	24
9.3 Определение погрешностей рабочего преобразователя	25
9.4 Определение МХ и обработка результатов измерений для контрольного преобразователя	29
10 Оформление результатов поверки	30
11 Точность представления результатов измерений и вычислений в протоколе поверки	32
Приложение А Протокол поверки преобразователя объемного расхода модели (типа) _____ по МИ 3380-2012	34
Приложение Б Определение коэффициентов объемного расширения ($\beta_{ж}$) и сжимаемости ($\gamma_{ж}$) рабочей жидкости	38
Приложение В Установление и контроль значения поверочного расхода, используя результаты измерений поверяемого преобразователя ...	40
Приложение Г Коэффициенты линейного расширения материала цилиндра (α_r^{rv}), стержня (α_r^{cm}), значения модуля упругости (E) материала цилиндра ПУ	41
Приложение Д Определение количества импульсов выходного сигнала преобразователя с учетом долей периода	42
Приложение Е Определение коэффициентов CTL и CPL , учитывающих влияние температуры и давления на объем рабочей жидкости	44
Приложение Ж Анализ результатов измерений, значения квантиля распределения Стьюдента и коэффициента $Z_{(p)}$	47
Приложение И Сводный перечень условных обозначений и их определений	48
Приложение К Сводный перечень используемых формул	51

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА
ИЗМЕРЕНИЙ

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ОБЪЕМНОГО РАСХОДА
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКОЙ**

МИ 3380 – 2012

Дата введения – 2012– 12- 01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – методика) распространяется на преобразователи объемного расхода [далее – преобразователь(и)], эксплуатируемые в составе СИКН, СИКНС, СИКНП и СИКЖУ, и устанавливает порядок их первичной и периодической поверок на месте эксплуатации с помощью ПУ.

По настоящей методике поверяют турбинные и объемно-лопастные преобразователи, имеющие частотный (импульсный) выходной сигнал, и при условии, если градуировочная характеристика преобразователя реализуется (реализована) по одному из способов, изложенных в настоящей методике.

1.2 В качестве ПУ применяют ТПУ или компакт-прувер в стационарном или мобильном исполнении.

1.3 Поверяемые преобразователи (п. 1.1) и применяемые в качестве средства поверки ПУ (п. 1.2) имеют свидетельства об утверждениях их типа согласно ПР 50.2.104, ПР 50.2.105, ПР 50.2.106 и ПР 50.2.107 и допущены к применению на территории Российской Федерации в установленном порядке.

1.4 Интервал между поверками: согласно описанию типа преобразователя, если иной интервал не установлен другими действующими нормативными документами.

П р и м е ч а н и я

1 Настоящая методика распространяется также на преобразователи, имеющие сертификаты об утверждении типа по ПР 50.2.009-94 «ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений».

Поверку преобразователей допускается проводить также по ПУ, тип которого(ых) утвержден согласно ПР 50.2.009-94.

2 Настоящая методика распространяется на преобразователи, эксплуатирующиеся в составе СИКНС, если изменение объемного содержания воды в сырой нефти в интервале между поверками преобразователя меняется не более, чем на 10 %.

3 Сокращения ПУ, ТПУ, СИКН, СИКНС, СИКНП, СИКЖУ согласно разделу 3 настоящей методики.

1.5 Сводный перечень условных обозначений, принятых в настоящей методике, и их определений приведен в приложении И, сводный перечень применяемых формул – в приложении К.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей методике использованы ссылки на нормативные документы:

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

ГОСТ Р 8.654-2009 ГСИ. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения

ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчёт динамической вязкости

ГОСТ 112-78 Термометры метеорологические стеклянные. Технические условия

ГОСТ 1756-2000 Нефтепродукты. Определение давления насыщенных паров

ГОСТ 2477-65 Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды

ГОСТ 2517- 85 Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб

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 50.2.104-09 ГСИ. Порядок проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа

ПР 50.2.105-09 ГСИ. Порядок утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений

ПР 50.2.106-09 ГСИ. Порядок выдачи свидетельств об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, установления и изменения срока действия указанных свидетельств и интервала между поверками средств измерений

ПР 50.2.107-09 ГСИ. Требования к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядок их нанесения

Р 50.2.075-2010 ГСИ. Нефть и нефтепродукты. Лабораторные методы измерений плотности, относительной плотности и плотности в градусах API

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

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

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

МИ 2676-2001 ГСИ. Методика метрологической аттестации алгоритмов и программ обработки данных результатов измерений при определении массы нефти и нефтепродуктов. Общие положения

МИ 2955-2010 Рекомендация. ГСИ. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений

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

СТО ГАЗПРОМ 5.3-2006 Расход и количество жидких углеводородных сред. Технические требования к узлам учета

СТО ГАЗПРОМ 5.9-2007 Обеспечение единства измерений. Расход и количество углеводородных сред. Методика выполнения измерений

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящей методикой 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 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

3.1 В настоящей методике приняты следующие термины с определениями:

3.1.1 время одного измерения (одно измерение):

- время прохождения шаровым поршнем ТПУ её калиброванного участка (от детектора «пуск» до детектора «стоп») - *при применении однонаправленной ТПУ;*

- суммарное время прохождения шаровым поршнем ТПУ её калиброванного участка туда и обратно (т.е. от детектора «пуск» до детектора «стоп» и обратно) без учета времени, необходимого для изменения направления потока рабочей жидкости через ТПУ - *при применении двунаправленной ТПУ;*

- время, требуемое для выполнения одной серии проходов поршня компакт-прувера, без учета суммарного времени, необходимого для выполнения операций по подготовке к единичным пускам поршня - *при применении компакт-прувера*.

3.1.2 градуировочная характеристика: Функция, описывающая зависимость коэффициента преобразования преобразователя (K , имп/м^3) от измеряемого расхода (Q , $\text{м}^3/\text{ч}$), или от выходной частоты преобразователя (f , Гц), или от отношения выходной частоты преобразователя к вязкости рабочей жидкости (f/ν , Гц/сСт).

3.1.3 жидкие углеводороды: Стабильный и нестабильный конденсат, широкая фракция легких углеводородов, дезанизированный газовый конденсат, нефтегазоконденсатная смесь, дезанизированная нефть, находящиеся в условиях проведения измерений в однофазном (жидком) состоянии (*СТО ГАЗПРОМ 5.3*).

3.1.4 компакт-прувер исполнения А: Компакт-прувер, который в зависимости от его расположения по отношению к поверяемому преобразователю (до или после по потоку рабочей жидкости) имеет два значения калиброванного участка («downstream» и «upstream», к примеру, компакт-пруверы BROOKS-Compact Prover, CP, CP-M, BCP-M).

3.1.5 компакт-прувер исполнения Б: Компакт-прувер, который имеет одно значение калиброванного участка (к примеру, компакт-пруверы модели SYNCROTRAK).

П р и м е ч а н и е – Разделение компакт-пруверов на исполнения А и Б условно - только для удобства пользования настоящей методикой.

3.1.6 проход поршня: Одноразовое (единичное) прохождение поршнем калиброванного участка ТПУ или компакт-прувера.

3.1.7 серия проходов поршня (только для компакт-прувера): Заданное (задаваемое) количество единичных проходов поршня компакт-прувера, выполняемых для проведения одного измерения при неизменном (установленном) значении поверочного расхода.

3.2 В настоящей методике приняты следующие сокращения:

- **АРМ оператора** – автоматизированное рабочее место оператора;
- **БИК** – блок измерений показателей качества;
- **ГХ** - градуировочная характеристика;
- **ИЛ** – измерительная линия;
- **МХ** - метрологическая(ие) характеристика(и);
- **ПП** – преобразователь плотности;
- **ПУ** – поверочная установка;
- **ПСП** – прямо-сдаточный пункт;

- СИКЖУ – система измерений количества жидких углеводородов;
- СИКН – система измерений количества и показателей качества нефти;
- СИКНП – система измерений количества нефтепродуктов;
- СИКНС – система измерений количества и параметров нефти сырой;
- СОИ – система обработки информации;
- ТПУ – трубопоршневая поверочная установка;
- УОИ – устройство обработки информации;
- ШФЛУ – широкие фракции легких углеводородов.

П р и м е ч а н и е - Под сокращением БИК в настоящей методике подразумевают блок измерений физико-химических параметров рабочей жидкости, входящий в состав СИКН, СИКНС, СИКНП и СИКЖУ, под сокращением ПСП - прямо-сдаточный пункт нефти (в т.ч. сырой), нефтепродуктов и жидких углеводородов.

4 ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (8.1);
- опробование (8.2);
- определение метрологических характеристик (8.3).

4.2 При поверке применяют следующие средства поверки:

4.2.1 ПУ 1-го или 2-го разряда с пределами допускаемой относительной погрешности: $\pm 0,05 \%$ или $\pm 0,1 \%$ соответственно.

П р и м е ч а н и е - Верхний предел измерений ПУ: не менее максимального значения рабочего диапазона измерений поверяемого преобразователя ($\text{м}^3/\text{ч}$).

4.2.2 Преобразователи давления с электрическим выходным сигналом с пределами допускаемой приведенной погрешности: $0,5 \%$. Допускается применять манометры класса точности 0,6.

4.2.3 Преобразователи температуры [термометры сопротивления класса А (не хуже) в комплекте с измерительными преобразователями], пределы допускаемой абсолютной погрешности комплекта: не более $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Допускается применять термометры с пределами допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

4.2.4 Устройство обработки информации (УОИ):

4.2.4.1 Обеспечивающее выполнение функций:

- прием и обработку частотных сигналов от преобразователя и поточного ПП;

- прием и обработку токовых сигналов от преобразователей давления и температуры, установленных на ИЛ с поверяемым преобразователем, на ПУ и в БИК;

- индикацию текущих значений расхода, измеряемых поверяемым преобразователем ($\text{м}^3/\text{ч}$), плотности ($\text{кг}/\text{м}^3$), вязкости (сСт), объемной доли воды в нефти (%), измеряемых поточными ПП, преобразователем(ями) вязкости и преобразователем(ями) влагосодержания соответственно;

П р и м е ч а н и я к третьему перечислению:

1 Измерение и индикация текущих значений вязкости - только при поверке преобразователя; эксплуатируемого в составе СИКН, СИКНП для высоковязких нефтепродуктов или СИКНС, и при наличии в их составе поточного преобразователя вязкости согласно рабочему проекту.

2 Измерение и индикация текущих значений объемной доли воды в нефти – только при поверке преобразователя, эксплуатируемого в составе СИКНС.

- измерение количества импульсов (в том числе долей периодов, если количество импульсов менее 10 000), выдаваемых поверяемым преобразователем за одно измерение;

- измерение (при необходимости вычисление) времени прохождения поршнем калиброванного участка ПУ за одно измерение (с).

4.2.4.2 При применении компакт-прувера УОИ дополнительно обеспечивает:

- вычисление среднего арифметического значения количества импульсов, выдаваемых поверяемым преобразователем, за одно измерение (за одну серию проходов поршня);

- вычисление средних арифметических значений давления, температуры рабочей жидкости в преобразователе и компакт-прувере, плотности рабочей жидкости, вязкости (при необходимости) нефти и высоковязких нефтепродуктов за одно измерение (за одну серию проходов поршня).

4.2.4.3 Пределы допускаемой относительной погрешности УОИ при вычислениях коэффициентов преобразования преобразователя ($\text{имп}/\text{м}^3$): не более $\pm 0,025 \%$.

4.2.4.4 В качестве УОИ применяют или СОИ, входящую в состав СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ), или отдельный контроллер-вычислитель (применяют только при поверочных работах), или контроллер-вычислитель, входящий в состав ПУ.

4.2.4.5 УОИ имеет аттестованные по МИ 2955, МИ 2676 (или МИ 2174) алгоритмы обработки результатов измерений, разработанные согласно настоящей методике с учетом требований ГОСТ Р 8. 654.

П р и м е ч а н и е – При отсутствии УОИ, соответствующей требованиям 4.2.4.5 (в основном, на СИКН, введенных в эксплуатацию до 90-х годов прошлого века и не обеспеченных соответствующей реконструкцией в последующие годы), допускается применять:

- частотомер электронно-счетный с диапазоном измерений от 1 Гц до 100 кГц, измеряю-

щий частоты, интервалы времени и периода с пределами допускаемой основной относительной погрешности: $\pm 2,5 \times 10^{-7} \%$;

- счетчик импульсов с диапазоном частот входных сигналов от 1 Гц до 100 кГц и пределами допускаемой абсолютной погрешности: ± 1 имп.

4.2.5 Поточный ПП, входящий в состав СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ). Допускается применение лабораторного плотномера или средств измерений плотности согласно Р 50. 2. 075.

4.2.6 Поточный преобразователь вязкости, входящий в состав СИКН, СИКНС и СИКНП для высоковязких нефтепродуктов. Допускается применение средств измерений вязкости нефти по ГОСТ 33.

4.2.7 Поточный преобразователь влагосодержания, входящий в состав СИКНС. Допускается применение средств измерений объемной доли воды в нефти по ГОСТ 2477.

4.2.8 Термометр метеорологический стеклянный по ГОСТ 112 для измерений температуры окружающей среды – только при применении компакт-прувера.

4.2.9 АРМ оператора, имеющее аттестованные по МИ 2955, МИ 2676 (или 2174) алгоритмы для обработки результатов измерений, разработанные по настоящей методике с учетом требований ГОСТ Р 8.654, если АРМ оператора предусмотрено рабочим проектом СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ).

4.2.10 Все средства измерений (кроме АРМ оператора) поверены и имеют действующие свидетельства о поверке или знаки поверки.

4.2.11 Допускается применение других средств поверки, технические и метрологические характеристики которых удовлетворяют требованиям настоящей методики.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНЫ ТРУДА И К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

5.1 При проведении поверки соблюдают требования:

- Трудового кодекса Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ (ТК РФ);
- 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 изм. 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 преобразователь и средства поверки;
- корпоративных регламентов (инструкций) по промышленной и пожарной безопасности, по охране труда, действующих на объекте.

5.2 При поверочных работах поверяемый преобразователь, ПУ и другое технологическое оборудование не эксплуатируют при давлении рабочей жидкости, превышающем рабочее давление, указанное в их паспортах или эксплуатационной документации.

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

5.4 Средства измерений и электрооборудование, установленные на технологической части СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ) и на ПУ, имеют взрывозащищенное исполнение и обеспечивают уровень взрывозащиты, соответствующий классу зоны В-1а, а вид взрывозащиты – по категории взрывоопасной смеси к группе ТЗ в соответствии с классификацией ГОСТ Р 51330.0 (МЭК 60079-0-98).

5.5 К средствам измерений и оборудованию, требующим обслуживания при проверке, обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают соответствующие требованиям безопасности лестницы, площадки и переходы с ограничениями.

5.6 К эксплуатации (обслуживанию) преобразователя и средств поверки (оборудования) допускают лиц, прошедших соответствующее обучение и проверку знаний в установленной форме.

5.7 К проведению поверки допускают лиц, аттестованных в качестве поверителя, изучивших эксплуатационную документацию на поверяемый преобразователь, ПУ, настоящую методику и прошедших соответствующий инструктаж по технике безопасности.

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

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку преобразователя проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами измерительной линии (струевыпрямителем, прямыми участками до и после преобразователя, фильтром, если они установлены на каждой ИЛ согласно проекту).

6.2 Рабочая жидкость: нефть (в т.ч. сырая), нефтепродукты, жидкие углеводороды.

6.3 Поверку проводят в рабочем диапазоне расхода (далее – рабочий диапазон).

Рабочий диапазон ($\text{м}^3/\text{ч}$) устанавливают для каждого преобразователя в зависимости от количества рабочих ИЛ и верхнего предела измерений СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ) таким, что он не выходит за пределы измерений, указанные в свидетельстве (сертификате) об утверждении типа поверяемого преобразователя.

Установление рабочего диапазона владелец СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ) оформляет справкой произвольной формы перед каждой поверкой. Справку, согласованную принимающей (сдающей) стороной, владелец представляет сервисной организации и поверителю.

П р и м е ч а н и е - В случае изменения (более 5 %) в интервале между поверками нижнего предела рабочего диапазона в сторону уменьшения или верхнего предела в сторону увеличения от значений, установленных при настоящей поверке (или и то, и другое одновременно), преобразователь подлежит внеочередной поверке.

6.4 Вязкость нефти (в т.ч. сырой) находится в пределах диапазона, указанного в свидетельстве (сертификате) об утверждении типа и (или) в эксплуатационной документации на преобразователь.

6.5 Содержание свободного газа в жидкости не допускают.

6.6 ПУ допускается устанавливать как до поверяемого преобразователя по потоку рабочей жидкости, так и после него.

6.7 Избыточное давление рабочей жидкости при поверке ($P_{\text{пов}}$, МПа) после ПУ (преобразователь расположен до ПУ по ходу рабочей жидкости) и после преобразователя (преобразователь расположен после ПУ) устанавливают не менее значения, вычисленного по формуле

$$P_{\text{пн}} = 2,06 \times P_{\text{нас}} + 2 \times \Delta P, \quad (1)$$

где $P_{\text{нас}}$ - давление насыщенных паров, определенное согласно ГОСТ 1756 при максимальной температуре рабочей жидкости в СИКН (СИКНС, СИКНП);

ΔP - перепад давления рабочей жидкости на преобразователе, МПа (из эксплуатационной документации).

Примечания к 6.7

1 При поверке преобразователя, эксплуатируемого в составе СИКЖУ, обеспечивают выполнение условия пункта 5.1.2 СТО ГАЗПРОМ 5.9.

2 Справку с указанием значения $P_{нас}$ представляет химико-аналитическая лаборатория владельца СИКН (СИКНС, СИКНП).

6.8 Изменение температуры жидкости за время одного измерения: $\leq 0,2$ °С.

6.9 Отклонение расхода рабочей жидкости за время одного измерения (в точке расхода) не превышает 2,5 % от установленного значения.

6.10 Запорная и регулирующая арматура (регулятор расхода – при его наличии по проекту), установленные на ИЛ с поверяемым преобразователем, открыты полностью. Регулятор выведен из автоматического режима регулирования расхода.

6.11 Требуемый поверочный расход устанавливают с помощью регулятора расхода (РР1 на рисунке 1, РР1 или РРi на рисунке 2), установленного в конце технологической схемы поверки по потоку рабочей жидкости.

Примечание – На СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ), принятых в промышленную эксплуатацию до введения в действие ПБ 03-585-03, требуемый расход допускается устанавливать с помощью задвижки, установленной в конце технологической схемы поверки.

6.12 Поверку преобразователя запрещается проводить при расходе рабочей жидкости ниже значения ($Q_{прот}$, м³/ч). $Q_{прот}$ – расход, при котором проведена проверка ПУ на отсутствие протечек и указан в протоколе последней поверки ПУ.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Поверяемый преобразователь и ПУ подключают друг с другом последовательно, готовят технологическую схему поверки к гидравлическим испытаниям и проверке на герметичность. Рекомендуемые схемы подключений приведены на рисунках 1 и 2.

7.2 Применяют один из вариантов подключения поверяемого преобразователя (условно РРi на рисунках 1 и 2) к ПУ.

Вариант 1. В составе СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ) имеется резервно-контрольный преобразователь (условно РР1 на рисунках 1 и 2). Поверяемый и контрольно-резервный преобразователи (РРi и РР1) и ПУ подключают последовательно друг с другом. При этом:

а) если ПУ расположена после поверяемого преобразователя (рисунок 1): задвижки

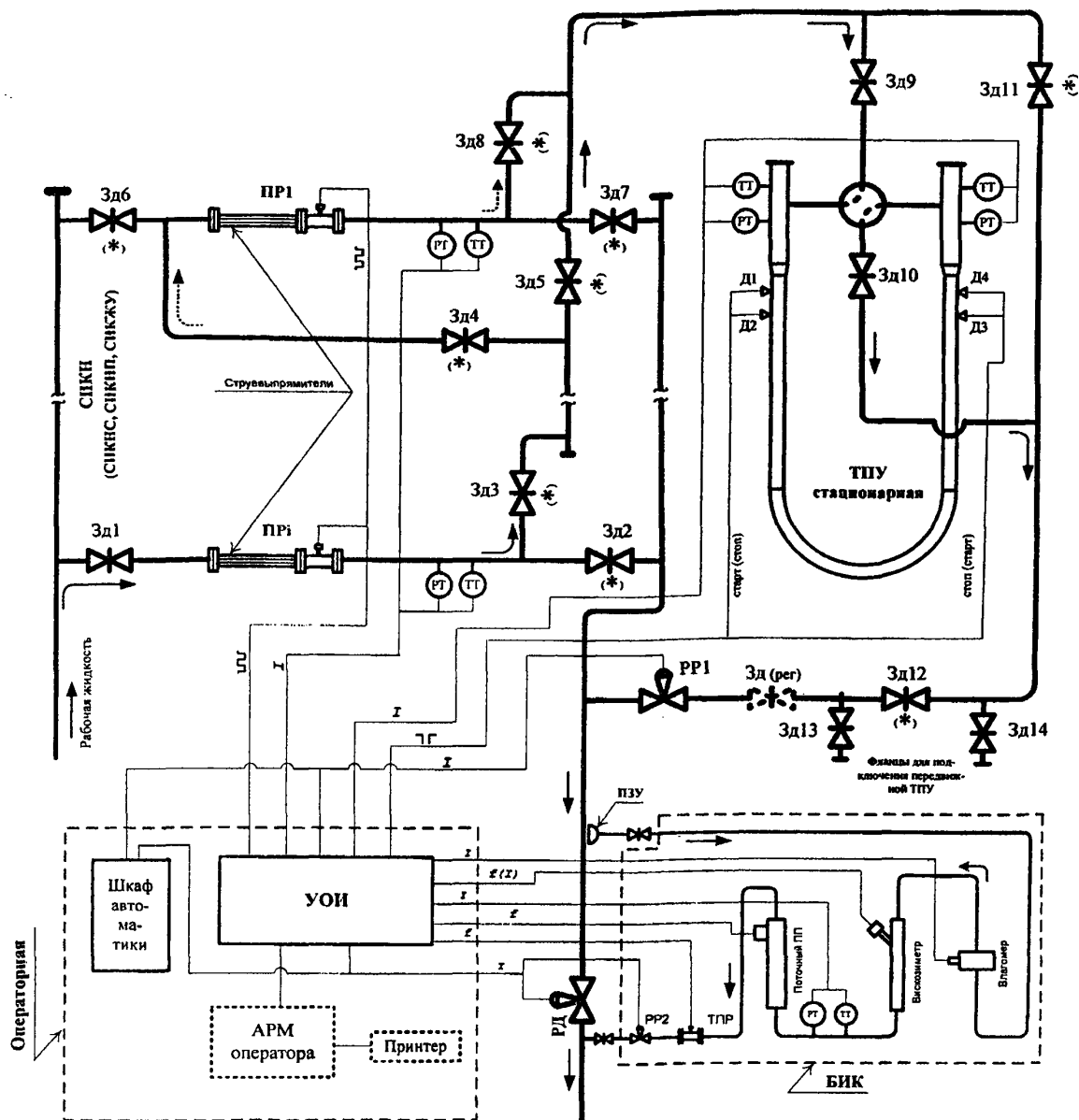


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая и электрическая схема соединений средств поверки при расположении ПУ после поверяемого преобразователя

РТ - преобразователь избыточного давления; ТТ - датчик температуры; Д1÷ Д4 - детекторы ТПУ; ПЗУ - пробозаборное устройство; РР1 и РР2 - регуляторы расхода; РД - регулятор давления; Зд1÷ Зд12 - задвижки или шаровые краны; Зд (рег), Зд13 и Зд14 - задвижки.

Примечания

1 Остальные средства измерений и технологическое оборудование, установленные (устанавливаемые) на ИЛ, на ТПУ и в БИК на рисунке условно не показаны.

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).

4 Вместо ТПУ может быть установлен компакт-провер.

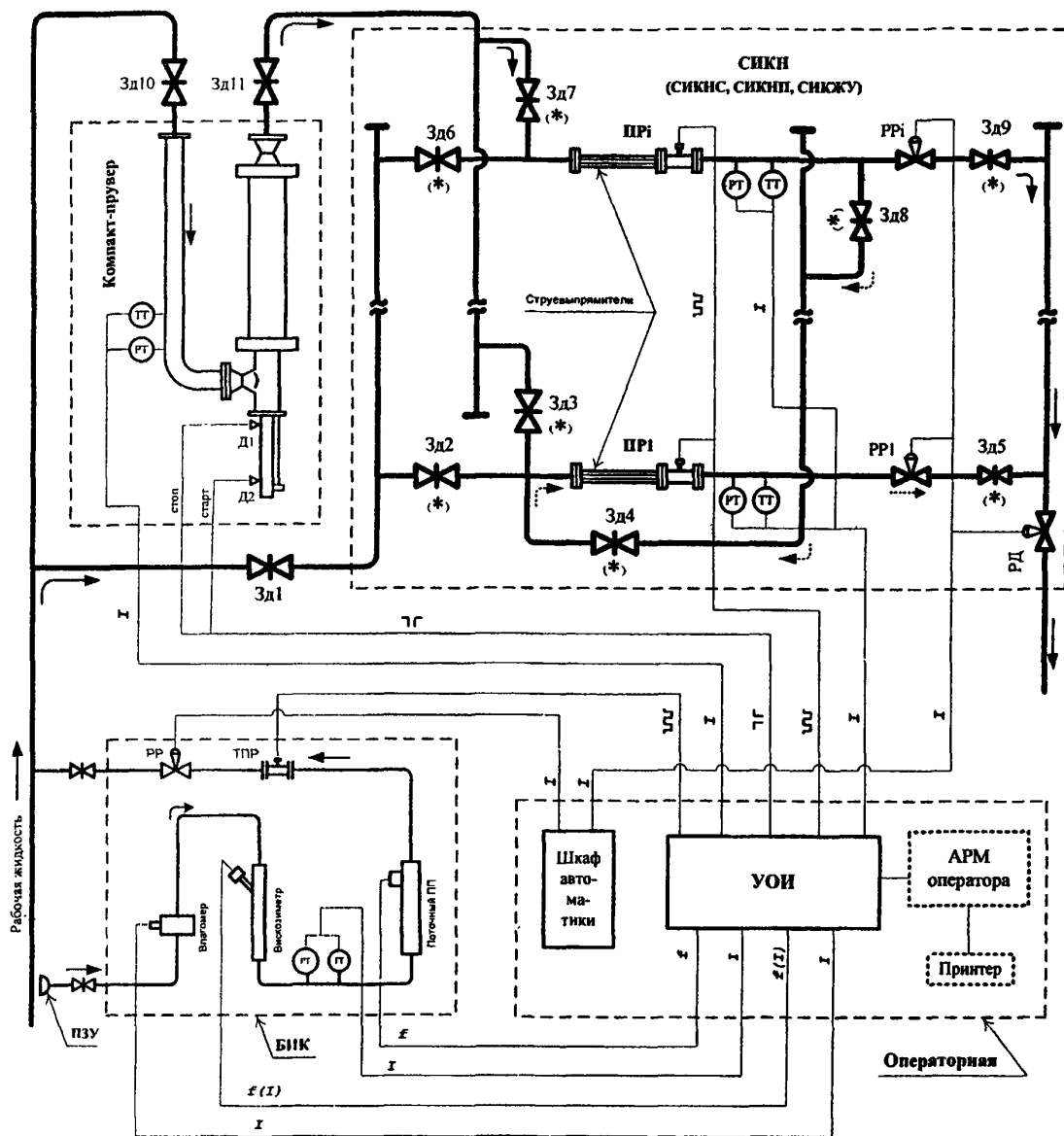


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая и электрическая схема соединений средств поверки при расположении ПУ до поверяемого преобразователя

РТ - преобразователь избыточного давления; ТТ - датчик температуры; Д1, Д2 – оптические детекторы компакт-прувера; ПЗУ - пробозаборное устройство; РР1÷РРi, РР - регуляторы расхода; РД - регулятор давления; 3д2÷3д9 - задвижки или шаровые краны; 3д1, 3д10 и 3д11 - задвижки.

Примечания

- 1 Остальные средства измерений и технологическое оборудование, установленные (устанавливаемые) на ИЛ, на компакт-прувере и в БНК на рисунке условно не показаны.
- 2 Задвижки (шаровые краны), обозначенные (*): с гарантированным перекрытием потока и устройствами контроля отсутствия протечек.
- 3 Вместо компакт-прувера может быть установлена ТПУ.

или шаровые краны [далее – задвижка(и)] Зд1, Зд3, Зд4, Зд8, Зд9, Зд10, Зд12 открыты, задвижки Зд2, Зд5, Зд6, Зд7, Зд11 закрыты;

б) если ПУ расположена до поверяемого преобразователя (рисунок 2): задвижки Зд10, Зд11, Зд7, Зд8, Зд4, Зд5 открыты, задвижки Зд6, Зд9, Зд2, Зд3 закрыты.

П р и м е ч а н и е – Вариант 1 применяют для измерений количества рабочей жидкости (м^3), проходящей через технологическую поверочную схему при поверке ПР.

Вариант 2. В составе СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ) резервно-контрольный преобразователь отсутствует или его (при наличии) не применяют для измерений согласно примечанию к *варианту 1*. При этом:

а) если ПУ расположена после поверяемого преобразователя (рисунок 1): задвижки Зд1, Зд3, Зд5, Зд9, Зд10, Зд12 открыты, задвижки Зд2, Зд4, Зд6, Зд7, Зд8, Зд11 закрыты.

б) если ПУ расположена до поверяемого преобразователя (рисунок 2): задвижки Зд10, Зд11, Зд7, Зд9 открыты, задвижки Зд2, Зд3, Зд4, Зд5, Зд6, Зд8 закрыты.

7.3 Технологические переключения по 7.2 проводят с соблюдением требований «Инструкции по эксплуатации СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ)».

7.4 Проверяют закрытое положение (при необходимости закрывают) дренажных и воздушных вентилей (кранов), установленных на СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ) и ПУ (при необходимости и в БИК).

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

7.6 Проверяют отсутствие протечек рабочей жидкости через затворы задвижек, на рисунках 1 и 2 обозначенных знаком (*), дренажных и воздушных вентилей (кранов) при их закрытом положении. При отсутствии возможности такой проверки или установлении наличия протечек во фланцевые соединения устанавливают металлические заглушки.

7.7 Проверяют отсутствие протечек рабочей жидкости через узел переключения направления потока (четырёхходовой кран) ТПУ и минуя поршень компакт-прувера согласно эксплуатационным документам. Для двунаправленных ТПУ проверку проводят в обоих (прямом и обратном) направлениях движения шарового поршня.

7.8 При необходимости устанавливают (монтируют) остальные средства поверки,

выполняют необходимые электрические соединения согласно рисунку 1 или 2, проверяют правильность соединений.

Примечания к 7.8

1 При применении схемы подключения по варианту 1 (п. 7.2) и применении в качестве УОИ отдельного контроллера-вычислителя выходной сигнал поверяемого преобразователя подключают к контроллеру-вычислителю.

2 Отдельный контроллер-вычислитель, используемый в качестве средства поверки, при наличии технической возможности подключают к АРМ оператора (при его наличии и соответствии условию 4.2.9), используя соответствующий интерфейс.

7.9 При отсутствии УОИ, соответствующего 4.2.4.5, и при применении ТПУ (только) проводят подключение частотомера и счетчика импульсов согласно рисунку Д1 приложения Д.

7.10 Проверяют отсутствие газа (воздуха) в технологической схеме поверки. Устанавливают расход жидкости в пределах рабочего диапазона, проводят несколько пусков поршня ПУ. Открывая (приоткрывая) воздушные краны (вентили), расположенные на ПУ и верхних точках технологической схемы, проверяют наличие газа (воздуха). Считают, что газ (воздух) в технологической схеме отсутствует, если из открытых (приоткрытых) кранов (вентилей) вытекает струя рабочей жидкости без пузырьков воздуха или газа.

Примечание – При поверке преобразователя на жидких нестабильных углеводородах (согласно СТО ГАЗПРОМ 5.9) проверку отсутствия газа в технологической схеме не проводят.

7.11 Проверяют стабилизацию температуры рабочей жидкости, для чего при любом расходе проводят несколько последовательных пусков поршня ПУ. Температуру жидкости считают стабильной, если ее изменение в технологической схеме за период одного измерения (согласно 3.1.1) не превышает 0,2 °С.

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

7.13 В память УОИ вводят исходные данные согласно протоколу поверки (приложение А) или проверяют достоверность ранее введенных.

Примечание к 7.13 – При вводе исходных данных следует учитывать исполнение компакт-прувера (см. п. 3.1.4 или 3.1.5) и его расположение по отношению к поверяемому преобразователю.

7.14 В АРМ оператора (при его наличии и соответствии условию 4.2.9) вводят необходимые исходные данные, если АРМ оператора используют для автоматической обработки результатов измерений и формирования протокола поверки.

7.15 При отсутствии поточных анализаторов (ПП и преобразователя вязкости – только в составе СИКН и СИКНС, преобразователя влагосодержания – только в составе СИКНС) отбирают точечную пробу с соблюдением требований ГОСТ 2517 (в момент отбора пробы измеряют температуру рабочей жидкости), далее определяют в лабораторных условиях:

а) плотность и приводят к рабочим условиям в ПУ по:

- Р 50.2.075 и Р 50.2.076 для нефти и нефтепродуктов;

- СТО ГАЗПРОМ 5.9 для жидких углеводородов.

б) значения коэффициентов объемного расширения ($\beta, ^\circ\text{C}^{-1}$) и сжимаемости (γ , МПа $^{-1}$) жидкости согласно приложению Б с учетом измеренных значений плотности и температуры рабочей жидкости;

в) вязкость нефти или сырой нефти (и только) по ГОСТ 33 при температуре рабочей жидкости в поверяемом преобразователе (ν , сСт);

П р и м е ч а н и е – Вязкость определяют также в конце поверки преобразователя.

г) объемную долю воды в сырой нефти (и только) по ГОСТ 2477 (W, % об.).

7.16 Значения параметров (в зависимости от типа рабочей жидкости), определенных по 7.15, записывают в протокол поверки.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре поверяемого преобразователя устанавливают:

- соответствие его комплектности перечню, указанному в заводской (фирменной) эксплуатационной документации (формуляр, паспорт);

- отсутствие механических повреждений, препятствующих его применению, дефектов покрытий, ухудшающих его внешний вид [включая преобразователь сигналов (магнитно-индукционный датчик)];

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

- целостность герметичности кабельного ввода в преобразователь сигналов, отсутствие видимых повреждений контрольного(ых) кабеля(ей);

- целостность провода, заземляющего преобразователь сигналов (преобразователь).

8.2. Опробование

8.2.1 Устанавливают любое значение расхода в пределах рабочего диапазона (для компакт-прувера рекомендуется устанавливать минимальное значение расхода) и проводят пробное(ые) измерение(я). При прохождении поршня ПУ через стартовый детектор должен начаться отсчет количества импульсов поверяемого преобразователя, при прохождении стопового детектора - прекратиться.

8.2.2 При применении двунаправленной ТПУ должно проводиться суммирование количества импульсов поверяемого преобразователя при прямом и обратном направлениях движения поршня.

При применении компакт-прувера должно проводиться вычисление средних арифметических значений за серию проходов поршня:

- количества импульсов преобразователя, температуры и давления рабочей жидкости в преобразователе и компакт-прувере, плотности рабочей жидкости, вязкости нефти (в т.ч. сырой), содержания воды в сырой нефти.

Результаты вычислений по 8.2.2. наблюдают на дисплее УОИ (АРМ оператора).

8.2.3 Проверяют индикацию на дисплее УОИ (или на мониторе АРМ оператора) текущих значений:

- количества импульсов, выдаваемых поверяемым преобразователем (имп), плотности рабочей жидкости (кг/м^3), вязкости - только для нефти, в т.ч. для сырой (сСт), объемной доли воды - только для сырой нефти (% об. долей);

- температуры ($^{\circ}\text{C}$) и давления (МПа) рабочей жидкости в поверяемом преобразователе и ПУ;

8.3. Определение метрологических характеристик

8.3.1 Метрологические характеристики преобразователя и его градуировочную характеристику определяют при крайних значениях рабочего диапазона и значениях, выбранных внутри него.

8.3.2 При выборе количества точек внутри рабочего диапазона (разбиении рабочего диапазона на поддиапазоны) и размаха (величины) каждого конкретного поддиапазона расхода учитывают (размахи поддиапазонов могут быть разными):

- технические возможности СОИ, которой оснащена СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ);

- крутизну ГХ поверяемого преобразователя [согласно заводской (фирменной) технической документации или результатам предыдущей поверки];

- величину рабочего диапазона;

- вид реализации ГХ поверяемого преобразователя в СОИ, которой оснащена СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ) согласно 9.2.

8.3.3 Устанавливают требуемое значение поверочного расхода, начиная от нижнего предела рабочего диапазона (Q_{min} , м³/ч) в сторону увеличения или от Q_{max} (м³/ч) в сторону уменьшения.

Требуемый поверочный расход в каждой j -й точке устанавливают (Q_j^{nos} , м³/ч) и контролируют при движении поршня ПУ по 8.3.3.1 или 8.3.3.2 в зависимости от варианта подключения поверяемого преобразователя (см. 7.2).

П р и м е ч а н и е - Расход Q_j^{nos} (м³/ч) допускается устанавливать по приложению В, используя результаты измерений поверяемого преобразователя.

8.3.3.1 Преобразователь подключают по *варианту 1*. Расход Q_j^{nos} устанавливают, используя результаты измерений резервно-контрольного преобразователя (м³/ч).

8.3.3.2 Преобразователь подключают по *варианту 2*. После каждого прохода поршня ПУ проверяют значение расхода Q_j^{nos} по формуле

$$Q_j^{nos} = \frac{V_{npj}^{py} \times 3600}{T_{ij}}, \quad (2)$$

где V_{npj}^{py} - вместимость калиброванного участка ПУ, приведенная к рабочим условиям в ПУ при i -м измерении при установлении поверочного расхода в j -й точке, м³.

Определяют по формуле (3а) или (3б);

T_{ij} - время прохождения поршнем ПУ его калиброванного участка при i -м измерении при установлении поверочного расхода в j -й точке, с.

П р и м е ч а н и я

1 При применении компакт-прувера за время T_{ij} рекомендуется принимать среднее арифметическое значение времени ($\bar{T}_{ij}$, с) за i -ю серию проходов поршня при установлении поверочного расхода в j -й точке.

2 Вместимость калиброванного участка компакт-прувера следует выбирать, принимая во внимание примечание к 7.13.

8.3.3.3 Значение расхода Q_j^{nos} допускается определять по формуле (2а), используя вместимость калиброванного участка ПУ, определенную для стандартных условий V_o ($V_o = V_o^{тпв}$ или $V_o = V_o^{кп}$, м³) – из действующего свидетельства о поверке

$$Q_j^{nos} = \frac{V_o \times 3600}{T_{ij}} \quad (2a)$$

8.3.3.4 Вместимость $V_{пр ij}^{ny}$ определяют:

а) для ТПУ по формуле

$$V_{пр ij}^{ny} = V_o^{ny} \times \left[1 + 3\alpha_i^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{0,95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right); \quad (3a)$$

б) для компакт-прувера по формуле

$$V_{пр ij}^{ny} = V_o^{ny} \times \left[1 + 2\alpha_i^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) + \alpha_i^{cm} \times (\bar{t}_{ij}^{cm} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{0,95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right), \quad (3б)$$

Внимание! До определения вместимости калиброванного участка ПУ (как ТПУ, так и компакт-прувера) импортной поставки 2009 года и позднее следует ознакомиться с заводской документацией на ПУ, в первую очередь с протоколом (сертификатом) заводской калибровки ПУ.

Если при вычислениях вместимости калиброванного участка заводом (фирмой) - изготовителем использован диаметр калиброванного участка (D) без коэффициента «0,95», то в формулах (3а) и (3б), далее и в формулах (6а), (6б), (6в) и (6г) D следует применять с коэффициентом, равным «1».

где α_i^{ny} - коэффициент линейного расширения материала стенок ПУ, °C⁻¹ (значение берут из таблицы Г.1 приложения Г);

$\bar{t}_{ij}^{ny}$ - средняя температура рабочей жидкости в ПУ за i -ое измерение при установлении поверочного расхода в j -й точке, °C (см. примечание к 8.3.3.4);

D - внутренний диаметр калиброванного участка ПУ, мм (из технического описания или паспорта);

s - толщина стенок калиброванного участка ТПУ или компакт-прувера, мм (из технического описания или паспорта);

E - модуль упругости материала стенок калиброванного участка ТПУ или компакт-прувера, МПа (значение согласно таблице Г.1 приложения Г);

$\bar{P}_{ij}^{ny}$ - среднее давление рабочей жидкости в ТПУ или компакт-прувере за i -ое измерение при установлении поверочного расхода в j -й точке, МПа (см. примечание к 8.3.3.4);

α_i^{cm} - коэффициент линейного расширения материала стержня компакт-прувера, на котором установлены оптические сигнализаторы (детекторы), °C⁻¹ (значение берут из таблицы Г.1 приложения Г);

$\bar{t}_{ij}^{cm}$ - средняя температура стержня компакт-прувера, на котором установлены оптические сигнализаторы (детекторы), за i -ю серию проходов поршня при установлении поверочного расхода в j -й точке, °С (см. примечание к 8.3.3.4).

П р и м е ч а н и я к 8.3.3.4 - Средние значения температуры и давления вычисляют:

1 Для ТПУ для каждого прохода поршня по алгоритму: $\bar{a} = 0,5 \times (a_{ex} + a_{vkh})$,

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

a_{ex} и a_{vkh} - значения параметров (t , °С или P , МПа), измеренные соответствующими средствами измерений, установленными на входе и выходе ТПУ.

2 Для компакт-прувера для каждой серии проходов поршня по алгоритму: $\bar{a} = \frac{\sum_{k=1}^l a_{kij}}{l}$,

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

$\bar{a}_{kij}$ - значение параметра (t_{kij}^{kp} , или P_{kij}^{kp} , или t_{kij}^{cm}), измеренное за каждый k -й (единичный)

проход поршня компакт-прувера в i -й серии при установлении расхода в j -й точке;

l - количество единичных проходов поршня компакт-прувера в i -й серии при установлении расхода в j -й точке.

8.3.3.5 При необходимости корректируют поверочный расход. Отклонение установленного поверочного расхода от требуемого (задаваемого) значения: не более 2,0 %.

8.3.4 При поверке преобразователя, эксплуатируемого в составе СИКНС, дополнительно рекомендуется проводить контроль значения расхода через БИК (Q_j^{BIK} , м³/ч). Требуемое значение расхода ($Q_{j\text{треб}}^{BIK}$) определяют для каждой точки поверочного расхода по формуле

$$Q_{j\text{треб}}^{BIK} = Q_j^{нов} \times \frac{S_{пзу}}{S_{тр}}, \quad (4)$$

где $S_{пзу}$ - суммарная площадь поперечного сечения входных отверстий пробозаборного устройства (далее – ПЗУ), мм²;

$S_{тр}$ - площадь поперечного сечения трубопровода в месте установки ПЗУ, мм².

При необходимости корректируют расход через БИК. Допускают отклонение значения Q_j^{BIK} от значения $Q_{j\text{треб}}^{BIK}$ на $\pm 5,0$ %.

8.3.5 После установления поверочного расхода и стабилизации температуры рабочей жидкости (для СИКНС - также расхода через БИК) проводят серию измерений, последовательно запуская поршень ПУ.

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

Примечания к 8.3.5

1 При применении компакт-прувера устанавливают количество единичных проходов поршня (l_{ij}) для каждой i -й серии проходов (i -го измерения) в j -й точке. Принимают: $5 \leq l_{ij} \leq 20$.

2 Если СИКН имеет СОИ, реализующую ГХ преобразователя в виде кусочно-параболической аппроксимации зависимости коэффициента преобразования ($K_{пр}$) от отношения f/v и позволяющую разбивать рабочий диапазон на четыре поддиапазона (зоны), для сокращения числа измерений допускается в каждой точке рабочего диапазона для рабочих преобразователя проводить не менее четырех измерений.

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

- а) количество импульсов, выдаваемых поверяемым преобразователем (N_{ij} , имп);
- б) время движения поршня ПУ за период одного измерения (T_{ij} , с);
- в) значение поверочного расхода, определенное по 8.3.3.1 или 8.3.3.2 (Q_{ij} , м³/ч);
- г) частоту выходного сигнала поверяемого преобразователя (f_{ij} , Гц);
- д) температуру ($t_{ij}^{пр}$, °С) и давление ($P_{ij}^{пр}$, МПа) в преобразователе;
- е) средние значения температуры ($\bar{t}_{ij}^{пв}$, °С) и давления ($\bar{P}_{ij}^{пв}$, МПа) рабочей жидкости в ПУ, определяемые по алгоритмам согласно примечанию к 8.3.3.4 в зависимости от типа применяемой ПУ (ТПУ или компакт-прувер);
- ж) среднюю температуру стержня, где установлены оптические переключатели – детекторы ($\bar{t}_{ij}^{см}$, °С) – только при применении компакт-прувера в качестве ПУ;
- и) плотность рабочей жидкости, измеренную поточным ПП (ρ_{ij} , кг/м³);
- к) температуру рабочей жидкости в поточном ПП ($t_{ij}^{пп}$, °С);
- л) давление рабочей жидкости в поточном ПП ($P_{ij}^{пп}$);
- м) вязкость, измеренную поточным преобразователем вязкости (ν_{ij} , сСт);
- н) объемную долю воды в сырой нефти, измеренную поточным преобразователем влагосодержания (W_{vij} , % об. долей).

Примечания к 8.3.6

1 За среднюю температуру стержня компакт-прувера $\bar{t}_{ij}^{см}$ [перечисление ж)] допускается принимать температуру окружающего воздуха.

2 Вязкость [перечисление м)] определяют только для нефти (в т.ч. и для сырой) и высоковязких нефтепродуктов, объемную долю воды [перечисление н)] – только для сырой нефти.

3 При применении компакт-прувера за каждую i -ю серию проходов поршня определяют среднее арифметическое значение каждого из параметров, перечисленных в а) + д), и) + н), по алгоритму, изложенному в перечислении 2 примечаний к 8.3.3.4 ($\bar{N}_{ij}$, $\bar{T}_{ij}$, $\bar{Q}_{ij}$ и т. д.).

4 При применении ТПУ и отсутствии УОИ, соответствующего требованиям 4.2.4.5, количество импульсов N_{ij} определяют с долями периода согласно приложению Д.

5 При применении ТПУ с двумя парами детекторов (ТПУ имеет два калиброванных объема: V_{1-3-1} и V_{2-4-2}) и при наличии в УОИ (или АРМ оператора) алгоритмов для одновременной обработки информации, связанной с этими объемами, за один проход поршня проводят отсчет результатов за два измерения.

6 Если СОИ СИКН или СИКНС обеспечивает автоматическую коррекцию K_{np} от изменения отношения выходной частоты преобразователя (или текущего расхода) к вязкости (см. примечание 2 к этому подпункту) $[K_{np} = F(f/\nu)]$, то для каждого измерения рекомендуется определять значение отношения f/ν .

9 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение коэффициента(ов) преобразования рабочего преобразователя и оценивание СКО

9.1.1 Для каждого i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона определяют (вычисляют) коэффициент преобразования преобразователя (K_{ij} , имп/м³) по формуле

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{V_{ij}^{ny}}, \quad (5)$$

где V_{ij}^{ny} - объем рабочей жидкости, прошедшей через калиброванный участок ПУ (следовательно, и через поверяемый преобразователь) за время i -го измерения в j -й точке и приведенный к рабочим условиям в преобразователе, м³. Определяют по 9.1.1.1, или 9.1.1.2, или 9.1.1.3.

Внимание! При определении V_{ij}^{ny} по 9.1.1.1, 9.1.1.2 или 9.1.1.3 следует руководствоваться напоминанием к подпункту 8.3.3.4 настоящей методики.

9.1.1.1 Если в качестве ПУ применяют ТПУ, объем жидкости V_{ij}^{ny} определяют по формуле

$$V_{ij}^{ny} = V_0^{ny} \times \left[1 + 3\alpha_i^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{0,95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right) \times \frac{CTL_{ij}^{ny} \times CPL_{ij}^{ny}}{CTL_{ij}^{np} \times CPL_{ij}^{np}}, \quad (6a)$$

9.1.1.2 Если в качестве ПУ применяют компакт-прувер, объем жидкости V_{ij}^{ny} определяют по формуле:

$$V_{ij}^{ny} = V_0^{ny} \times \left[1 + 2\alpha_i^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) + \alpha_i^{cm} \times (\bar{t}_{ij}^{cm} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right) \times \frac{CTL_{ij}^{ny} \times CPL_{ij}^{ny}}{CTL_{ij}^{np} \times CPL_{ij}^{np}}, \quad (6b)$$

где CTL_{ij}^{ny} , CTL_{ij}^{nr} - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние температуры рабочей жидкости на её объемы, прошедшие через ПУ и преобразователь соответственно за i -е измерение в j -й точке расхода. Определяют (вычисляют) согласно приложению Е.

CPL_{ij}^{ny} , CPL_{ij}^{nr} - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние давления рабочей жидкости на её объемы, прошедшие через ПУ и преобразователь соответственно за i -е измерение в j -й точке расхода. Определяют (вычисляют) согласно приложению Е.

Примечание к 9.1.1.1 и 9.1.1.2 - В формулах (6а) и (6б) остальные обозначения согласно 8.3.3.4. Значения реквизитов в этих формулах соответствуют значениям, отсчитанным (зарегистрированным) за i -е измерение с целью определения параметров ГХ преобразователя в j -й точке расхода.

9.1.1.3 При поверке преобразователя, эксплуатируемого в составе СИКНС и СИКЖУ, объем жидкости V_{ij}^{ny} определяют:

- по формуле (6в), если применяют ТПУ:

$$V_{ij}^{ny} = V_0^{ny} \times \left[1 + 3\alpha_t^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{0,95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right) \times \left[1 + \beta_{жij} \times (\bar{t}_{ij}^{nr} - \bar{t}_{ij}^{ny}) \right] \times \left[1 - \gamma_{жij} \times (\bar{P}_{ij}^{nr} - \bar{P}_{ij}^{ny}) \right]; \quad (6в)$$

- по формуле (6г), если применяют компакт-прувер:

$$V_{ij}^{ny} = V_0^{ny} \times \left[1 + 2\alpha_t^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) + \alpha_t^{cm} \times (\bar{t}_{ij}^{cm} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right) \times \left[1 + \beta_{жij} \times (\bar{t}_{ij}^{nr} - \bar{t}_{ij}^{ny}) \right] \times \left[1 - \gamma_{жij} \times (\bar{P}_{ij}^{nr} - \bar{P}_{ij}^{ny}) \right], \quad (6г)$$

где $\beta_{жij}$ и $\gamma_{жij}$ - коэффициенты объемного расширения ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) и сжимаемости (МПа^{-1}) рабочей жидкости соответственно при i -м измерении в j -й точке расхода.

Значения определяют по приложению Б.

9.1.1.4 Допускается формулы (6в) и (6г) применять вместо формул (6а) и (6б) – при поверке преобразователя в составе СИКН или СИКНП, в основном, введенной в эксплуатацию до ввода в действие настоящей методики.

Примечание к 9.1.1.4 – Решение о переходе на формулы (6а) или (6б) с установкой соответствующих алгоритмов в СОИ существующих СИКН и СИКНП принимает владелец. Время и порядок перехода рекомендуется согласовать с принимающей (сдающей) стороной.

9.1.2 По результатам измерений и вычислений по 9.1.1 определяют значение коэффициента преобразования преобразователя в j -й точке расхода ($\bar{K}_j$, имп/м^3) по формуле

$$\bar{K}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij}, \quad (7)$$

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

П р и м е ч а н и е - Для компакт-прувера (здесь и далее): n_j - количество серий проходов поршня.

9.1.2.1 В случае необходимости [в частности, для СИКН (СИКНП, СИКЖУ, СИКНС), оснащенных преобразователями типа MVTM (фирмы Smith Meter) и измерительно-вычислительным комплексом модели SyberTrol в качестве СОИ], для каждой j -й точки расхода определяют поправочный коэффициент (meter-factor – MF_j) по формуле

$$MF_j = \frac{K_{j\text{эов}}}{\bar{K}_j}, \quad (7a)$$

где $K_{j\text{эов}}$ - значение коэффициента преобразования преобразователя в j -й точке расхода, полученное при калибровке преобразователя фирмой-изготовителем при выпуске из производства и введенное (вводимое) в память СОИ, имп/м³.

9.1.3 Оценивают среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) результатов определений коэффициента преобразования по 9.1.3.1 или 9.1.3.2 - в зависимости от вида реализации ГХ преобразователя.

9.1.3.1 СКО определяют и оценивают для рабочего диапазона (S_θ , %) по формуле

$$S_\theta = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{K_{ij} - \bar{K}_j}{\bar{K}_j} \right)^2}{\sum n_j - 1}} \times 100 \leq 0,02, \quad (8a)$$

если ГХ в СОИ реализуют в виде постоянного (одного) значения коэффициента преобразования (K_θ , имп/м³), где:

m – количество точек разбиения рабочего диапазона;

$\sum n_j$ - суммарное количество измерений в рабочем диапазоне.

9.1.3.2 СКО определяют и оценивают для каждого k -го поддиапазона расхода ($S_{\theta k}$, %) по формуле

$$S_{\theta k} = \sqrt{\frac{\sum_{j=k}^{k+1} \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{K_{ij} - \bar{K}_j}{\bar{K}_j} \right)^2}{(n_j + n_{j+1} - 1)_k}} \times 100 \leq 0,02, \quad (8б)$$

если ГХ в СОИ реализуют в виде:

- кусочно-линейной аппроксимации значений $\bar{K}_j$ (имп/м³);

- постоянных значений коэффициентов преобразований в поддиапазонах расхода (K_{ndk} , имп/м³);
- полинома второй степени зависимости коэффициента преобразования от расхода;
- кусочно-параболической аппроксимации зависимости коэффициента преобразования от отношения f/v .

9.1.4 В случае несоблюдения условия (8а) или (8б) анализируют причины и выявляют промахи. Промахи рекомендуется выявлять по приложению Ж.

Допускают не более одного промаха для каждой точки расхода. В противном случае (2 промаха и более) поверку прекращают.

9.1.5 После исключения промаха (в точке расхода) выполняют одно дополнительное измерение и повторно проводят операции по 9.1.1 ÷ 9.1.3.

9.1.6 При соблюдении условия (8а) или (8б), в т.ч. и после выполнения операций по 9.1.5, проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

9.2 Определение параметров ГХ рабочего преобразователя

9.2.1 При реализации ГХ в виде постоянного коэффициента преобразования в рабочем диапазоне (K_o , имп/м³), значение коэффициента (для всего рабочего диапазона) вычисляют по формуле

$$K_o = \frac{1}{m} \times \sum_{j=1}^m \bar{K}_j, \quad (9)$$

где m – количество точек разбиения рабочего диапазона.

9.2.2 При реализации ГХ в виде постоянных коэффициентов преобразований в поддиапазонах расхода (K_{ndk} , имп/м³), значения K_{ndk} вычисляют (для каждого k -го поддиапазона) по формуле

$$K_{ndk} = \frac{(\bar{K}_j + \bar{K}_{j+1})_k}{2}, \quad (10)$$

где $\bar{K}_{j+1}$ – коэффициент преобразования преобразователя, определенный в $(j + 1)$ точке расхода по 9.1.2, в формуле (7) вместо индекса j принимают: $(j + 1)$.

9.2.3 Если ГХ реализуют в виде одного из перечисленных ниже функций:

- кусочно-линейной аппроксимации [$\bar{K}_j = F(Q_j)$],
- полинома второй степени зависимости коэффициента преобразования от расхода,
- кусочно-параболической аппроксимации [$K_k = A_k \times lg^2(f/v)_j + B_k \times lg(f/v)_j + C_k$],

то определяют коэффициенты преобразований для каждой точки по 9.1.2 ($\bar{K}_j$, имп/м³).

Примечания к 9.2.3

1 По первому перечислению: по введенным в память СОО значениям $\bar{K}_j$ и измеренным текущим значениям расхода рабочей жидкости СОО автоматически определяет текущее значение коэффициента преобразования преобразователя в текущей точке расхода k -го поддиапазона, используемого для вычислений объема рабочей жидкости.

2 По второму перечислению: по введенным в память СОО значениям $\bar{K}_j$ и измеренным текущим значениям расхода рабочей жидкости СОО автоматически определяет коэффициенты полинома и текущее значение коэффициента преобразования преобразователя в текущей точке расхода, используемого для вычислений объема рабочей жидкости.

3 По третьему перечислению: СОО, применяемая в составе СИКН (и применяемая для поверки), во время поверки преобразователя вычисляет коэффициенты парабол A_k , B_k и C_k для каждого k -го поддиапазона в зависимости от значений $\bar{K}_j$ ($\bar{K}_{j+1}$) и $\lg(f/\nu)$. Для измерений объема нефти СОО определяет текущее значение коэффициента преобразования преобразователя в зависимости от f/ν , используя полином второй степени, указанный в перечислении.

9.3 Определение погрешностей рабочего преобразователя

9.3.1 Относительную погрешность рабочего преобразователя и составляющие относительной погрешности (случайную и систематическую составляющие) определяют при доверительной вероятности $P = 0,95$.

9.3.2 Определение случайной составляющей погрешности

В зависимости от вида реализации ГХ случайную составляющую погрешности преобразователя (ε_o или ε_{nok} , %) определяют:

а) для диапазона расхода по формуле

$$\varepsilon_o = t_{(P,n)} \times S_o, \quad (11a)$$

если ГХ реализуют в виде постоянного коэффициента преобразования по 9.2.1;

б) для каждого k -го поддиапазона расхода по формуле

$$\varepsilon_{nok} = t_{(P,n)} \times S_{nok}; \quad (11б)$$

если ГХ реализуют по 9.2.2 и в виде одного из функций, перечисленных в 9.2.3,

где S_o - значение СКО, определенное по 9.1.3.1 [формула (8a)];

S_{nok} - значение СКО, определенное по 9.1.3.2 [формула (8б)];

$t_{(P,n)}$ - квантиль распределения Стьюдента, зависящий от доверительной вероятности

P и количества измерений n [для случая а): $n = \sum n_j$; для случая б): $n = n_j + n_{j+1}$];

значение $t_{(P,n)}$ определяют из таблицы Ж.2 приложения Ж.

9.3.3 Определение систематической составляющей погрешности

9.3.3.1 Систематическую составляющую погрешности ($\theta_{\Sigma\delta}$, $\theta_{\Sigma\delta k}$, %) в зависимости от вида реализации ГХ преобразователя в СОИ определяют:

а) по формуле
$$\theta_{\Sigma\delta} = 1,1 \times \sqrt{(\delta_{\text{пу}})^2 + (\delta_{\text{сои}}^{(K)})^2 + (\theta_t)^2 + (\theta_{\text{ао}})^2}, \quad (12a)$$

если ГХ реализуют по 9.2.1;

б) по формуле
$$\theta_{\Sigma\delta k} = 1,1 \times \sqrt{(\delta_{\text{пу}})^2 + (\delta_{\text{сои}}^{(K)})^2 + (\theta_t)^2 + (\theta_{\text{ао}k})^2}, \quad (12б)$$

если ГХ реализуют по 9.2.2 или 9.2.3,

где $\delta_{\text{пу}}$ - пределы допускаемой относительной погрешности ПУ согласно описанию типа (или из действующего свидетельства о поверке), %;

$\delta_{\text{сои}}^{(K)}$ - пределы допускаемой относительной погрешности СОИ при вычислениях коэффициента преобразований преобразователя (из описания типа или действующего свидетельства о поверке), %;

θ_t - составляющая систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры рабочей жидкости в ПУ и поверяемом преобразователе, % (определяют по 9.3.3.2, формула 13);

$\theta_{\text{ао}}$ - составляющая систематической погрешности преобразователя, вызванная аппроксимацией (усреднением) коэффициента преобразования преобразователя в рабочем диапазоне (K_δ , имп/м³), % (определяют по 9.3.3.3, формула 14);

$\theta_{\text{ао}k}$ - составляющая систематической погрешности, вызванная аппроксимацией коэффициента преобразования преобразователя в k -м поддиапазоне расхода ($K_{\text{п} \delta k}$, имп/м³), % (определяют по 9.3.3.4, формула 15а или 15б).

9.3.3.2 Составляющую систематической погрешности θ_t (%) вычисляют по формуле

$$\theta_t = \beta_{\text{max}} \times \sqrt{(\Delta t_{\text{пр}})^2 + (\Delta t_{\text{пу}})^2} \times 100, \quad (13)$$

где β_{max} - максимальное значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости из ряда значений, определенных по приложению Б, °С⁻¹.

$\Delta t_{\text{пр}}$ и $\Delta t_{\text{пу}}$ - пределы допускаемых абсолютных погрешностей датчиков температуры (или термометров), используемых для измерений температуры рабочей жидкости в преобразователе и ПУ соответственно, °С (из описаний типа или действующих свидетельств о поверке).

П р и м е ч а н и е к 9.3.3.2 – Максимальное значение β_{max} выбирают:

- при вычислении $\theta_{\Sigma\delta}$ (реализация ГХ по 9.2.1): из ряда значений, определенных при всех измерениях в рабочем диапазоне (во всех точках расхода);

- при вычислении $\theta_{\Sigma ndk}$ (реализация ГХ по 9.2.2 или 9.2.3): из ряда значений, определенных при всех измерениях в k -м поддиапазоне расхода;

9.3.3.3 Составляющую систематической погрешности преобразователя ($\theta_{a\partial}$, %) вычисляют по формуле

$$\theta_{a\partial} = \max \left| \frac{\bar{K}_j - K_\partial}{K_\partial} \right| \times 100, \quad (14)$$

если ГХ реализуют по 9.2.1 [в виде постоянного (одного) значения коэффициента преобразования в рабочем диапазоне расхода].

9.3.3.4 Составляющую систематической погрешности преобразователя (θ_{andk} , %) вычисляют:

а) по формуле

$$\theta_{andk} = \max \left| \frac{(\bar{K}_j - K_{ndk})_k}{K_{ndk}} \right| \times 100, \quad (15a)$$

если ГХ реализуют по 9.2.2 (в виде постоянных коэффициентов преобразований в поддиапазонах расхода);

б) по формуле

$$\theta_{andk} = 0,5 \times \left| \frac{(\bar{K}_j - \bar{K}_{j+1})_k}{(\bar{K}_j + \bar{K}_{j+1})_k} \right| \times 100, \quad (15б)$$

если ГХ реализуют по одной из функций, перечисленных в 9.2.3.

П р и м е ч а н и е к 9.3.3.4 б) – При реализации ГХ в виде кусочно-параболической аппроксимации (третье перечисление 9.2.3) СОИ (в частности, СОИ фирмы «NICHIMEN») автоматически при проверке преобразователя вычисляет и выводит на дисплей значения θ_{andk} .

9.3.4 Определение относительной погрешности

Относительную погрешность преобразователя в зависимости от вида реализации ГХ (δ_∂ , δ_{ndk} %) определяют:

а) по формуле (16а), если ГХ реализуют по 9.2.1 (в виде постоянного коэффициента преобразования в рабочем диапазоне расхода):

$$\delta_\partial = \begin{cases} Z_{0,95} \times (\theta_{\Sigma\partial} + \varepsilon_\partial), & \text{если } 0,8 \leq \theta_{\Sigma\partial}/S_\partial \leq 8, \\ \theta_{\Sigma\partial}, & \text{если } \theta_{\Sigma\partial}/S_\partial > 8; \end{cases} \quad (16a)$$

б) по формуле (16б), если ГХ реализуют по 9.2.2 (в виде постоянных коэффициентов преобразований в поддиапазонах расхода) и по одной из функций, перечисленных в 9.2.3:

$$\delta_{n\partial k} = \left\{ \begin{array}{ll} Z_{0,95} \times (\theta_{\Sigma n\partial k} + \varepsilon_{n\partial k}), & \text{если } 0,8 \leq \theta_{\Sigma n\partial k} / S_{n\partial k} \leq 8, \\ \theta_{\Sigma n\partial k}, & \text{если } \theta_{\Sigma n\partial k} / S_{n\partial k} > 8, \end{array} \right\} \quad (166)$$

где δ_{∂} - относительная погрешность преобразователя в рабочем диапазоне расхода, %;

$\delta_{n\partial k}$ - относительная погрешность преобразователя в k -м поддиапазоне расхода, %;

$Z_{(P)}$ - коэффициент, зависящий от значения отношения $\theta_{\Sigma \partial} / S_{\partial}$ или $\theta_{\Sigma n\partial k} / S_{n\partial k}$ (при доверительной вероятности $P = 0,95$). Определяют из таблицы Ж.3 приложения Ж.

П р и м е ч а н и е – При реализации ГХ по 9.2.2 при вычислении $\delta_{n\partial k}$ по формуле (166) используют значение $\theta_{\Sigma n\partial k}$, определенное по формуле (15а), при реализации ГХ по одной из функций, перечисленных в 9.2.3 - значение $\theta_{\Sigma n\partial k}$, определенное по формуле (15б).

9.3.5 Допуск преобразователя к дальнейшему применению

9.3.5.1 В зависимости от вида реализации ГХ преобразователя проверяют выполнение условия:

а) в рабочем диапазоне расхода, если ГХ реализуют по 9.2.1, по формуле

$$|\delta_{\partial}| \leq 0,15\%. \quad (17a)$$

б) в каждом поддиапазоне расхода, если ГХ реализуют по 9.2.2 или одной из функций, перечисленных в 9.2.3, по формуле

$$|\delta_{n\partial k}| \leq 0,15\%. \quad (17б)$$

9.3.5.2 Преобразователь к дальнейшему применению допускают, если выполняется:

- условие (17а) при реализации ГХ по 9.2.1;
- условие (17б) во всех поддиапазонах расхода при реализации ГХ по 9.2.2 или по одной из функций, перечисленных в 9.2.3.

9.3.5.3 При невыполнении условия (17а), или (17б) в зависимости от вида реализации ГХ выясняют причины, устраняют их (при возможности) и проводят повторные операции согласно разделам 8 и 9. Рекомендуется:

- увеличить количество измерений в точках расхода;
- уменьшить рабочий диапазон, если ГХ преобразователя реализуют по 9.2.1;
- увеличить количество точек разбиения рабочего диапазона (уменьшить поддиапазоны расхода), если ГХ преобразователя реализуют по 9.2.2 или по одной из функций по 9.2.3.

9.4 Определение МХ и обработка результатов измерений для контрольного преобразователя

9.4.1 В качестве контрольного используют резервно-контрольный (или контрольный) преобразователь, если он предусмотрен проектом СИКН (СИКНП, СИКНС, СИКЖУ), и если действующими нормативными документами предусмотрен периодический контроль МХ рабочих преобразователей по контрольному.

9.4.2 Для проверки контрольного преобразователя применяют ПУ 1-го разряда.

9.4.3 Проверяют соответствие условий, изложенных в разделах 4 и 5, проводят операции по разделу 6, 7 и п.п. 8.1 и 8.2 для контрольного преобразователя, после чего определяют его МХ.

9.4.4 МХ определяют в тех точках расхода, в которых определены МХ рабочего(их) преобразователя(ей). Допускается отклонение расхода на 5,0 % (не более).

9.4.5 Проводят операции по 8.3.3 (8.3.3.1 ÷ 8.3.3.5) ÷ 8.3.6 применительно к контрольному преобразователю.

Количество измерений в каждой j -й точке расхода (n_j): не менее 7-ми.

9.4.6 Проводят обработку результатов измерений, полученных по 9.4.5.

9.4.6.1 Определяют коэффициенты преобразований, проводя операции по 9.1.1 (9.1.1.1 ÷ 9.1.1.3) и 9.1.2 применительно к контрольному преобразователю.

9.4.6.2 Оценивают СКО в каждой j -й точке расхода ($S_j^{кон}$, %) по формуле

$$S_j^{кон} = \frac{1}{\bar{K}_j} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ij} - \bar{K}_j)^2}{n_j - 1}} \times 100 \leq 0,02. \quad (18)$$

9.4.6.3 Относительную погрешность контрольного преобразователя и составляющие относительной погрешности (случайную и систематическую составляющие) определяют при доверительной вероятности $P = 0,95$.

9.4.6.4 Определяют случайную составляющую погрешности контрольного преобразователя в точках расхода ($\varepsilon_j^{кон}$, %) по формуле

$$\varepsilon_j^{кон} = t_{(P,n)} \times S_j^{кон}, \quad (19)$$

где $S_j^{кон}$ - значение СКО, определенное по 9.4.6.2 [формула (18)].

9.4.6.5 Определяют систематическую составляющую погрешности контрольного преобразователя в точках расхода ($\theta_{\varepsilon_j}^{кон}$, %) по формуле

$$\theta_{\Sigma j}^{кон} = 1,1 \times \sqrt{(\delta_{\Sigma j}^{кон})^2 + (\delta_{\Sigma j}^{(K)})^2 + (\theta_j)^2} \quad (20)$$

Примечание – θ_j для использования в формуле (20) вычисляют по формуле (13), при этом максимальное значение β_{max} выбирают из ряда значений, определенных при измерениях в точке расхода для определения МХ контрольного преобразователя.

9.4.6.6. Определяют относительную погрешность контрольного преобразователя в точках расхода ($\delta_j^{кон}$, %) по формуле

$$\delta_j^{кон} = \begin{cases} Z_{(j)} \times (\theta_{\Sigma j}^{кон} + \varepsilon_j), & \text{если } 0,8 \leq \theta_{\Sigma j}/S_j \leq 8, \\ \theta_{\Sigma j}, & \text{если } \theta_{\Sigma j}/S_j > 8, \end{cases} \quad (21)$$

9.4.7 Проверяют выполнение условия:

$$|\delta_j^{кон}| \leq 0,10 \%. \quad (22)$$

9.4.8 Преобразователь к дальнейшему применению в качестве контрольного допускают, если выполняется условие (22) во всех точках расхода.

9.4.9 В случае невыполнения условия (22) преобразователь к дальнейшему применению в качестве контрольного не допускают.

В этом случае преобразователь к дальнейшему применению допускают в качестве рабочего, если выполняется условие (17а) или (17б) – по договоренности сдающей и принимающей сторон.

9.4.10 Поверку резервно-контрольного преобразователя, если его не применяют в качестве контрольного, проводят по настоящей методике, исключив операции по 9.4.

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, рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А. Один экземпляр протокола, подписанного поверителем и закреплённого оттиском личного поверительного клейма поверителя по ПР 50.2.007, прилагают к свидетельству о поверке, как обязательное приложение.

10.3 На лицевой стороне свидетельства делают записи согласно ПР 50.2.006 с указанием модели (типа) и зав. № преобразователя, кому (с указанием его ИНН) принадлежит преобразователь.

10.4 На оборотной стороне свидетельства записывают, что преобразователь типа

(модели) _____ допущен к применению в качестве *(делают одну из записей)*:

- рабочего с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,15\%$ - *для рабочего преобразователя, если выполняется условие (17а) или (17б);*

- резервно-контрольного с функциями рабочего с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,15\%$ и с функциями контрольного с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,10\%$ - *только для резервно-контрольного преобразователя, если выполняется условие (17а) или (17б) и (22);*

10.5 Если для резервно-контрольного преобразователя выполняется условие (17а) или (17б) в зависимости от вида реализации ГХ и не выполняется условие (22), то на оборотной стороне свидетельства записывают:

- преобразователь расхода модели или типа _____, зав. № _____ признан годным и допущен к применению в качестве рабочего с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,15\%$ и не допущен к применению в качестве контрольного.

10.6 На оборотной стороне свидетельства также записывают:

- преобразователь поверен в рабочем диапазоне расхода: (____ ÷ ____) м³/ч;

- ГХ реализована _____
записывают вид реализации согласно 9.2.1, или 9.2.2, или 9.2.3.

- диапазон изменения вязкости при поверке: (____ ÷ ____) сСт – *только для нефти, в т.ч. для сырой и высоковязких нефтепродуктов;*

- диапазон изменения объемного содержания воды в нефти при поверке: (____ ÷ ____) % об. долей – *только для сырой нефти.*

10.7 Для СОИ, реализующих ГХ в виде кусочно-параболической аппроксимации (третье перечисление к 9.2.3), к протоколу поверки в качестве обязательного приложения прикладывают распечатку(и) со значениями коэффициентов A_k , B_k , C_k , вычисленных СОИ (УОИ) во время поверки для всех поддиапазонов, и значениями f/v , соответствующими граничным точкам поддиапазонов.

10.8 В память СОИ, входящего в состав СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ), устанавливают значение(я) коэффициента(ов) преобразования, учитывая вид реализации ГХ и инструкцию по эксплуатации СОИ.

10.9 Для случая подпункта 9.1.2.1: при очередной (внеочередной) поверке значения заводских коэффициентов преобразования $K_{j\text{ зав}}$, установленные в памяти СОИ SyberTrol не меняют. В память СОИ SyberTrol вводят значения поправочных коэффициентов MF_j , полученные при поверке для каждой j -й точки расхода.

Примечание – При первичной поверке преобразователя на месте эксплуатации в составе СИКН (СИКП, СИКЖУ, СИКНС) в память СОИ SyberTool вводят значения как поправочных коэффициентов MF_j , так и значения $K_{зад}$.

10.10 Проводят установку пломб на преобразователь и СОИ по МИ 3002, на пломбы наносят оттиски поверительных(ого) клейм(а). Пломба, несущая оттиск поверительного клейма, должна исключить возможность несанкционированного доступа в СОИ и несанкционированного изменения коэффициента(ов) преобразования, введенного(ых) в СОИ.

10.11 При отрицательных результатах поверки ($|\delta_o| > 0,15 \%$ или $|\delta_{нок}| > 0,15 \%$) преобразователь к дальнейшему применению не допускают. Свидетельство о поверке (если срок действия его не просрочен) аннулируют, гасят оттиск(и) поверительного клейма и оформляют извещение о непригодности преобразователя к дальнейшему применению в установленном порядке с указанием причин(ы) непригодности.

11 ТОЧНОСТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЙ В ПРОТОКОЛЕ ПОВЕРКИ

11.1 Значения расхода ($\text{м}^3/\text{ч}$) записывают после округления до одного знака после запятой.

11.2 Количество импульсов (N , имп) измеряют и записывают с двумя знаками после запятой (т.е. с долями периодов), если $N \leq 10\,000$. При $N > 10\,000$ допускается значение N записывать без долей периодов.

11.3 Значения давления (МПа) и температуры ($^{\circ}\text{C}$) рабочей жидкости записывают после округления до двух знаков после запятой.

11.4 Объемы рабочей жидкости, измеренные ПУ, (значения вместимостей калиброванного участка ПУ), м^3 записывают после округления до шести значащих цифр.

11.5 Значения плотности рабочей жидкости ($\text{кг}/\text{м}^3$) записывают после округления до пяти значащих цифр.

11.6 Вязкость записывают после округления её значения до одного знака после запятой - только для нефти, в т.ч. для сырой и для высоковязких нефтепродуктов.

11.7 Содержание воды (% объемных долей) записывают после округления его значения до одного знака после запятой – только для сырой нефти.

11.8 Коэффициент(ы) преобразования преобразователя (имп/м³) записывают после округления его (их) значения(й), исходя от количества знаков, вводимых в память СОИ, используемой в составе СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ).

11.9 Поправочные коэффициенты MF ; записывают в протокол и вводят в память СОИ SyberTrol после округления их значений до четвертого знака после запятой.

11.10 Значения СКО (%) и погрешностей (%) записывают после округления до трех знаков после запятой.

Приложение А

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____
преобразователя объемного расхода модели (типа) _____ по МИ 3380 - 2012

Место проведения поверки _____
наименование объекта (ПСП, НСП) и наименование владельца объекта

Поверяемый преобразователь: тип (модель) _____, DN _____ мм, PN _____ МПа, зав. № _____,
установлен на _____, ИЛ № _____, Рабочая жидкость _____
СИКН (СИКНС, СИКНП, СИКЖУ)

ПУ: _____, разряд _____, зав. № _____, PN _____ МПа, дата поверки _____
ТПУ (станцион. или моб.) или компакт-првер. тип

Таблица 1 – исходные данные

Поверочной установки (ПУ)									СОИ	Преобразователя
Детекторы ПУ	$V_0^{пу}, м^3$	$\delta_{пу}, \%$	$D, мм$	$s, мм$	$E, МПа$	$\alpha_i^{пу}, ^\circ C^{-1}$	$\alpha_i^{см}, ^\circ C^{-1}$	$\Delta t_{пу}, ^\circ C$	$\delta_{сои}^{(к)}, \%$	$\Delta t_{пр}, ^\circ C$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 2 – результаты измерений и вычислений

№ точ/ № изм (j/i)	$Q_{ij}, м^3/ч$	Результаты измерений								
		Детекторы ПУ	$T_{ij}, ^\circ C$	$\bar{t}_{ij}^{пу}, ^\circ C$	$\bar{P}_{ij}^{пу}, МПа$	$\bar{t}_{ij}^{см}, ^\circ C$	$f_{ij}, Гц$	$t_{ij}^{np}, ^\circ C$	$P_{ij}^{np}, МПа$	$N_{ij}, имп$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1/1										
...										
1/n ₁										
...										
m/1										
...										
m/n _m										

Окончание таблицы 2

№ точ/ № изм j/i	Результаты измерений					Результаты вычислений					
	$\rho_{ij}, кг/м^3$	$t_{ij}^{np}, ^\circ C$	$P_{ij}^{nn}, МПа$	$v_{ij}, сСт$	$W_{в ij}, \%$ об. дол.	$V_{ij}^{пу}, м^3$	$K_{ij}, имп/м^3$	$CTL_{ij}^{пу}$	$CPL_{ij}^{пу}$	CTL_{ij}^{np}	CPL_{ij}^{np}
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1/1											
...											
1/n ₁											
...											
m/1											
...											
m/n _m											

Таблица 3 – значения коэффициентов, использованных при вычислениях

$t_{(p,n)}$	$Z_{(p)}$

Приложение А

(продолжение)

Таблица 4 – РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ (только при реализации ГХ по 9.2.1)

$Q_{min}, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{max}, \text{м}^3/\text{ч}$	$S_{\delta}, \%$	$K_{\delta}, \text{имп}/\text{м}^3$	$\varepsilon_{\delta}, \%$	$\theta_{a\delta}, \%$	$\theta_{\Sigma\delta}, \%$	$\delta_{\delta}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 4 – РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ (только при реализации ГХ по 9.2.2)

№ поддиа- пазона (k)	$Q_{min k}$, м³/ч	$Q_{max k}$, м³/ч	$S_{n\partial k}$, %	$K_{n\partial k}$, имп/м³	$\varepsilon_{n\partial k}$, %	$\theta_{an\partial k}$, %	$\theta_{\Sigma n\partial k}$, %	$\delta_{n\partial k}$, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
...								
m-1								

Таблица 4 – РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ (только при реализации ГХ по 9.2.3)

[illegible]

Примечание – Для случая подпункта 9.1.2.1 таблицу 4 следует дополнить колонкой 5 для значений MF_j (после колонки 4 (для K_j), изменив нумерацию последующих колонок с 6 по 13).

Таблица 5 - РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ В ТОЧКАХ РАБОЧЕГО ДИАПАЗОНА (только для преобразователя, применяемого в качестве контрольного)

№ точки (j)	Q_j , м³/ч	f_j , Гц,	S_j , %	K_j , ИМП/м³	ε_j , %	$\theta_{\Sigma j}$, %	δ_j , %
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
...							
m							

Заключение: преобразователь объемного расхода _____ и _____ к
годен или не годен допущен или не допущен

применению в качестве _____
рабочего или резервно-контрольного (см. п.10.3)

Поверитель _____

наименованиеверяющей организации _____

подпись _____

инициалы, фамилия _____

Дата поверки « » 20 г.

Приложение А (продолжение)

Некоторые пояснения к формированию и оформлению протокола поверки

А.1 По таблице 1 – Исходные данные

А.1.1 В колонку 1 в одну строку записывают обозначения калиброванных участков:

- «1-2» – для однонаправленных ТПУ с одной парой детекторов и компакт-пруверов типа В;
- «1-2-1» - для двунаправленных ТПУ с одной парой детекторов;
- «downstream» или «upstream» – для компакт-пруверов исполнения А в зависимости от месторасположения компакт-прувера по отношению к поверяемому преобразователю (по потоку рабочей жидкости или против потока);

А.1.2 В колонку 1 в две строки записывают обозначения калиброванных участков:

- «1-3-1» и «2-4-2» для ТПУ с двумя парами детекторов, если УОИ, применяемое при поверке, соответствует требованию примечания 5 к 8.3.5.

А.1.3 В колонку 2 записывают значения объемов калиброванных участков, соответствующие обозначениям по А.1.1 (в одну строку) и А.1.2 (в две строки).

А.1.4 Запись в колонке 8: только при применении компакт-прувера в качестве ПУ.

А.2. По таблице 2 – Результаты измерений и вычислений

А.2.1 Запись в колонке 3 согласно А.1.1 и А.1.2 в зависимости от типа применяемой ПУ.

А.2.2 Запись в колонке 15: только при поверке преобразователя, эксплуатируемого в составе СИКН или СИКНС. При этом:

- при наличии поточного(ых) вискозиметра(ов) записывают значение вязкости нефти для каждого измерения (используют результаты измерений поточного вискозиметра);
- при отсутствии (или отказе) поточного(ых) вискозиметра(ов) для первого измерения записывают значение вязкости нефти, определенное в химико-аналитической лаборатории непосредственно перед поверкой. Для других измерений (кроме последнего) колонку 14 допускается не заполнять.

Для последнего измерения в колонке 15 записывают значение вязкости, определенное в химико-аналитической лаборатории в конце поверки

А.2.3 Запись в колонке 16: для каждого измерения и только при поверке преобразователя, эксплуатируемого в составе СИКНС (используют результаты измерений поточного влагомера).

А.2.4 Колонки 19 ÷ 22 заполняют только в случае, если при обработке результатов измерений используют коэффициенты *CPL* и *CTL*.

П р и м е ч а н и е - При формировании (оформлении) протокола поверки не заполняемые колонки из таблицы 2 допускается исключать (в частности колонки 15, 16, 19 ÷ 22), изменив при этом нумерацию колонок.

Приложение А
(окончание)

А.3. По таблице 4 – Результаты поверки

При формировании (оформлении) протокола поверки форму таблицы 4 (из трех вариантов) выбирают в зависимости от вида реализации ГХ поверяемого преобразователя в СОИ.

Таблицу 4 формируют (оформляют) как для рабочего преобразователя, так и для резервно-контрольного, если резервно-контрольный поверяют как рабочий преобразователь и предполагают применять в качестве рабочего.

А.4. По таблице 5 – Результаты поверки в точках рабочего диапазона

Таблицу формируют и оформляют только для резервно-контрольного (контрольного) преобразователя и только в случае, если его поверку проводят в качестве контрольного. Таблицу оформляют независимо от того, по результатам поверки допускается преобразователь к дальнейшей эксплуатации в качестве контрольного или нет.

Приложение Б

**Определение коэффициентов объемного расширения ($\beta_{ж}$) и сжимаемости ($\gamma_{ж}$)
рабочей жидкости**

Б.1 Коэффициенты объемного расширения и сжимаемости рабочей жидкости ($\beta_{ж}$, °C⁻¹ и $\gamma_{ж}$, МПа⁻¹ соответственно) определяют по реализованным в УОИ (или АРМ оператора) алгоритмам, разработанным согласно:

- Р 50.2.075 и Р 50.2.076 для нефти и нефтепродуктов, исключая сырую нефть;
- СТО ГАЗПРОМ 5.9 для жидких углеводородов.

Б.2 При отсутствии алгоритмов согласно Б.1 коэффициенты $\beta_{ж}$ и $\gamma_{ж}$ определяют:

- для нефти, исключая сырую нефть, по таблицам Р 50.2.076;
- для нефтепродуктов по таблицам Р 50.2.076;
- для жидких углеводородов по формулам, изложенным в СТО ГАЗПРОМ 5.9.

Б.3 Для сырой нефти (с содержанием воды до 5,0 %) коэффициенты $\beta_{ж}$ и $\gamma_{ж}$ определяют по формулам

$$\beta_{ж} = \beta_n \times \left(1 - \frac{W_g}{100}\right) + \beta_g \times \frac{W_g}{100}, \quad (Б.1)$$

$$\gamma_{ж} = \gamma_n \times \left(1 - \frac{W_g}{100}\right) + \gamma_g \times \frac{W_g}{100}, \quad (Б.2)$$

где β_n и γ_n - коэффициенты объёмного расширения и сжимаемости обезвоженной нефти (°C⁻¹ и МПа⁻¹ соответственно), значения которых берут из Р 50.2.076;

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

β_g и γ_g - коэффициенты объёмного расширения и сжимаемости воды соответственно (°C⁻¹ и МПа⁻¹).

Б.3.1 Принимают:

- $\beta_g = 2,6 \times 10^{-4}$ °C⁻¹ при объемной доле воды в сырой нефти до 5,0 % включительно ($W_g \leq 5,0$ %);
- $\gamma_g = 49,1 \times 10^{-5}$ МПа⁻¹ при любом содержании воды в сырой нефти.

Б.3.2 При объемной доле воды в сырой нефти более 5,0 % ($W_g > 5,0$ %) коэффициент объёмного расширения воды β_g [при вычислениях значения $\beta_{ж}$ по (Б.1) для дальнейшего использования вычисленного значения в формуле (5в) или (5з)] определяют:

$$\beta_g = \frac{CTL_W(t^{ny}) - CTL_W(t^{nw})}{CTL_W(t^{ny}) \times (t^{ny} - t^{nw})}; \quad (Б.3)$$

Приложение Б (окончание)

где $CTL_W(t^{np})$ и $CTL_W(t^{ny})$ - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние температуры в преобразователе и ПУ соответственно на объем воды, содержащейся в сырой нефти;

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

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

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 (Б.4) принимают: $\Delta t = t^{np} - 15$ - при определении $CTL_W(t^{np})$, °C;

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

Примечания к Б.3.2

1 При $W_e > 5,0$ % значение β_e рекомендуется определять в каждой точке поверочного расхода.

При этом значения t^{np} и t^{ny} принимают равным средним арифметическим значениям температуры сырой нефти в j -й точке расхода в преобразователе и ПУ соответственно.

Если температура сырой нефти за период поверки массомера во всех точках расхода меняется на $2,0$ °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.

Приложение В

Установление и контроль значения поверочного расхода, используя результаты измерений поверяемого преобразователя

В.1 При проведении операций согласно 8.3.3.2 (или 8.3.3.3 и 8.3.3.4) дополнительно регистрируют значение расхода жидкости (Q_j^{np} , м³/ч), измеренное поверяемым преобразователем.

В.2 Для каждой j -й точки расхода вычисляют коэффициент коррекции расхода k_j^Q по формуле

$$k_j^Q = 1 - \frac{Q_j^{np} - Q_j}{Q_j} \quad (B.1)$$

где Q_j - значение расхода, определенное по формуле (2) или (2а) – см. п. 8.3.4.2 или п. 8.3.4.3.

В.3 Вычисляют скорректированное значение расхода $Q_{коррj}$ (м³/ч) по формуле

$$Q_{коррj} = k_j^Q \times Q_j^{np} \quad (B.2)$$

В.4 Устанавливают значение поверочного расхода, определенное по В.3, принимая:

$$Q_j^{пов} = Q_{коррj}.$$

Приложение Г

Коэффициенты линейного расширения материала стенок ПУ (α_t^{ny}), стержня (α_t^{cm}), значения модуля упругости (E) материала стенок ПУ

Коэффициент линейного расширения материала стенок ПУ (α_t^{ny}), стержня компакт-прувера (α_t^{cm}), значение модуля упругости материала стенок ПУ (E) определяют из таблицы Б.1.

Таблица Б.1 – Коэффициенты линейного расширения (α_t^{ny} и α_t^{cm}), значения модуля упругости (E) материала стенок ПУ (ТПУ и компакт-прувера)

Материал стенок ПУ, стержня компакт-прувера	Значения α_t^{ny} , α_t^{cm} , °C ⁻¹	Значения E , МПа
Сталь углеродистая	$11,2 \times 10^{-6}$	$2,068 \times 10^5$
Сталь легированная	$11,0 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^5$
Сталь нержавеющая 17-4	$10,8 \times 10^{-6}$	$1,965 \times 10^5$
Сталь нержавеющая 304 литая	$15,95 \times 10^{-6}$	$1,931 \times 10^5$
Сталь нержавеющая 304	$17,3 \times 10^{-6}$	$1,931 \times 10^5$
Сталь нержавеющая 316	$17,3 \times 10^{-6}$	$1,931 \times 10^5$
Инвар (только для стержня компакт-прувера исполнения А, т.е. для моделей СР, СР-М и ВСР-М)	$1,44 \times 10^{-6}$	-

П р и м е ч а н и я

1 Если значения α_t^{ny} , α_t^{cm} и E приведены в паспорте или техническом описании на ПУ (или в заводском сертификате калибровки ПУ), то при расчетах используют значения, указанные в одном из перечисленных документов.

2 Если в паспорте или техническом описании на компакт-прувер (или в заводском сертификате калибровки компакт-прувера) приведен (указан) квадратичный коэффициент расширения цилиндра $\alpha_{t\text{кв}}^{ny}$ (°C⁻¹), то при расчетах по настоящей методике принимают: $\alpha_t^{ny} = 0,5 \times \alpha_{t\text{кв}}^{ny}$ или $2\alpha_t^{ny} = \alpha_{t\text{кв}}^{ny}$.

Приложение Д

Определение количества импульсов выходного сигнала преобразователя с учетом долей периода

Д.1 Собирают схему согласно рисунку Д.1.

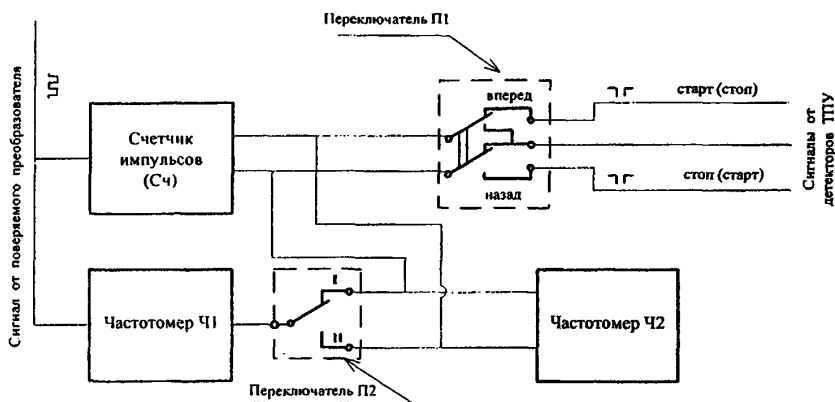


Рисунок Д.1 – Принципиальная электрическая схема соединений средств поверки для определения долей периода

Д.2 Количество импульсов с учетом долей периода (N_{ij} , имп) определяют по формуле

$$N_{ij} = N_{ij}^* \times \left[1 + \frac{(\tau_1 - \tau_2)}{T_{ij}^*} \right]. \quad (\text{Д.1})$$

где N_{ij}^* - измеренное количество импульсов преобразователя, имп;

τ_1 - время от начала измерений до первого импульса от преобразователя, мкс;

τ_2 - время от начала измерений до последующего импульса от преобразователя, мкс;

T_{ij}^* - интервал времени согласно рисунку Д.2, мкс.

Д.3 Значения τ_1 и τ_2 определяют следующим образом (см. рисунки Д.1 и Д.2):

- перед запуском поршня ТПУ переключатель П2 ставят в положение «I». После начала отсчета количества импульсов счетчиком Сч с индикатора частотомера Ч1 считывают значение τ_1 ;
- переключатель П2 ставят в положение «II». После окончания отсчета количества импульсов счетчиком Сч с индикатора частотомера Ч1 считывают значение τ_2 . Значения τ_1 и τ_2 измеряют с дискретностью 1 мкс;
- отсчет значения T_{ij}^* проводят с индикатора частотомера Ч2, работающего в режиме измерения времени (T_{ij}^* измеряют с дискретностью 1 мкс);
- количество импульсов N_{ij}^* отсчитывают с индикатора счетчика Сч.

Приложение Д
(окончание)

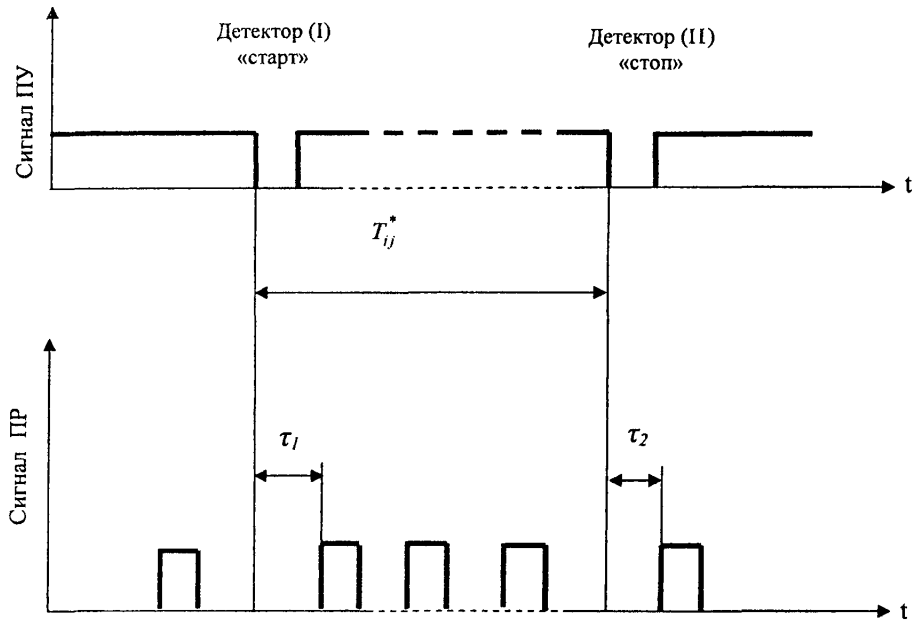


Рисунок Д.2 – Определение долей периода следования импульсов преобразователя (ПР)

Д.4 Количество импульсов с учетом долей периодов (N_{ij} , имп) определяют (измеряют) до пяти значащих цифр.

Приложение Е

Определение коэффициентов CTL и CPL , учитывающих влияние температуры и давления на объем рабочей жидкости

Е.1 Коэффициент CTL , учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, вычисляют по формуле

$$CTL = \exp\{-\beta_{15} \times (t_v - 15) \times [1 + 0,8\beta_{15} \times (t_v - 15)]\}, \quad (E.1)$$

где β_{15} - коэффициент объемного расширения рабочей жидкости при температуре 15 °С, который определяют по Е.2 (формула Е.2), °С⁻¹;

t_v - температура рабочей жидкости при измерении её объема, °С.

Е.2 Коэффициент β_{15} определяют по формуле

$$\beta_{15} = \frac{K_0 + K_1 \times \rho_{15}}{\rho_{15}^2} + K_2, \quad (E.2)$$

где K_0 , K_1 и K_2 - коэффициенты, значения которых определяют из таблицы Е.1;

ρ_{15} - плотность рабочей жидкости при температуре 15 °С и избыточном давлении равном нулю ($P_{изб} = 0$), т.е. при абсолютном давлении равном 0,1 МПа ($P_{абс} = 0,1$ МПа), кг/м³.

Таблица Е.1 – Значения коэффициентов K_0 , K_1 , K_2 (из Р 50.2.076)

Рабочая жидкость	K_0	K_1	K_2
Нефть ($611,2 \leq \rho_{15} \leq 1163,8$)	613,97226	0,0000	0,0000
Бензины ($611,2 \leq \rho_{15} \leq 770,9$)	346,42278	0,43884	0,0000
Топлива, занимающие по плотности промежуточное место между бензинами и керосинами ($770,9 \leq \rho_{15} \leq 788,0$)	2690,7440	0,00000	-0,0033762
Топлива и керосины для реактивных двигателей, авиационное реактивное топливо ДЖЕТ А ($788,0 \leq \rho_{15} \leq 838,7$)	594,54180	0,0000	0,0000
Дизельные топлива, мазуты, печные топлива ($838,7 \leq \rho_{15} \leq 1163,9$)	186,96960	0,48618	0,0000

Е.3 Коэффициент CPL , учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определяют по формуле

$$CPL = \frac{1}{1 - \gamma_t \times P_v}, \quad (E.3)$$

где γ_t - коэффициент сжимаемости рабочей жидкости при температуре измерения её объема, который определяют по Е.4 (формула Е.3), МПа⁻¹;

P_v - давление рабочей жидкости при измерении её объема, МПа.

Е.4 Коэффициент γ_t определяют по формуле

Приложение Е
(окончание)

$$\gamma_t = 10^{-3} \times \exp(-1,62080 + 0,00021592 \times t_v + \frac{870960}{\rho_{15}^2} + \frac{4209,2 \times t_v}{\rho_{15}^2}) . \quad (\text{Е.4})$$

Е.5 Плотность ρ_{15} и текущая плотность, измеренная поточным ПП (ρ_{nn}), между собой связаны выражением

$$\rho_{15} = \frac{\rho_{nn}}{CTL^* \times CPL^*} , \quad (\text{Е.5})$$

где CTL^* и CPL^* - коэффициенты по Е.1 и Е.3, но значения которых определены для температуры (t_{nn} , °С) и давления (P_{nn} , МПа) рабочей жидкости в поточном ПП соответственно.

Е.6 Зная значение плотности ρ_{nn} и используя метод последовательных приближений, определяют значения коэффициентов CTL^* , CPL^* и значение плотности ρ_{15} по Е.6.1 ÷ Е.6.5.

Е.6.1 По формулам (Е.2) и (Е.4) определяют значения $\beta_{15(1)}$ и $\gamma_{t(1)}$ (условно первые значения), при этом в этих формулах принимают: $\rho_{15} = \rho_{nn}$, $t_v = t_{nn}$.

Е.6.2 По формулам (Е.1) и (Е.3) вычисляют значения CTL_1^* и CPL_1^* (условно первые значения) соответственно, принимая в формуле (Е.1): $t_v = t_{nn}$ и $\beta_{15} = \beta_{15(1)}$, в формуле (Е.3): $P_v = P_{nn}$ и $\gamma_t = \gamma_{t(1)}$.

Е.6.3 По формуле (Е.5) вычисляют значение $\rho_{15(1)}$ (условно первое значение), подставляя вместо значений CTL и CPL значения CTL_1^* и CPL_1^* , определенные по Е.6.2.

Е.6.4 Повторяют операции по Е.6.1 ÷ Е.6.3.

По формулам (Е.2) и (Е.4) определяют значения $\beta_{15(2)}$ и $\gamma_{t(2)}$, дополнительно в Е.6.1 принимая: $\rho_{15} = \rho_{15(1)}$.

По формулам (Е.1) и (Е.3) вычисляют значения CTL_2^* и CPL_2^* , дополнительно в Е.6.2 принимая: $\beta_{15(1)} = \beta_{15(2)}$ и $\gamma_{t(1)} = \gamma_{t(2)}$.

По формуле (Е.5) вычисляют значение $\rho_{15(2)}$, принимая: $CTL_1^* = CTL_2^*$ и $CPL_1^* = CPL_2^*$.

Е.6.5 Операции по вычислению значений плотности ρ_{15} прекращают по достижению условия

$$| \rho_{15(k)} - \rho_{15(k-1)} | \leq 0,01 , \quad (\text{Е.6})$$

где k и $(k-1)$ – порядковые номера вычислений (последнего и предпоследнего вычисления условно) значений плотности ρ_{15} .

Примечание – Операции по Е.6.1 ÷ Е.6.5 проводят для каждого измерения.

Е.7 Используя формулы (Е.1) ÷ (Е.4) и вычисленное значение $\rho_{15(k)}$ определяют значения CTL_{ij}^{ny} , CTL_{ij}^{nr} , CPL_{ij}^{ny} , CPL_{ij}^{nr} с учетом условий измерения объема, т.е. температуры (t_v , °С) и давления (P_v , МПа) для каждого i -го измерения в каждой j -й точке расхода.

В формулах (Е.1), (Е.3), (Е.4) при определении CTL_{ij}^{ny} , CPL_{ij}^{ny} принимают: $t_v = \bar{t}_{ij}^{ny}$ и $P_v = \bar{P}_{ij}^{ny}$, при определении CTL_{ij}^{nr} , CPL_{ij}^{nr} : $t_v = t_{ij}^{nr}$ ($t_v = \bar{t}_{ij}^{nr}$) и $P_v = P_{ij}^{nr}$ ($P_v = \bar{P}_{ij}^{nr}$).

П р и м е ч а н и е – Значения CTL и CPL допускается определять, используя алгоритмы, имеющие («защиты») в УОИ (СОИ).

Приложение Ж

Анализ результатов измерений, значения квантиля распределения Стьюдента и коэффициента $Z_{(p)}$

Ж.1 Анализ результатов измерений для выявления промахов (при необходимости) проводят операции по Ж.1.1 ÷ Ж.1.4.

Ж.1.1 Определяют СКО результатов вычислений коэффициентов преобразования в каждой точке рабочего диапазона по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ij} - \bar{K}_j)^2}{n_j - 1}}. \quad (\text{Ж.1})$$

Примечание - При $S_j \leq 0,001$ принимают $S_j = 0,001$.

Ж.1.2 Для каждого измерения вычисляют соотношение по формуле

$$U_{ij} = \left| \frac{K_{ij} - \bar{K}_j}{S_j} \right| \quad (\text{Ж.2})$$

Ж.1.3 Из ряда вычисленных значений U_{ij} для каждой точки расхода выбирают максимальное значение $U_{j\max}$, которое сравнивают с «h», взятой из таблицы Ж.1 в зависимости от значения « n_j ».

Таблица Ж.1 - Критические значения для критерия Граббса (ГОСТ Р ИСО 5725)

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

Ж.1.4 Если $U_{j\max} \geq h$, то подозреваемый результат исключают из выборки как промах.

Примечание – Допускается как промах исключать результат измерения, у которого K_j по значению наиболее (в большую или меньшую сторону) отличается от значений K_j других измерений в этой же точке расхода, не проводя анализ по Ж.1.1 ÷ Ж.1.3.

Таблица Ж.2 – Значения квантиля распределения Стьюдента $t_{0,95}$ (ГОСТ 8.207)

$n_j - 1$	3	4	5	6	7	8	9	10	12
$t_{0,95}$	3,182	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,179

Таблица Ж.3 – Значения коэффициента $Z_{(p)}$ при $P = 0,95$ (МИ 2083)

θ_x / 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 И

Сводный перечень условных обозначений и их определений

Обозначение	О п р е д е л е н и е
$P_{\text{нас}}$	давление насыщенных паров, определенное согласно ГОСТ 1756 при максимальной температуре рабочей жидкости в СИКН (СИКНС, СИКНП)
ΔP	перепад давления рабочей жидкости на преобразователе, МПа (из эксплуатационной документации)
V_0	емкость калиброванного участка ПУ, определенная для стандартных условий, м ³
$V_{ij}^{пу}$	емкость калиброванного участка ПУ, приведенная к рабочим условиям в ПУ при i -м измерении в j -й точке, м ³ (при установлении расхода)
T_{ij}	время прохождения поршнем ПУ его калиброванного участка при i -м измерении в j -й точке (за время одного измерения), с
$\alpha_i^{пу}$	коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ или компакт-прувера, °C ⁻¹
$\alpha_i^{см}$	коэффициент линейного расширения материала стержня компакт-прувера, на котором установлены оптические сигнализаторы (детекторы), °C ⁻¹
$\bar{t}_{ij}^{пу}$	средняя температура рабочей жидкости в ТПУ или компакт-прувере при i -м измерении в j -й точке, °C
$\bar{t}_{ij}^{см}$	средняя температура стержня компакт-прувера, на котором установлены оптические сигнализаторы за i -ю серию проходов поршня в j -й точке, °C
$\bar{P}_{ij}^{пу}$	среднее давление рабочей жидкости в ТПУ или компакт-прувере за i -ое измерение в j -й точке, МПа)
D	внутренний диаметр калиброванного участка ТПУ или компакт-прувера, мм (из технического описания или паспорта)
s	толщина стенок калиброванного участка ТПУ или компакт-прувера, мм (из технического описания или паспорта)
E	модуль упругости материала стенок калиброванного участка ТПУ или компакт-прувера, МПа
$Q_{j\text{треб}}^{\text{БИК}}$	требуемое значение расхода через БИК, м ³
$Q_j^{\text{пов}}$	значение поверочного расхода в j -й точке, м ³ /ч;
$S_{\text{пзу}}$	суммарная площадь поперечного сечения входных отверстий пробозаборного устройства (далее – ПЗУ), мм ²
$S_{\text{тр}}$	площадь поперечного сечения трубопровода в месте установки ПЗУ, мм ²
N_{ij}	количество импульсов, выдаваемых поверяемым преобразователем при i -м измерении в j -й точке, имп
Q_{min}	нижний предел рабочего диапазона расхода, м ³ /ч
Q_{max}	верхний предел рабочего диапазона расхода, м ³ /ч
Q_{ij}	значение поверочного расхода при i -м измерении в j -й точке, м ³ /ч
$Q_j^{\text{пр}}$	значение расхода жидкости, измеренное поверяемым преобразователем в j -й точке расхода, м ³ /ч
$Q_{\text{корр } j}$	скорректированное значение расхода в j -й точке расхода, м ³ /ч
k_j^Q	коэффициент коррекции расхода
f_{ij}	выходная частота преобразователя при i -м измерении в j -й точке, Гц

Приложение И
(продолжение)

Обозначение	О п р е д е л е н и е
f_{ij}	выходная частота преобразователя при i -м измерении в j -й точке, Гц
t_{ij}^{np}	температура в поверяемом преобразователе при i -м измерении в j -й точке, °C
P_{ij}^{np}	давление в поверяемом преобразователе при i -м измерении в j -й точке, МПа
ρ_{ij}	плотность рабочей жидкости, измеренная поточным ПП при i -м измерении в j -й точке, кг/м ³
t_{ij}^{nn}	температура в поточном ПП при i -м измерении в j -й точке, °C
P_{ij}^{nn}	давление в поточном ПП при i -м измерении в j -й точке, МПа
ν_{ij}	вязкость, измеренная поточным вискозиметром при i -м измерении в j -й точке, сСт
W_{eij}	объемная доля воды в сырой нефти, измеренная поточным влагомером при i -м измерении в j -й точке, % об. долей
K_{ij}	коэффициент преобразования преобразователя при i -м измерении в j -й точке, имп/м ³
$\bar{K}_j$	коэффициент преобразования преобразователя в j -й точке расхода, имп/м ³
K_δ	коэффициент преобразования преобразователя в рабочем диапазоне, имп/м ³
K_{ndk}	коэффициент преобразования преобразователя в k -м поддиапазоне расхода, имп/м ³
$K_{j\text{эак}}$	значение коэффициента преобразования преобразователя в j -й точке расхода, полученное при калибровке преобразователя фирмой-изготовителем при выпуске из производства и введенное (вводимое) в память СОИ, имп/м ³
MF_j	поправочный коэффициент (meter-factor) для j -й точки расхода
V_{ij}^{nv}	объем рабочей жидкости, прошедшей через калиброванный участок ПУ (следовательно, и через поверяемый преобразователь) за время i -го измерения в j -й точке и приведенный к рабочим условиям в преобразователе, м ³
$CTL_{ij}^{nv}, CTL_{ij}^{np}$	поправочные коэффициенты, учитывающие влияние температуры рабочей жидкости на её объемы, прошедшие через ПУ и преобразователь соответственно за i -е измерение в j -й точке расхода
$CPL_{ij}^{nv}, CPL_{ij}^{np}$	поправочные коэффициенты, учитывающие влияние давления рабочей жидкости на её объемы, прошедшие через ПУ и преобразователь соответственно за i -е измерение в j -й точке расхода
$CTL_w(t^{np})$ и $CTL_w(t^{nv})$	поправочные коэффициенты, учитывающие влияние температуры в преобразователе и ПУ соответственно на объем воды, содержащейся в сырой нефти
$\beta_{жij}$ и $\gamma_{жij}$	коэффициенты объемного расширения (°C ⁻¹) и сжимаемости (МПа ⁻¹) рабочей жидкости соответственно при i -м измерении в j -й точке расхода
β_{max}	максимальное значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости из ряда значений, определенных по приложению Б, °C ⁻¹
β_n и γ_n	коэффициенты объемного расширения и сжимаемости обезвоженной нефти, °C ⁻¹ и МПа ⁻¹ соответственно
β_e и γ_e	коэффициенты объемного расширения и сжимаемости воды соответственно, °C ⁻¹ и МПа ⁻¹
n_j	количество измерений в j -й точке расхода

Приложение И
(окончание)

Обозначение	О п р е д е л е н и е
m	количество точек разбиения рабочего диапазона
Σn_j	суммарное количество измерений в рабочем диапазоне
l	количество единичных проходов поршня компакт-прувера в i -й серии измерений
S_δ	значение СКО для рабочего диапазона, %
$S_{\delta k}$	значение СКО для k -го поддиапазона расхода, %
$S_j^{кон}$	значение СКО для j -й точки расхода (для контрольного преобразователя), %
ε_δ	случайная составляющая погрешности преобразователя в рабочем диапазоне расхода, %
$\varepsilon_{\delta k}$	случайная составляющая погрешности преобразователя в k -м поддиапазоне расхода, %
$\varepsilon_j^{кон}$	случайная составляющая погрешности в точке расхода (для контрольного преобразователя), %
$t_{(P,n)}$	квантиль распределения Стьюдента
$\theta_{\Sigma\delta}$	систематическая составляющая погрешности преобразователя в рабочем диапазоне расхода, %
$\theta_{\Sigma\delta k}$	систематическая составляющая погрешности преобразователя в k -м поддиапазоне расхода, %
$\theta_{\Sigma j}^{кон}$	систематическая составляющая погрешности в j -й точке расхода (для контрольного преобразователя), %
$\delta_{\text{ПУ}}$	пределы допускаемой относительной погрешности ПУ, %
$\delta_{\text{СОИ}}^{(K)}$	пределы допускаемой относительной погрешности СОИ при вычислениях коэффициента преобразований преобразователя, %
θ_t	составляющая систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры рабочей жидкости в ПУ и преобразователе, %
θ_{ad}	составляющая систематической погрешности преобразователя, вызванная аппроксимацией (усреднением) коэффициента преобразования преобразователя в рабочем диапазоне, %
θ_{adk}	составляющая систематической погрешности, вызванная аппроксимацией коэффициента преобразования преобразователя в k -м поддиапазоне расхода, %
$\Delta t_{\text{ТР}}$ и $\Delta t_{\text{ПУ}}$	пределы допускаемых абсолютных погрешностей датчиков температуры (или термометров), используемых для измерений температуры рабочей жидкости в преобразователе и ПУ соответственно, °С
δ_δ	относительная погрешность преобразователя в рабочем диапазоне расхода, %
$\delta_{\delta k}$	относительная погрешность преобразователя в k -м поддиапазоне расхода, %
$\delta_j^{кон}$	относительная погрешность в j -й точке расхода (для контрольного преобразователя), %
$Z_{(P)}$	коэффициент, зависящий от значения отношения $\theta_{\Sigma\delta}/S_\delta$ или $\theta_{\Sigma\delta k}/S_{\delta k}$ (при доверительной вероятности $P = 0,95$)

Приложение К
Сводный перечень используемых формул

№ фор- мулы	Ф о р м у л а	Стр
1	$P_{нов} = 2,06 \times P_{нас} + 2 \times \Delta P$	9
2	$Q_j = \frac{V_{npj}^{ny} \times 3600}{T_{ij}}$	17
2a	$Q_j = \frac{V_o \times 3600}{T_{ij}}$	17
3a	$V_{npj}^{ny} = V_o^{ny} \times \left[1 + 3\alpha_i^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{0,95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right)$	18
3б	$V_{npj}^{ny} = V_o^{ny} \times \left[1 + 2\alpha_i^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) + \alpha_i^{cm} \times (\bar{t}_{ij}^{cm} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{0,95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right)$	18
4	$Q_{jмреб}^{БИК} = Q_j^{нов} \times \frac{S_{my}}{S_{mp}}$	19
5	$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{V_{ij}^{ny}}$	21
6a	$V_{ij}^{ny} = V_o^{ny} \times \left[1 + 3\alpha_i^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{0,95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right) \times \frac{CTL_{ij}^{ny} \times CPL_{ij}^{ny}}{CTL_{ij}^{np} \times CPL_{ij}^{np}}$	21
6б	$V_{ij}^{ny} = V_o^{ny} \times \left[1 + 2\alpha_i^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) + \alpha_i^{cm} \times (\bar{t}_{ij}^{cm} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{0,95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right) \times \frac{CTL_{ij}^{ny} \times CPL_{ij}^{ny}}{CTL_{ij}^{np} \times CPL_{ij}^{np}}$	21
6в	$V_{ij}^{ny} = V_o^{ny} \times \left[1 + 3\alpha_i^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{0,95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right) \times \left[1 + \beta_{жij} \times (\bar{t}_{ij}^{np} - \bar{t}_{ij}^{ny}) \right] \times$ $\times [1 - \gamma_{жij} \times (\bar{P}_{ij}^{np} - \bar{P}_{ij}^{ny})]$	22
6г	$V_{ij}^{ny} = V_o^{ny} \times \left[1 + 2\alpha_i^{ny} \times (\bar{t}_{ij}^{ny} - 20) + \alpha_i^{cm} \times (\bar{t}_{ij}^{cm} - 20) \right] \times \left(1 + \frac{0,95 \times D}{E \times s} \times \bar{P}_{ij}^{ny} \right) \times$ $\times [1 + \beta_{жij} \times (\bar{t}_{ij}^{np} - \bar{t}_{ij}^{ny})] \times [1 - \gamma_{жij} \times (\bar{P}_{ij}^{np} - \bar{P}_{ij}^{ny})],$	22
7	$\bar{K}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij}$	23
7a	$MF_j = \frac{K_{jзаб}}{\bar{K}_j},$	23

Приложение К
(продолжение)

№ фор- мулы	Ф о р м у л а	Стр
8a	$S_{\partial} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{K_{ij} - \bar{K}_j}{\bar{K}_j} \right)^2}{\sum n_j - 1}} \times 100 \leq 0,02$	23
8б	$S_{n\partial k} = \sqrt{\frac{\sum_{j=k}^{k+1} \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{K_{ij} - \bar{K}_j}{\bar{K}_j} \right)^2}{(n_j + n_{j+1} - 1)_k}} \times 100 \leq 0,02$	23
9	$K_{\partial} = \frac{1}{m} \times \sum_{j=1}^m \bar{K}_j$	24
10	$K_{n\partial k} = \frac{(\bar{K}_j + \bar{K}_{j+1})_k}{2}$	24
11a	$\varepsilon_{\partial} = t_{(p,n)} \times S_{\partial}$	25
11б	$\varepsilon_{n\partial k} = t_{(p,n)} \times S_{n\partial k}$	25
12a	$\theta_{\Sigma\partial} = 1,1 \times \sqrt{(\delta_{ny})^2 + (\delta_{con}^{(K)})^2 + (\theta_t)^2 + (\theta_{a\partial})^2}$	26
12б	$\theta_{\Sigma n\partial k} = 1,1 \times \sqrt{(\delta_{ny})^2 + (\delta_{con}^{(K)})^2 + (\theta_t)^2 + (\theta_{an\partial k})^2}$	26
13	$\theta_t = \beta_{max} \times \sqrt{(\Delta t_{np})^2 + (\Delta t_{ny})^2} \times 100$	26
14	$\theta_{a\partial} = \max \left \frac{\bar{K}_j - K_{\partial}}{K_{\partial}} \right \times 100$	27
15a	$\theta_{an\partial k} = \max \left \frac{(\bar{K}_j - K_{n\partial k})_k}{K_{n\partial k}} \right \times 100$	27
15б	$\theta_{an\partial k} = 0,5 \times \left \frac{(\bar{K}_j - \bar{K}_{j+1})_k}{(\bar{K}_j + \bar{K}_{j+1})_k} \right \times 100$	27
16a	$\delta_{\partial} = \begin{cases} Z_{0,95} \times (\theta_{\Sigma\partial} + \varepsilon_{\partial}), & \text{если } 0,8 \leq \theta_{\Sigma\partial} / S_{\partial} \leq 8, \\ \theta_{\Sigma\partial}, & \text{если } \theta_{\Sigma\partial} / S_{\partial} > 8; \end{cases}$	27
16б	$\delta_{n\partial k} = \begin{cases} Z_{0,95} \times (\theta_{\Sigma n\partial k} + \varepsilon_{n\partial k}), & \text{если } 0,8 \leq \theta_{\Sigma n\partial k} / S_{n\partial k} \leq 8, \\ \theta_{\Sigma n\partial k}, & \text{если } \theta_{\Sigma n\partial k} / S_{n\partial k} > 8, \end{cases}$	28
17a	$ \delta_{\partial} \leq 0,15\%$	28

Приложение К
(продолжение)

№ фор- мулы	Ф о р м у л а	Стр
176	$ \delta_{ndk} \leq 0,15\%$	28
18	$S_j^{кон} = \frac{1}{\bar{K}_j} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ij} - \bar{K}_j)^2}{n_j - 1}} \times 100 \leq 0,02$	29
19	$\varepsilon_j^{кон} = t_{(p,n)} \times S_j^{кон}$	29
20	$\theta_{\Sigma j}^{кон} = 1,1 \times \sqrt{(\delta_{ny})^2 + (\delta_{con}^{(K)})^2 + (\theta_i)^2}$	30
21	$\delta_j^{кон} = \begin{cases} Z_{(p)} \times (\theta_{\Sigma j}^{кон} + \varepsilon_j), & \text{если } 0,8 \leq \theta_{\Sigma j} / S_j \leq 8, \\ \theta_{\Sigma j}, & \text{если } \theta_{\Sigma j} / S_j > 8, \end{cases}$	30
22	$ \delta_j^{кон} \leq 0,10 \%$	30
Б.1	$\beta_{ж} = \beta_n \times \left(1 - \frac{W_6}{100}\right) + \beta_6 \times \frac{W_6}{100}$	38
Б.2	$\gamma_{ж} = \gamma_n \times \left(1 - \frac{W_6}{100}\right) + \gamma_6 \times \frac{W_6}{100}$	38
Б.3	$\beta_6 = \frac{CTL_W(t^{np}) - CTL_W(t^{ny})}{CTL_W(t^{ny}) \times (t^{ny} - t^{np})}$	38
Б.4	$CTL_W(t) = 1 - (1,8526 \times 10^{-4} + 1,2882 \times 10^{-5} \times W_{xc}) \times \Delta t - (4,1151 \times 10^{-6} - 1,4464 \times 10^{-7} \times W_{xc}) \times \Delta t^2 + (7,1926 \times 10^{-9} - 1,3085 \times 10^{-10} \times W_{xc}) \times \Delta t^3$	39
В.1	$k_j^Q = 1 - \frac{Q_j^{np} - Q_j}{Q_j}$	40
В.2	$Q_{коррj} = k_j^Q \times Q_j^{np}$	40
Д.1	$N_{ij} = N_{ij}^* \times \left[1 + \frac{(\tau_i - \tau_2)}{T_{ij}^*}\right]$	42
Е.1	$CTL = \exp\{-\beta_{15} \times (t_v - 15) \times [1 + 0,8\beta_{15} \times (t_v - 15)]\}$	44
Е.2	$\beta_{15} = \frac{K_0 + K_1 \times \rho_{15}}{\rho_{15}^2} + K_2$	44

Приложение К
(окончание)

№ фор- мулы	Ф о р м у л а	Стр
Е.3	$CPL = \frac{1}{1 - \gamma_t \times P_\nu}$	44
Е.4	$\gamma_t = 10^{-3} \times \exp \left(-1,62080 + 0,00021592 \times t_\nu + \frac{870960}{\rho_{15}^2} + \frac{4209,2 \times t_\nu}{\rho_{15}^2} \right)$	45
Е.5	$\rho_{15} = \frac{\rho_{mn}}{CTL^* \times CPL^*}$	45
Е.6	$\rho_{15(k)} - \rho_{15(k-1)} \leq 0,01$	45
Ж.1	$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ij} - \bar{K}_j)^2}{n_j - 1}}$	47
Ж.2	$U_{ij} = \left \frac{K_{ij} - \bar{K}_j}{S_j} \right $	47

П о п р а в к и
к первой редакции МИ 3380-2012 «ГСИ. Преобразователи объемного расхода. Методика поверки на месте эксплуатации поверочной установкой»

№№ пункта, (стр.)	Изложено	Должно быть
Предисловие, (стр. II)	Утверждена 09 сентября 2012 г.	Утверждена 10 сентября 2012 г.
П.4.2.4.2, перечисление первое, (стр. 6)	- суммирование количества импульсов, ...	- вычисление среднего арифметического значения количества импульсов, ...
П.8.2.2, второе предложение, (стр. 16)	При применении компакт-прувера должно проводиться: - суммирование количества импульсов преобразователя за серию проходов поршня; - вычисление средних арифметических значений температуры и давления рабочей жидкости в преобразователе и компакт-прувере, плотности рабочей жидкости, вязкости нефти (в т.ч. сырой), содержания воды в сырой нефти за серию проходов поршня	При применении компакт-прувера должно проводиться вычисление средних арифметических значений за серию проходов поршня: - количества импульсов преобразователя, температуры и давления рабочей жидкости в преобразователе и компакт-прувере, плотности рабочей жидкости, вязкости нефти (в т.ч. сырой), содержания воды в сырой нефти.

От ОАО «Нефтеавтоматика:

Первый зам. генерального
директора – главный инженер

Главный специалист
по метрологии



Э. И. Глушков

Р.Ф. Магданов



Иск. № АО 01-06/ 842 от 22.02 2013г.

На Ваш № _____ от _____

Пользователям МИ 3380-2012
ФБУ «Ишимский ЦСМ»

Первому заместителю директора
ФГУП ВНИИР
В.А. Фафурину

Факс (843) 272 00 32

Касательно ошибки в МИ 3380

Доводим до сведения, в таблице Ж.2 (стр. 47) МИ 3380 – 2012 «ГСИ. Преобразователи объемного расхода. Методика поверки на месте эксплуатации поверочной установкой» имеется ошибка. В первой колонке таблицы количество измерений (n_j) должно быть без индекса «j» и обозначение « n_j » должно быть изложено: « n » (обоснование данной поправки см. расшифровку обозначения $t_{(p,n)}$ в п. 9.3.2 указанной МИ – стр. 25).

Просим изложенную выше поправку принять к руководству.

В первом квартале 2014 года в МИ 3380-2012 в установленном порядке будет вноситься изменение №1, куда будет включена изложенная выше поправка наряду с другими замечаниями и предложениями пользователей МИ, если они появятся в процессе поверок преобразователей объемного расхода по МИ 3380 в течение 2013 года.

Первый заместитель генерального
директора – главный инженер

Э. И. Глушков

Магданов

(347) 279 88 99 доб. 1143

E-mail: magdanov-rf@nefteavtomatika.ru

МИ 3380-2012



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ –
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора филиала



А.С. Тайбинский

М.П.

« 02 » августа 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ РАСХОДА ЖИДКОСТИ ТУРБИННЫЕ МВТМ

Методика поверки

МП 1551-14-2023

Заместитель начальника научно-
исследовательского отдела

Р.Н. Груздев

Тел. отдела: (843) 299-72-00

г. Казань
2023 г.

РАЗРАБОТАНА	ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»
ИСПОЛНИТЕЛИ	Загидуллин Р.И.
СОГЛАСОВАНА	ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»
ВЗАМЕН	«Инструкция. ГСИ. Преобразователи расхода жидкости турбинные МVТМ. Методика поверки на месте эксплуатации», утвержденной ФГУП «ВНИИР» 20.01.2006 г., с изменением № 1, утвержденным ФГУП «ВНИИР» 27.10.2008 г., с изменением № 2, утвержденным ФГУП «ВНИИР» 03.12.2009 г., с изменением № 3, утвержденным ФГУП «ВНИИР» 15.01.2016 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи расхода жидкости турбинные MVTM (далее – ПР), применяемые в составе систем измерений количества и показателей качества нефти (далее – СИКН), и устанавливает объем, порядок и методику проведения первичной и периодической поверок ПР на месте их эксплуатации.

Поверка ПР осуществляется методом непосредственного сличения в соответствии с требованиями Государственной поверочной схемы (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, обеспечивающим передачу единицы объемного расхода и объема жидкости в потоке от рабочих эталонов 1-го или 2-го разряда и прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы массы (килограмма) ГЭТ 3-2020 и Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Метрологические требования

Пределы допускаемой относительной погрешности при применении в качестве рабочего средства измерений
$\pm 0,15$ % для рабочих ПР в поддиапазонах расхода
$\pm 0,10$ % для ПР, применяемых в качестве контрольного, в точках рабочего диапазона расхода

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют операции, приведенные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Проведение операции при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняются операции поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	6
Опробование	Да	Да	7.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	9
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Примечание – Проверка программного обеспечения выполняется только при наличии программного обеспечения у поверяемого СИ.			

2.2 Если при проведении какой-либо операции поверки получен отрицательный результат, дальнейшую поверку не проводят до устранения выявленных несоответствий.

3 Требования к условиям проведения поверки

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

3.2 Поверку проводят в рабочем диапазоне измерений расхода на основании письменного заявления владельца ПР или лица, представившего ПР на поверку. Рабочий

диапазон измерений расхода поверяемого ПР устанавливает владелец ПР или лицо, представившее ПР на поверку, исходя из условий эксплуатации ПР. Рабочий диапазон измерений расхода не должен выходить за границы диапазона измерений расхода, указанного в описании типа ПР.

Примечания

1 Рабочий диапазон измерений расхода – диапазон измерений расхода рабочей жидкости, в котором эксплуатируется ПР и нормируются его метрологические характеристики.

2 Запрещается проводить определение МХ при расходе нефти ниже значения расхода, при котором проводилась проверка ТПУ на отсутствие протечек во время ее последней поверки.

3.3 Отклонение объемного расхода поверочной жидкости от установленного значения за время измерений в каждой точке рабочего диапазона измерений расхода по абсолютной величине не должно превышать 2,5 %.

3.4 Изменение температуры поверочной жидкости за время одного измерения по абсолютной величине не должно превышать 0,2 °С.

3.5 Вязкость поверочной жидкости должна находиться в пределах диапазона, указанного в описании типа и/или в эксплуатационных документах на поверяемый ПР.

3.6 Содержание свободного газа (воздуха) в поверочной жидкости не допускается.

3.7 Значение избыточного давления в трубопроводе, $P_{изб}$, МПа, после поверяемого ПР должно быть не менее значения, рассчитанного в соответствии с эксплуатационными документами на поверяемый ПР.

Примечание – При отсутствии в эксплуатационных документах на поверяемый ПР указаний по расчету избыточного давления $P_{изб}$ вычисляют по формуле

$$P_{изб} = 1,25 \cdot P_{н.п} + 2 \cdot \Delta P, \quad (1)$$

где $P_{н.п}$ – давление насыщенных паров, определенное в соответствии с ГОСТ 1756 «Нефтепродукты. Определение давления насыщенных паров» или ГОСТ Р 52340 «Нефть. Определение давления паров методом расширения» при максимально возможной температуре поверочной жидкости, МПа;

ΔP – перепад давления на поверяемом ПР, указанный в эксплуатационных документах, МПа.

3.8 Регулирование расхода проводят при помощи регуляторов расхода. Допускается вместо регуляторов расхода использовать запорную арматуру.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки применяют средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки
Раздел 9 Определение метрологических характеристик	Рабочий эталон 2 разряда по части 2 Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (установка трубопоршневая (далее – ТПУ)), утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2356 с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm(0,09 - 0,10)$ %

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки
	Поточный преобразователь плотности (далее – ПП) с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,36 \text{ кг/м}^3$
	Средства измерений избыточного давления с унифицированным выходным сигналом, обеспечивающие измерения избыточного давления в условиях эксплуатации СИКН с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5 \%$
	Средства измерений температуры с унифицированным выходным сигналом, обеспечивающие измерения температуры в условиях эксплуатации СИКН с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$
	Система обработки информации (СОИ) с пределами допускаемой относительной погрешности при преобразовании сигналов от первичных преобразователей и вычислении коэффициента преобразования ПР $\pm 0,025 \%$
	Поточный преобразователь вязкости (далее – ПВ) с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 1,0 \%$
Примечания 1 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. 2 Допускается применять манометры с классом точности 0,6 и термометры с ценой деления $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ и пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$. 3 При отсутствии ПП допускается применять автоматические лабораторные средства измерений плотности с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3 \text{ кг/м}^3$ или средства измерений по ГОСТ 3900 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности» или по ГОСТ Р 51069 «Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром». 4 При отсутствии ПВ допускается применять автоматические лабораторные средства измерений вязкости с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 1,0 \%$ или средства измерений по ГОСТ 33 «Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости».	

4.2 Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть утверждены и аттестованы в качестве эталонов в соответствии с действующим законодательством. Средства измерений, используемые при поверке, должны быть утвержденного типа и поверены в соответствии с действующим законодательством.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении работ соблюдают требования, определяемые документами:

- в области охраны труда;
- в области промышленной безопасности;
- в области пожарной безопасности;
- в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок;
- в области охраны окружающей среды.

5.2 Средства измерений и электрооборудование, установленные на технологической части СИКН и на ТПУ, должны иметь взрывозащищенное исполнение в соответствии с требованиями ГОСТ 31610.0 (ИЕС 60079-0:2017) «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования».

5.3 Поверяемый ПР, средства поверки и вспомогательное оборудование должны применяться в соответствии с требованиями эксплуатационных документов.

5.4 Поверяемый ПР, средства поверки и вспомогательное оборудование не допускается эксплуатировать при давлении поверочной жидкости, превышающем рабочее давление, указанное в их эксплуатационных документах. Применение элементов монтажа или шлангов, не прошедших гидравлические испытания, запрещается.

5.5 К средствам поверки и вспомогательному оборудованию, применяемому при поверке, обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы, площадки и переходы с ограничениями, соответствующие требованиям безопасности.

5.6 При появлении течи поверочной жидкости, загазованности и других ситуаций, препятствующих проведению поверки, поверку прекращают.

6 Внешний осмотр средства измерений

6.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие поверяемого ПР следующим требованиям:

- комплектность должна соответствовать указанной в эксплуатационных документах;
- должны отсутствовать механические повреждения и дефекты, препятствующие применению, а также нарушения герметичности кабельных вводов и видимые повреждения кабеля (кабелей);
- надписи и обозначения на поверяемом ПР должны быть четкие и соответствовать требованиям эксплуатационных документов.

6.2 ПР, не прошедший внешний осмотр, к дальнейшей поверке не допускается до устранения выявленных дефектов.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Подготовка к поверке

7.1.1 Проверяют правильность монтажа средств поверки и поверяемого ПР.

7.1.2 Подготавливают средства поверки согласно указаниям эксплуатационных документов.

7.1.3 Вводят в память СОИ или проверяют введенные ранее данные (вместимость калиброванного участка ТПУ при стандартных условиях, коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ТПУ, внутренний диаметр и толщину стенок калиброванного участка ТПУ, модуль упругости материала стенок калиброванного участка ТПУ, границу неисключенной систематической погрешности ТПУ, границу случайной составляющей погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ, пределы допускаемой абсолютной погрешности средств измерений температуры, пределы допускаемой относительной погрешности СОИ при преобразовании сигналов от первичных преобразователей и вычислении коэффициента преобразования, базовый (заводской) коэффициент преобразования поверяемого СИ), необходимые для обработки результатов поверки.

7.1.4 Проверяют отсутствие свободного газа (воздуха) в измерительной линии с поверяемым ПР, ТПУ, а также в верхних точках трубопроводов, соединяющих поверяемый ПР и средства поверки. Для этого устанавливают расход поверочной жидкости в пределах рабочего диапазона измерений и открывают краны, расположенные в высших точках

измерительной линии и ТПУ. Проводят один или несколько запусков поршня ТПУ, удаляя после каждого запуска газ (воздух). Считают, что газ (воздух) отсутствует полностью, если из кранов вытекает струя поверочной жидкости без газовых пузырьков.

7.1.5 При рабочем давлении проверяют герметичность системы, состоящей из поверяемого ПР и средств поверки. При этом не допускается появление капель или утечек поверочной жидкости через сальники, фланцевые, резьбовые или сварные соединения при наблюдении в течение 10 мин.

7.1.6 Проверяют герметичность запорной арматуры, через которые возможны утечки поверочной жидкости, влияющие на результаты измерений при поверке.

7.1.7 Проверяют герметичность устройства пуска и приема поршня ТПУ в соответствии с эксплуатационными документами.

7.1.8 Проверяют стабильность температуры поверочной жидкости. Температуру поверочной жидкости считают стабильной, если ее изменение в ТПУ не превышает по абсолютной величине $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за время измерения.

7.2 Опробование

7.2.1 Опробование поверяемого ПР проводят совместно со средствами поверки.

7.2.2 Устанавливают объемный расход поверочной жидкости в пределах рабочего диапазона измерений расхода поверяемого ПР.

7.2.3 Наблюдают на дисплее СОИ значения следующих параметров:

- объемного расхода поверочной жидкости в поверяемом ПР;
- температуры и давления поверочной жидкости в поверяемом ПР;
- температуры и давления поверочной жидкости в ТПУ;
- плотности, температуры и давления поверочной жидкости в ПП (в случае применения ПП);
- кинематической вязкости поверочной жидкости, измеренную ПВ (в случае применения ПВ).

Примечание – При отсутствии ПП и ПВ для определения в лаборатории плотности и вязкости в начале поверки, вязкости в конце поверки отбирают точечные пробы в соответствии с требованиями ГОСТ 2517 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб».

7.2.4 Запускают поршень ТПУ. При прохождении поршня через первый детектор СОИ начинает отсчет импульсов выходного сигнала поверяемого ПР, при прохождении второго детектора – заканчивает.

7.2.5 Если ТПУ двунаправленная, то выполняют те же операции при обратном направлении движения поршня.

7.2.6 Результаты измерений количества импульсов, времени измерения, температуры и давления, плотности (при применении ПП) индицируются на дисплее СОИ.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

При проверке программного обеспечения поверяемого ПР проверяют соответствие идентификационных данных программного обеспечения поверяемого ПР идентификационным данным, указанным в описании типа поверяемого ПР.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 При поверке определяют следующие метрологические характеристики (МХ):

- коэффициент преобразования и коэффициент коррекции поверяемого ПР в точках

рабочего диапазона измерений объемного расхода;

- границу относительной погрешности ПР в поддиапазонах измерений объемного расхода;

- границу относительной погрешности ПР, применяемого для контроля МХ, в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода.

9.2 Определение МХ поверяемого ПР проводят не менее чем в трех точках рабочего диапазона измерений объемного расхода. Значения объемного расхода (точки рабочего диапазона измерений) рекомендуется выбирать с интервалом не более 20 % от максимального значения объемного расхода поверяемого ПР. В каждой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода для рабочего ПР проводят не менее пяти измерений, для ПР, применяемого для контроля МХ, проводят не менее семи измерений. Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной. При выборе количества точек рабочего диапазона измерений объемного расхода и размаха (величины) каждого поддиапазона измерений объемного расхода учитывают:

- технические возможности СОИ;
- крутизну градуировочной характеристики (ГХ) поверяемого ПР;
- вид реализации ГХ поверяемого ПР в СОИ.

9.3 Для определения коэффициента преобразования и коэффициента коррекции поверяемого ПР устанавливают выбранное значение объемного расхода по показаниям поверяемого ПР и проводят предварительное измерение для уточнения значения установленного объемного расхода.

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

Объемный расход поверочной жидкости через поверяемый ПР вычисляют по формуле (10).

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

После стабилизации объемного расхода и температуры поверочной жидкости проводят необходимое количество измерений.

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

Если количество импульсов выходного сигнала поверяемого ПР за время между срабатываниями детекторов ТПУ меньше 10000, то СОИ должна определять количество импульсов с долями.

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

- температуры и давления поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ;
- температуры и давления поверочной жидкости в поверяемом ПР;
- плотности, измеренной ПП, температуры и давления поверочной жидкости в ПП (при применении ПП);
- кинематической вязкости поверочной жидкости, измеренной ПВ (при применении ПВ).

При использовании термометров и манометров с визуальным отсчетом температуру и давление фиксируют в начале и конце измерения.

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

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

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

При наличии у ТПУ более одной пары детекторов допускается использовать одновременно две пары детекторов.

Результаты измерений заносят в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А.

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

Т а б л и ц а 4 – Точность представления результатов измерений и вычислений

Наименование показателя	Количество цифр после запятой, не менее	Количество значащих цифр, не менее
Объем, м ³	–	6
Температура, °С	2	–
Давление, МПа	2	–
Плотность, кг/м ³	1	–
Вязкость кинематическая, мм ² /с	2	–
Количество импульсов, имп.	–	6
Интервал времени, с	2	–
Коэффициент преобразования, имп./м ³	–	6
Коэффициент коррекции	-	5
Частота выходного сигнала, Гц	2	–
СКО, погрешность, %	2	–
Примечание – При количестве цифр в целой части числа больше рекомендованного количества значащих цифр число округляют до целого.		

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Объем поверочной жидкости, прошедшей через поверяемый ПР за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, V_{ij} , м³, вычисляют по формуле

$$V_{ij} = V_0 \cdot k_{ij}^{tP}, \quad (2)$$

где V_0 – вместимость калиброванного участка ТПУ при стандартных условиях (температуре жидкости 15 °С или 20 °С и избыточному давлению 0 МПа), м³;

k_{ij}^{tP} – поправочный коэффициент для приведения вместимость калиброванного участка ТПУ к условиям поверки (температуре и давлению жидкости в ПР) для i -го измерения в j -й рабочего диапазона измерений объемного расхода, вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{tP} = k_{ij}^t \cdot k_{ij}^P \cdot k_{ij}^{tж} \cdot k_{ij}^{Pж}, \quad (3)$$

где k_{ij}^t – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ТПУ, для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода и вычисляемый по формуле

$$k_{ij}^t = 1 + 3 \cdot \alpha \cdot (t_{\text{ПУ } ij} - 20), \quad (4)$$

где α – коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ТПУ (берут из эксплуатационных документов на ТПУ или определяют по таблице Б.2 приложения Б), $1/^\circ\text{C}$;

$t_{\text{ПУ } ij}$ – температура поверочной жидкости в ТПУ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, $^\circ\text{C}$, вычисляют по формуле

$$t_{\text{ПУ } ij} = \frac{t_{\text{ВхПУ } ij} + t_{\text{ВыхПУ } ij}}{2}, \quad (5)$$

где $t_{\text{ВхПУ } ij}$, $t_{\text{ВыхПУ } ij}$ – температура поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, $^\circ\text{C}$;

k_{ij}^P – коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ТПУ, для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода и вычисляемый по формуле

$$k_{ij}^P = 1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot S} \cdot P_{\text{ПУ } ij}, \quad (6)$$

где D – внутренний диаметр калиброванного участка ТПУ (берут из эксплуатационных документов на ТПУ), мм;

E – модуль упругости материала стенок калиброванного участка ТПУ (берут из эксплуатационных документов на ТПУ или определяют по таблице Б.2 приложения Б), МПа;

S – толщина стенок калиброванного участка ТПУ (берут из эксплуатационных документов на ТПУ), мм;

$P_{\text{ПУ } ij}$ – давление поверочной жидкости в ТПУ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, МПа, вычисляют по формуле

$$P_{\text{ПУ } ij} = \frac{P_{\text{ВхПУ } ij} + P_{\text{ВыхПУ } ij}}{2}, \quad (7)$$

где $P_{\text{ВхПУ } ij}$, $P_{\text{ВыхПУ } ij}$ – давление поверочной жидкости на входе и выходе ТПУ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, МПа;

$k_{ij}^{t_{\text{ж}}}$ – коэффициент, учитывающий разность температуры поверочной жидкости в поверяемом ПР и ТПУ, для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода и вычисляемый по формуле

$$k_{ij}^{t_{\text{ж}}} = 1 + \beta_{ij} \cdot (t_{\text{ПР } ij} - t_{\text{ПУ } ij}), \quad (8)$$

где β_{ij} – коэффициент объемного расширения поверочной жидкости при температуре $t_{\text{ПУ } ij}$ для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В), $1/^\circ\text{C}$;

$t_{\text{ПР } ij}$ – температура поверочной жидкости в поверяемом ПР за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, $^\circ\text{C}$;

$k_{ij}^{P_{\text{ж}}}$ – коэффициент, учитывающий разность давления поверочной жидкости в поверяемом ПР и ПУ, для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода и вычисляемый по формуле

$$k_{ij}^{P_{\text{ж}}} = 1 - \gamma_{ij} \cdot (P_{\text{ПР } ij} - P_{\text{ПУ } ij}), \quad (9)$$

где γ_{ij} – коэффициент сжимаемости поверочной жидкости при температуре $t_{\text{пу } ij}$ для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В), 1/МПа;

$P_{\text{пр } ij}$ – давление поверочной жидкости в поверяемом ПР за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, МПа.

10.2 Объемный расход поверочной жидкости через поверяемый ПР за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода Q_{ij} , м³/ч, вычисляют по формуле

$$Q_{ij} = \frac{V_{ij}}{T_{ij}} \cdot 3600, \quad (10)$$

где T_{ij} – время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, с.

10.3 Объемный расход поверочной жидкости через поверяемый ПР в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода Q_j , м³/ч, вычисляют по формуле

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

где n_j – количество измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

10.4 Частоту выходного сигнала поверяемого СИ для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода f_{ij} , Гц, вычисляют по формуле

$$f_{ij} = \frac{N_{ij}}{T_{ij}}, \quad (12)$$

где N_{ij} – количество импульсов выходного сигнала поверяемого ПР за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп.;

10.5 Частоту выходного сигнала поверяемого ПР в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода f_j , Гц, вычисляют по формуле

$$f_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} f_{ij}}{n_j}. \quad (13)$$

10.6 Коэффициент преобразования поверяемого ПР для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода K_{ij} , имп/м³, вычисляют по формуле

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{V_{ij}}. \quad (14)$$

10.7 Коэффициент преобразования поверяемого СИ в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода K_j , имп/м³, вычисляют по формуле

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} K_{ij}}{n_j}. \quad (15)$$

10.8 Коэффициент коррекции поверяемого ПР в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода M_{Fj} вычисляют по формуле

$$M_{Fj} = \frac{KF}{K_j}, \quad (16)$$

где KF – базовый (заводской) коэффициент преобразования поверяемого ПР (берут из эксплуатационных документов на поверяемый ПР), имп/м³.

10.9 Среднее квадратическое отклонение значений коэффициентов преобразования в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода S_j , %, вычисляют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ij} - K_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_j} \cdot 100. \quad (17)$$

Примечание – Среднее квадратическое отклонение значений коэффициентов коррекции в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода принимают равным среднему квадратическому отклонению значений коэффициентов преобразования в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

10.10 Проверяют выполнение условия

$$S_j \leq 0,02 \%. \quad (18)$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении данного условия выявляют наличие промахов в полученных результатах измерений, согласно приложения Г. Выявленный промах исключают и проводят дополнительное измерение. При отсутствии промахов выясняют и устраняют причины, обуславливающие невыполнение данного условия и повторно проводят измерения.

При повторном невыполнении данного условия поверку прекращают.

10.11 Определение параметров ГХ поверяемого ПР

При реализации ГХ в виде кусочно-линейной аппроксимации (ломаной линии) зависимость коэффициента коррекции в каждом поддиапазоне измерений объемного расхода от одной из величин Q (м³/ч), f (Гц), имеет вид прямой линии, соединяющей значения коэффициентов коррекции, вычисленных по формуле (16), в граничных точках поддиапазона. По введенным в память СОИ значениям коэффициентов коррекции и соответствующим значениям величин Q (м³/ч), f (Гц) СОИ автоматически вычисляет текущее значение коэффициента коррекции в текущей точке расхода k -го поддиапазона.

10.12 Границу неисключенной систематической погрешности поверяемого ПР Θ_Σ , %, вычисляют:

а) для ПР, применяемого для контроля МХ, по формуле

$$\Theta_\Sigma = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{СОИ}}^2}, \quad (19)$$

б) для рабочих ПР по формуле

$$\Theta_{\Sigma \text{ПД}k} = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{АПД}k}^2 + \Theta_{\text{СОИ}}^2}, \quad (20)$$

где $\Theta_{\Sigma 0}$ – граница неисключенной систематической погрешности ТПУ (берут из свидетельства о поверке или протокола поверки), %;

Θ_{V0} – граница случайной составляющей погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ (берут из свидетельства о поверке или протокола поверки, для ТПУ с двумя парами детекторов берут наибольшее значение), %.

Примечание – При отсутствии информации о значениях $\Theta_{\Sigma 0}$ и Θ_{V0} для ТПУ в формулах (19) и (20) сумму значений $\Theta_{\Sigma 0}^2$ и Θ_{V0}^2 заменяют значением $\delta_{\text{ПУ}}^2$, где $\delta_{\text{ПУ}}$ – предел допускаемой относительной погрешности ТПУ, %;

Θ_t – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью средств измерений температуры при измерениях температуры поверочной жидкости, %, вычисляемая по формуле

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

где $\beta_{\max}$ – максимальное значение, выбранное из ряда коэффициентов объемного расширения поверочной жидкости при всех измерениях в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода, 1/°C, вычисляемое по формуле

$$\beta_{\max} = \max(\beta_{ij}), \quad (22)$$

$\Delta t_{\text{ПУ}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности средств измерений температуры, установленных в ТПУ, °C;

$\Delta t_{\text{ПР}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности средств измерений температуры, установленного около поверяемого ПР, °C;

$\Theta_{\text{АПД}k}$ – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью аппроксимации ГХ для k -го поддиапазона измерений объемного расхода, %, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\text{АПД}k} = 0,5 \cdot \left| \frac{M_{Fj} - M_{F(j+1)}}{M_{Fj} + M_{F(j+1)}} \right|_k \cdot 100, \quad (23)$$

$\Theta_{\text{СОИ}}$ – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью СОИ, %, которую принимают равной пределу допускаемой относительной погрешности при преобразовании сигналов от первичных преобразователей и вычислении коэффициента преобразования

$$\Theta_{\text{СОИ}} = \delta_{\text{СОИ}}, \quad (24)$$

где $\delta_{\text{СОИ}}$ – предел допускаемой относительной погрешности при преобразовании сигналов от первичных преобразователей и вычислении коэффициента преобразования (берут из описания типа, свидетельства о поверке или протокола поверки СОИ), %.

10.13 Границу случайной погрешности поверяемого ПР при доверительной вероятности $P = 0,95$ ε, %, вычисляют:

а) для каждой j -й точки расхода по формуле

$$\varepsilon_j = t_{0,95j} \cdot S_j, \quad (25)$$

где ε_j – граница случайной погрешности в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %;

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

б) при реализации ГХ в виде кусочно-линейной аппроксимации (ломаной линии) для каждого k -го поддиапазона измерений объемного расхода по формуле

$$\varepsilon_{\text{пд}k} = \max(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{mk}) , \quad (26)$$

где $\varepsilon_{\text{пд}k}$ – граница случайной погрешности в k -м поддиапазоне измерений объемного расхода, %;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{mk}$ – границы случайной погрешности в точках k -го поддиапазона измерений объемного расхода, %.

10.14 Границу относительной погрешности поверяемого ПР δ , %, вычисляют:

а) для ПР, применяемого для контроля МХ, по формуле

$$\delta_j = \begin{cases} Z_j \cdot (\Theta_{\Sigma} + \varepsilon_j), & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_j} \leq 8 \\ \Theta_{\Sigma}, & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_j} > 8 \end{cases} , \quad (27)$$

б) для рабочих ПР при реализации ГХ в виде кусочно-линейной аппроксимации (ломаной линии) для каждого k -го поддиапазона измерений объемного расхода по формуле

$$\delta_{\text{пд}k} = \begin{cases} Z_{\text{пд}k} \cdot (\Theta_{\Sigma\text{пд}k} + \varepsilon_{\text{пд}k}), & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma\text{пд}k}}{S_{\text{пд}k}} \leq 8 \\ \Theta_{\Sigma\text{пд}k}, & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma\text{пд}k}}{S_{\text{пд}k}} > 8 \end{cases} , \quad (28)$$

где $Z_j, Z_{\text{пд}k}$ – коэффициент, зависящий от доверительной вероятности P и величины соотношения $\Theta_{\Sigma}/S_j, \Theta_{\Sigma\text{пд}k}/S_{\text{пд}k}$, значение которого определяют по таблице Б.3 приложения Б;

$S_{\text{пд}k}$ – СКО среднего значения результатов измерений в k -м поддиапазоне измерений объемного расхода, %, принимают равным значению СКО среднего значения результатов измерений S_j в точке рабочего диапазона измерений объемного расхода с максимальным значением границы случайной погрешности $\varepsilon_{\text{пд}k}$.

10.15 Оценивание границы относительной погрешности

Поверяемый ПР допускается к применению, если:

а) для рабочих ПР в каждом k -м поддиапазоне измерений объемного расхода при реализации ГХ в виде кусочно-линейной аппроксимации (ломаной линии) выполняется условие

$$\delta_{\text{пд}k} \leq 0,15 \% , \quad (29)$$

б) для ПР, применяемого для контроля МХ, в каждой j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода выполняется условие

$$\delta_j \leq 0,10 \% . \quad (30)$$

Если условие (29) не выполняется, то в зависимости от способа реализации ГХ рекомендуется:

- увеличить количество точек в рабочем диапазоне измерений объемного расхода;
- увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- уменьшить рабочий диапазон измерений объемного расхода;
- увеличить время измерения.

При повторном невыполнении данного условия поверку прекращают.

Если условие (30) не выполняется, то поверяемый ПР не допускается к применению для контроля МХ. В этом случае ПР допускается к применению в качестве рабочего при выполнении условия (29).

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом поверки, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении А. Допускается оформлять протокол поверки в измененном виде.

11.2 Сведения о результатах поверки ПР передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений лицом, проводившим поверку ПР.

11.3 По заявлению владельца ПР или лица, предоставившего ПР на поверку, в случае положительных результатов поверки выдают свидетельство о поверке ПР в соответствии с действующим порядком проведения поверки средств измерений на территории РФ.

На оборотной стороне свидетельства о поверке ПР указывают диапазон измерений объемного расхода, в котором поверен ПР, и пределы допускаемой относительной погрешности.

Протокол поверки является обязательным приложением к свидетельству о поверке.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке ПР, а также на пломбы, установленные на контрольных проволоках, пропущенных через отверстия в шпильках, расположенных на диаметрально противоположных фланцах ПР.

Согласно эксплуатационных документов заносят в СОИ полученные коэффициенты коррекции, значения расхода в точках диапазона измерений объемного расхода.

11.4 По заявлению владельца ПР или лица, предоставившего ПР на поверку, в случае отрицательных результатов поверки выдают извещение о непригодности к применению.

Приложение А
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ № _____

поверки рабочего (резервно-контрольного) преобразователя расхода с помощью поверочной установки

Место проведения поверки: _____

Тип ПР: _____ Зав. № ПР _____ Принадлежит: _____

Тип ПУ: _____ Зав. № ПУ _____ Рабочая жидкость: _____

Вязкость: _____ сСт; _____ сСт Содержание воды в нефти, W: _____
(в начале поверки) (в конце поверки) (в объемных долях)

Т а б л и ц а 1 – Исходные данные

Детекторы ТПУ	V_0 , м³	D , мм	S , мм	E , МПа	α , 1/°C	$\Theta_{\Sigma 0}$, %	Θ_{V0} , %	δ_{COH} , %	$\Delta t_{ПУ}$, °C	$\Delta t_{ПР}$, °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Т а б л и ц а 2 – Результаты измерений

№ точ/ № изм j/i	Q_{ij} , м³/ч	T_{ij} , с	f_{ij} , Гц	N_{ij} , имп	K_{ij} , имп/м³	$t_{пр ij}$, °C	$P_{пр ij}$, МПа	$t_{пу ij}$, °C	$P_{пу ij}$, МПа	$\rho_{ПП ij}$, кг/м³	$t_{пп ij}$, °C	V_{ij} , м³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1/1												
...												
1/ n_1												
...												
$m/1$												
...												
m/n_m												

Т а б л и ц а 3 – Результаты поверки в точках рабочего диапазона

№ точки, j	Q_j , м³/ч	K_j , имп/м³	S_j , %	ε_j , %	δ_j , %	M_{Fj}
1	2	3	4	5	6	7
1						
...						
m						

Т а б л и ц а 4 – Результаты поверки в поддиапазонах

Q_j , м³/ч	Q_{j+1} , м³/ч	$\varepsilon_{пдк}$, %	$\Theta_{апдк}$, %	$\Theta_{\Sigma пдк}$, %	$\delta_{пдк}$, %
1	2	3	4	5	6

Заключение: преобразователь расхода признан годным/ не годным и допущен/ не допущен к применению с пределами допускаемой относительной погрешности ____ %

Подпись лица, проводившего поверку _____

Дата поверки «__» _____ 20__ г.

Примечание – Графу 6 таблицы 3 заполняют только при поверке ПР, применяемого для контроля МХ.

Приложение Б (справочное)

Справочные материалы

Б.1 Квантиль распределения Стьюдента

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

Таблица Б.1 – Значения квантиля распределения Стьюдента при доверительной вероятности $P=0,95$

$n-1$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{0,95j}$	3,182	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,201	2,179

Б.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 Б.2.

Таблица Б.2 – Коэффициенты линейного расширения и значения модуля упругости материалов стенок калиброванного участка ТПУ

Материал стенок ТПУ	α , $1/^\circ\text{C}$	E , МПа
Сталь углеродистая	$11,2 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^5$
Сталь легированная	$11,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая	$16,6 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^5$
Латунь	$17,8 \cdot 10^{-6}$	-
Алюминий	$24,5 \cdot 10^{-6}$	-
Медь	$17,4 \cdot 10^{-6}$	-
Примечание – Если значения α и E приведены в технической документации на ТПУ, то используют значения, приведенные в технической документации на ТПУ		

Б.3 Определения коэффициента $Z_j(Z_{\text{ПДк}})$

Таблица Б.3 – Значения коэффициента $Z_j(Z_{\text{ПДк}})$ в зависимости от отношения

$\Theta_\Sigma / S_j \left(\Theta_{\Sigma\text{ПДк}} / S_{\text{ПДк}} \right)$ при доверительной вероятности $P = 0,95$

$\frac{\Theta_\Sigma}{S_j} \left(\frac{\Theta_{\Sigma\text{ПДк}}}{S_{\text{ПДк}}} \right)$	0,8	1	2	3	4	5	6	7	8
$Z_j(Z_{\text{ПДк}})$	0,76	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81

Приложение В (справочное)

Определение коэффициентов β и γ

В.1 Определение коэффициента β

Значение коэффициента объемного расширения поверочной жидкости при температуре t β_t , $1/^\circ\text{C}$ вычисляют по формуле

$$\beta_t = \beta_{15} + 1,6 \cdot \beta_{15}^2 \cdot (t - 15), \quad (\text{B.1})$$

где t – значение температуры поверочной жидкости, $^\circ\text{C}$;

β_{15} – значение коэффициента объемного расширения поверочной жидкости при температуре 15°C и избыточном давлении 0 МПа, $1/^\circ\text{C}$, для нефти вычисляют по формуле

$$\beta_{15} = \frac{613,9723}{\rho_{15}^2}, \quad (\text{B.2})$$

где ρ_{15} – значение плотности поверочной жидкости при температуре 15°C и избыточном давлении 0 МПа, кг/м^3 .

В.2 Определение коэффициента γ

Коэффициент сжимаемости поверочной жидкости при температуре t γ_t , $1/\text{МПа}$, вычисляют по формуле

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

В.3 Определение плотности ρ_{15}

Значение плотности поверочной жидкости при температуре 15°C и избыточном давлении 0 МПа ρ_{15} , кг/м^3 вычисляют по формуле

$$\rho_{15} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{CTL_{\text{ПП}} \cdot CPL_{\text{ПП}}}, \quad (\text{B.4})$$

где $\rho_{\text{ПП}}$ – значение плотности поверочной жидкости, измеренное ПП, кг/м^3 ;

$CTL_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем поверочной жидкости, определенный для температуры $t_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} , вычисляют по формуле

$$CTL_{\text{ПП}} = \exp \left[-\beta_{15} \cdot (t_{\text{ПП}} - 15) \cdot (1 + 0,8 \cdot \beta_{15} \cdot (t_{\text{ПП}} - 15)) \right], \quad (\text{B.5})$$

где $t_{\text{ПП}}$ – значение температуры поверочной жидкости в ПП, $^\circ\text{C}$;

$CPL_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем поверочной жидкости, определенный для $t_{\text{ПП}}$, $\rho_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} , вычисляют по формуле

$$CPL_{\text{ПП}} = \frac{1}{1 - \gamma_{\text{ПП}} \cdot P_{\text{ПП}}}, \quad (\text{B.6})$$

где $\gamma_{\text{ПП}}$ – коэффициент сжимаемости поверочной жидкости при температуре $t_{\text{ПП}}$, $1/\text{МПа}$, вычисляют по формуле (B.3);

$P_{\text{ПП}}$ – значение давления поверочной жидкости в ПП, МПа.

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

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

Вычисляют значение $\rho_{15(1)}$, кг/м³ по формуле

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

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

Вычисляют значение $\rho_{15(2)}$, кг/м³ по формуле

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

Аналогично вычисляют значения $CTL_{\text{ПП}(i)}$, $CPL_{\text{ПП}(i)}$ и $\rho_{15(i)}$ для i -го цикла вычислений и проверяют выполнение условия

$$|\rho_{15(i+1)} - \rho_{15(i)}| \leq 0,01, \quad (\text{B.9})$$

где $\rho_{15(i+1)}$, $\rho_{15(i)}$ – значения ρ_{15} , определенные, соответственно, за последний и предпоследний цикл вычислений, кг/м³.

Приложение Г (справочное)

Методика анализа результатов измерений на наличие промахов

Проверка результатов измерений на один промах по критерию Граббса при определении коэффициента преобразования поверяемого ПР.

СКО результатов измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода S_j , имп/м³, вычисляют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ij} - K_j)^2}{n_j - 1}}, \quad (\text{Г.1})$$

где K_{ij} – коэффициент преобразования поверяемого ПР для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м³;

K_j – коэффициент преобразования поверяемого ПР в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м³;

n_j – количество измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

Примечание – При $S_j < 0,001$ принимаем $S_j = 0,001$.

Вычисляют наиболее выделяющееся соотношение U по формуле

$$U = \max \left(\left| \frac{K_{ji} - K_j}{S_j} \right| \right), \quad (\text{Г.2})$$

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

Т а б л и ц а Г . 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