

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

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

Государственный научный метрологический центр

ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по развитию ФГУП «ВНИИР»



ИНСТРУКЦИЯ


Государственная система обеспечения единства измерений

Установка поверочная на базе счетчика-расходомера массового CMF 300
эталонного 2-го разряда

Методика поверки

МП 0461-14-2016

Начальник НИО-14 ФГУП «ВНИИР»


_____ Р.Н. Груздев

Тел.: (843) 299-72-00

г. Казань
2016

Настоящая инструкция распространяется на установку поверочную на базе счетчика-расходомера массового СМФ 300 эталонного 2-го разряда (далее – ПУ) и устанавливает порядок и методику проведения первичной и периодической поверок ПУ.

ПУ предназначена для проведения поверки и контроля метрологических характеристик счётчиков-расходомеров массовых (СРМ), входящих в состав системы измерений количества и показателей качества нефти ПСП «Малая Пурга» ООО «КНК» (далее – СИКН) в условиях их эксплуатации.

Интервал между поверками ПУ – 12 месяцев.

1 Операции поверки

При проведении поверки выполняют операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта инструкции	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Проверка комплектности технической документации	6.1	Да	Нет
Подтверждение соответствия программного обеспечения	6.2	Да	Да
Внешний осмотр	6.3	Да	Да
Опробование	6.4	Да	Да
Определение метрологических характеристик	6.5	Да	Да
Обработка результатов измерений	7	Да	Да
Оформление результатов поверки	8	Да	Да

2 Средства поверки

При проведении поверки применяют следующие средства измерений:

2.1 Государственный первичный эталон единицы массового и объемного расхода жидкости ГЭТ 63–2013 (далее – ГЭТ 63), имеющий следующие метрологические характеристики:

–диапазон измерений массового расхода, т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$)	от 2,5 до 500;
–среднее квадратическое отклонение	$8,0 \cdot 10^{-3}$;
–неисключённая систематическая погрешность	$1,6 \cdot 10^{-2}$;
–суммарная погрешность	$3,6 \cdot 10^{-2}$.

2.2 Поверочные установки (трубопоршневые или на базе компакт-пруверов) (далее – ТПУ) с диапазоном измерений объемного расхода, обеспечивающим возможность проведения поверки ПУ, и пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,05$ %.

2.3 Поточный преобразователь плотности (ПП) с диапазоном измерений плотности, обеспечивающим проведение поверки и пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,36$ кг/м³.

2.4 Преобразователи температуры или термометры ртутные стеклянные лабораторные ТЛ–4 с диапазоном измерений температуры, обеспечивающим проведение поверки, и пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С.

2.5 Преобразователи давления или манометры с диапазоном измерений давления, обеспечивающим проведение поверки, с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5$ % и манометры класса точности 0,6.

2.6 Гигрометр психрометрический ВИТ–1 по ТУ 25–11.1645–84.

2.7 При проведении поверки средств измерений в составе ПУ применяют средства поверки, указанные в нормативных документах (НД) на методики поверки средств измерений, входящих в состав ПУ, приведенных в таблице 2 настоящей инструкции.

2.8 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик ПУ с требуемой точностью.

3 Требования безопасности

При проведении поверки соблюдают требования, определяемые:

– «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (приказ Ростехнадзора от 12.03.2013 № 101), «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27.12.2012 г. № 784), а также другие действующие отраслевые НД;

– правилами безопасности при эксплуатации используемых средств измерений, приведенными в их эксплуатационной документации;

– правилами технической эксплуатации электроустановок;

– правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;

– правилами безопасности труда и пожарной безопасности, действующими на ГЭТ 63.

К работе допускаются лица, изучившие правила и требования техники безопасности и прошедшие соответствующий инструктаж.

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

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

4 Условия поверки

При проведении поверки соблюдают условия в соответствии с требованиями НД на методики поверки средств измерений, входящих в состав ПУ.

При проведении поверки счетчика-расходомера массового СМФ 300 эталонного 2-го разряда, входящего в состав ПУ (далее – ЭСРМ), на ГЭТ 63 должны соблюдаться следующие условия:

– температура окружающего воздуха, °С	от +10 до +25;
– относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80;
– поверочная жидкость	вода;
– температура поверочной жидкости, °С	от +5 до +30;
– рабочий диапазон измерений массового расхода, т/ч	от 10 до 150;
– изменение температуры поверочной жидкости за время одного измерения, °С, не более	±0,2;
– отклонение значения массового расхода поверочной жидкости от требуемого значения при установке расхода, %, не более	±2;
– изменение значения массового расхода поверочной жидкости за время одного измерения, %, не более	±1;
– давление поверочной жидкости на выходе измерительной линии (ИЛ) ГЭТ 63, МПа, не менее	0,1;
– наличие внешних вибраций	не допускается;
– напряжение сети переменного тока, В	от 198 до 242;
– частота питающего напряжения, Гц	50 ±1.

При проведении поверки ЭСРМ по ТПУ должны соблюдаться следующие условия:

- рабочий диапазон измерений массового расхода, должен охватывать рабочие диапазоны каждого рабочего СРМ, установленного на СИКН;
- изменение расхода поверочной жидкости в процессе поверки от установленного значения (в точке расхода) не должно превышать 2,5 %;
- изменение температуры поверочной жидкости за время одного измерения (время прохождения поршнем калиброванного участка ТПУ) не более ±0,2 °С;
- содержание свободного газа в поверочной жидкости не допускается;
- избыточное давление поверочной жидкости в конце технологической схемы поверки рекомендуется устанавливать не менее 0,3 МПа.

5 Подготовка к поверке

Подготовку ГЭТ 63 и ПУ осуществляют в соответствии с их эксплуатационной документацией.

Перед проведением поверки выполняют следующие операции:

- подготавливают ГЭТ 63 к работе в строгом соответствии с требованиями технической документации;
- подготавливают съёмные, прямолинейные участки ИЛ и уплотнения фланцевых соединений для монтажа поверяемого ЭСРМ из состава ПУ в ИЛ ГЭТ 63;
- определяют направление нормального (прямого) потока жидкости, проходящего через поверяемый ЭСРМ, направление нормального потока жидкости указывает стрелка на корпусе сенсора массового расхода ЭСРМ;
- после завершения монтажа заполняют ИЛ ГЭТ 63, а также полость сенсора массового расхода поверяемого ЭСРМ поверочной жидкостью;
- подключают сенсор ЭСРМ к измерительному преобразователю (2700R) с помощью соединительного кабеля, входящего в комплект ЭСРМ, в строгом соответствии с требованиями технической документации на ЭСРМ;
- перед началом поверки эталонные весы и измерительно-вычислительный комплекс, входящие в состав ГЭТ 63, должны находиться во включенном состоянии не менее 1 часа;
- производят установку нуля ЭСРМ (согласно руководству по эксплуатации ЭСРМ).

6 Проведение поверки

6.1 Проверка комплектности технической документации

6.1.1 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке и (или) знаков поверки на средства измерений, приведенные в таблице 2 настоящей инструкции, а так же эксплуатационно-технической документации на ПУ и средства измерений, входящие в ее состав.

6.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения

6.2.1 При проверке идентификационных данных программного обеспечения (ПО) ПУ должно быть установлено соответствие идентификационных данных ПО ПУ сведениям, приведенным в описании типа на ПУ.

6.2.2 При проверке идентификационных данных ПО контроллера измерительного FloBoss модели S600+ должно быть установлено соответствие идентификационных данных ПО контроллера измерительного FloBoss модели S600+ сведениям, приведенным в описании типа на него. Определение идентификационных данных ПО проводят в соответствии с его руководством пользователя в следующей последовательности:

- а) включить питание контроллера измерительного FloBoss модели S600+, если питание было выключено;

б) дождаться после включения питания появления на дисплее контроллера измерительного FloBoss модели S600+ главного меню или войти в главное меню;

в) в главном меню нажатием клавиши «5» выбрать пункт меню «5.SYSTEM SETTINGS»;

г) нажатием клавиши «7» выбрать пункт меню «7.SOFTWARE VERSION»;

д) нажатием клавиши «→» (стрелка вправо) получить идентификационные данные со следующих экранов:

1) «FILE CSUM SW: 0259» – цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма);

2) «APPLICATION SW» – номер версии ПО контроллера измерительного FloBoss модели S600+

6.2.3 Проверка номера версии ПО ЭСРМ выполняют в соответствии со схемой, приведенной на Рисунке А-3 документа MMI-20019043, Версия АА «Преобразователи Micro Motion модели 2700 с аналоговыми выходами. Руководство по конфигурированию и применению».

6.2.4 В случае, если идентификационные данные ПО не соответствуют данным указанным в описании типа на ПУ и контроллер измерительный FloBoss модели S600+, поверку прекращают. Выясняют и устраняют причины вызвавшие несоответствие. После чего повторно проверяют идентификационные данные ПО. В случае, повторного несоответствия данным указанным в описании типа, поверку прекращают.

6.3 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие ПУ следующим требованиям:

- комплектность ПУ должна соответствовать технической документации;
- на компонентах ПУ не должно быть механических повреждений и дефектов (вмятин, трещин и т. п.), препятствующих применению ПУ;
- маркировка, надписи и обозначения на компонентах ПУ должны быть четкими и соответствовать технической документации.

6.4 Опробование

Опробование проводят в соответствии с НД на поверку средств измерений, входящих в состав СИКН.

6.5 Определение метрологических характеристик

6.5.1 Определение метрологических характеристик средств измерений, входящих в состав ПУ.

Определение метрологических характеристик средств измерений, входящих в состав ПУ, проводят в соответствии с НД, приведенными в таблице 2.

Таблица 2

Наименование СИ	НД
ЭСРМ	В соответствии с п.п. 6.5.2 или 6.5.3 настоящей инструкции
Контроллеры измерительные FloBoss модели S600+ (далее – ИВК)	Документ МП 117-221-2013 «Контроллеры измерительные FloBoss S600+. Методика поверки», утвержденный ФГУП «УНИИМ» в апреле 2014 г.
Датчики давления Метран-150	Документ МП 4212-012-2013 «Датчики давления Метран-150. Методика поверки», утвержденный ГЦИ СИ ФБУ «Челябинский ЦСМ» в ноябре 2013 г.
Преобразователи измерительные Rosemount 644	Документ 12.5314.000.00 МП «Преобразователи измерительные Rosemount 644, Rosemount 3144P. Методика поверки», утвержденный ГЦИ СИ ФБУ «Челябинский ЦСМ» в декабре 2013 г.
Термопреобразователи сопротивления Rosemount 0065	ГОСТ 8.461-2009 «ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Методика поверки».
Термометры ртутные стеклянные лабораторные ТЛ-4	ГОСТ 8.279-78 «ГСИ. Термометры стеклянные жидкостные рабочие. Методика поверки».
Манометры для точных измерений типа МПТИ	Документ 5Ш0.283.421 МП «Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие для точных измерений МПТИ, ВПТИ и МВПТИ. Методика поверки», утвержденный ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС» в 2011 г.

ИВК так же как и автоматизированное рабочее место оператора входит в состав СИКН и применяется для реализации функций ПУ.

6.5.2 Определение метрологических характеристик ЭСРМ при применении ГЭТ 63

6.5.2.1 Опробование

Устанавливают расход поверочной жидкости, соответствующий нижнему пределу рабочего диапазона измерений массового расхода поверяемого ЭСРМ.

Перед началом поверки время циркуляции поверочной жидкости в гидравлической системе ГЭТ 63 должно составлять не менее 1 часа. При протекании поверочной жидкости в гидравлической системе контролируют отсутствие свободного газа (воздуха) в ИЛ и полости сенсора

массового расхода поверяемого ЭСРМ с помощью смотрового стекла, расположенного на выходе ИЛ ГЭТ 63.

Перед началом проведения поверки ЭСРМ в преобразователе 2700R должны быть введены значения максимального расхода $Q_{\max} = 150$ т/ч и коэффициента коррекции $MF = 1$.

Затем перекрывают вход и выход ИЛ и осуществляют установку нуля ЭСРМ в строгом соответствии с требованиями технической документации на ЭСРМ.

Далее создают в гидравлической системе ГЭТ 63 максимально возможное давление поверочной жидкости. Поверяемый ЭСРМ считают прошедшим проверку герметичности, если в течение 15 минут не наблюдалось просачивания поверочной жидкости во фланцевых соединениях ЭСРМ.

Опробование поверяемого ЭСРМ проводят путём увеличения или уменьшения массового расхода поверочной жидкости в пределах рабочего диапазона измерений. Результаты опробования ЭСРМ считают положительными, если при увеличении или уменьшении массового расхода показания на дисплее преобразователя 2700R изменяются соответствующим образом (увеличиваются или уменьшаются).

6.5.2.2 Проведение поверки ЭСРМ

При поверке ЭСРМ определяют следующие метрологические характеристики (МХ):

- коэффициент преобразования в точках рабочего диапазона измерений массового расхода (K_j , имп/кг);
- коэффициент коррекции в точках рабочего диапазона измерений массового расхода (MF_j);
- среднее квадратическое отклонение (СКО) результатов измерений в точках рабочего диапазона измерений массового расхода (S_j , %);
- случайную составляющую погрешности в точках рабочего диапазона измерений массового расхода (ε_j , %);
- относительную погрешность ЭСРМ в точках рабочего диапазона измерений массового расхода (δ_M , %).

Поверку ЭСРМ проводят при следующих значениях массового расхода: $Q_1 = 10$ т/ч; $Q_2 = 45$ т/ч; $Q_3 = 75$ т/ч; $Q_4 = 105$ т/ч; $Q_5 = 115$ т/ч; $Q_6 = 150$ т/ч.

Последовательность установки значений массового расхода может быть выбрана как от меньших значений к большим, так и наоборот. Поверочный расход устанавливают по преобразователю расхода, входящему в состав ГЭТ 63. Стабильность расхода контролируют при помощи одного из программных реверсивных счётчиков, который работает в режиме измерений частоты.

В момент начала измерения перекидное устройство переключается в положение «Измерение», в результате чего поверочная жидкость, прошедшая через ЭСРМ, поступает в накопительную ёмкость, размещённую непосредственно на взвешивающей платформе весов.

Одновременно с этим начинается счёт электрических импульсов, генерируемых ЭСРМ, при помощи программного реверсивного счётчика, входящего в состав ГЭТ 63.

В момент окончания измерения перекидное устройство переключается в положение «Пролёт», наполнение накопительной ёмкости поверочной жидкостью и счёт электрических импульсов прекращаются. Начало и окончание измерения осуществляются по команде оператора нажатием кнопок «Старт» и «Стоп» соответственно.

При каждом измерении в данной точке рабочего диапазона измерений массового расхода регистрируют количество импульсов ЭСРМ (N_{ij} , имп) (количество импульсов ЭСРМ предпочтительно должно составлять не менее 100000), измеренную ГЭТ 63 массу поверочной жидкости (M_{ij}^{\varnothing} , кг), а также значения температуры (t_{Π} , °C) и давления (P_{Π} , МПа) поверочной жидкости.

В каждой точке диапазона измерений массового расхода ЭСРМ проводят не менее одиннадцати измерений.

Результаты измерений заносят в протокол, форма которого приведена в Приложении А.

6.5.2.3 Обработка результатов измерений

Значение поверочного расхода (Q_{ij} , кг/ч) при i -ом измерении в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют при помощи следующего соотношения

$$Q_{ij} = \frac{M_{ij}^{\varnothing} \cdot 3600}{\tau_{ij}}, \quad (1)$$

где M_{ij}^{\varnothing} – масса поверочной жидкости, измеренная ГЭТ 63, при i -ом измерении в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, кг;

τ_{ij} – время наполнения накопительной ёмкости ГЭТ 63 поверочной жидкостью, с.

Коэффициент преобразования ЭСРМ (K_{ij} , имп/кг) при i -ом измерении в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{M_{ij}^{\varnothing}}, \quad (2)$$

где N_{ij} – количество импульсов ЭСРМ, регистрируемое измерительно-вычислительным комплексом ГЭТ 63, при i -ом измерении в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, имп.

Коэффициент коррекции ЭСРМ (MF_{ij}) при i -ом измерении в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$MF_{ij} = \frac{M_{ij}^{\text{э}}}{M_{ij}} \cdot MF_{\text{уст}}, \quad (3)$$

где $MF_{\text{уст}}$ – коэффициент коррекции ЭСРМ установленный ранее (по результатам предыдущей поверки или равный 1);

M_{ij} – масса поверочной жидкости, измеренная ЭСРМ при i -ом измерении в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, кг, определяют по формуле

$$M_{ij} = \frac{N_{ij}}{K_{nm}}, \quad (4)$$

где K_{nm} – коэффициент преобразования ЭСРМ, соответствующий максимальному массовому расходу ЭСРМ, (имп/кг), определяют по формуле

$$K_{nm} = \frac{f_{\text{max}} \cdot 3600}{Q_{\text{max}}}, \quad (5)$$

где Q_{max} – максимальный массовый расход ЭСРМ, кг/ч;

f_{max} – максимальная частота выходного сигнала ЭСРМ, соответствующая максимальному массовому расходу ЭСРМ, Гц.

Среднее значение коэффициента коррекции ЭСРМ (MF_j) в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$MF_j = \frac{\sum_{i=1}^n MF_{ij}}{n}, \quad (6)$$

где n – количество измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода ($n \geq 11$).

Среднее значение коэффициента преобразования ЭСРМ (K_j , имп/кг) в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^n K_{ij}}{n}, \quad (7)$$

Среднее значение расхода (Q_j , кг/ч) при поверке в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

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

СКО результатов измерений (S_j , %) в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$S_j = \frac{1}{K_j} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{ij} - K_j)^2}{n-1}} \cdot 100, \quad (9)$$

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \leq 0,015\%, \quad (10)$$

При невыполнении условия (10) выявляют наличие грубых промахов в полученных результатах измерений в соответствии с приложение Г. При отсутствии грубых промахов проверяют правильность монтажа и подключения ЭСРМ и производят повторную установку нуля. Если же условие (10) снова не выполняется, то ЭСРМ подлежит профилактическому осмотру.

Границы случайной составляющей погрешности (ε_j , %) в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$\varepsilon_j = t_{0,99} \cdot \frac{S_j}{\sqrt{n}}, \quad (11)$$

где $t_{0,99}$ – квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,99$ (см. таблицу 3).

Таблица 3

n	11	13	15	16	17
$t_{0,99}$	3,169	3,005	2,977	2,262	2,921

Границу неисключённой систематической погрешности ЭСРМ (Θ , %) определяют по формуле

$$\Theta = \Theta_{\Sigma} + \Theta_{ИВК} + \Theta_K, \quad (12)$$

где Θ_{Σ} – границы неисключённой систематической погрешности ГЭТ 63 ($\Theta_{\Sigma} = \pm 0,036\%$), %;

$\Theta_{ИВК}$ – границы неисключённой систематической погрешности обусловленные погрешностью измерений количества импульсов ЭСРМ при последующей эксплуатации с помощью ИВК, входящего в состав СИКН ($\Theta_{ИВК} = \pm 0,01\%$), %;

Θ_K – границы неисключённой систематической погрешности ЭСРМ, обусловленной усреднением коэффициента преобразования ЭСРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %, определяют по формуле

$$\Theta_K = \max \left| \frac{K_j - K}{K} \right| \cdot 100, \quad (13)$$

где K – среднее значение коэффициента преобразования ЭСРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода определяют по формуле

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

где m – количество точек диапазона измерений массового расхода.

СКО суммы неисключённых систематических погрешностей (S_{Θ} , %) определяют по формуле

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot (\Theta_{\Sigma}^2 + \Theta_{ИВК}^2 + \Theta_K^2)}, \quad (15)$$

Для исключения дополнительной погрешности (Θ_p , %), обусловленной разностью давления поверочной жидкости при поверке на ГЭТ 63 и поверочной жидкости при последующей эксплуатации ЭСРМ в составе СИКН, применяют коррекцию по давлению в соответствии с технической документацией на ЭСРМ.

Для исключения дополнительной погрешности (Θ_t , %), обусловленной изменением температуры поверочной жидкости при последующей эксплуатации ЭСРМ в составе СИКН, необходимо контролировать смещения его нуля в соответствии с требованиями технической документацией на ЭСРМ.

СКО суммы неисключённых систематических и случайных погрешностей (S_{Σ} , %) определяют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\frac{S_{j\max}^2}{n} + S_{\Theta}^2}, \quad (16)$$

где $S_{j\max}$ – СКО результатов измерений, имеющее максимальное значение в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %.

Коэффициент для нахождения доверительных границ суммы случайных и неисключённых систематических погрешностей (t_{Σ}) определяют по формуле

$$t_{\Sigma} = \frac{\Theta + \varepsilon_{j\max}}{S_{\Theta} + \frac{S_{j\max}}{\sqrt{n}}}, \quad (17)$$

где $\varepsilon_{j\max}$ – границы случайной составляющей погрешности, имеющей максимальное значение, в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %.

Относительную погрешность (δ_{Σ} , %) ЭСРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода определяют по формуле

$$\delta_{\Sigma} = t_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma}, \quad (18)$$

Результаты поверки ЭСРМ считают положительными, если выполняется следующее условие

$$|\delta_{\Sigma}| \leq 0,1\%, \quad (19)$$

6.5.3 Определение метрологических характеристик ЭСРМ при применении ТПУ

6.5.3.1 Опробование

Опробование ЭСРМ проводят в комплекте со средствами поверки в следующей последовательности

Запускают поршень ТПУ. При прохождении поршня через первый по ходу движения детектор начинается отсчет импульсов сигнала ЭСРМ. При прохождении поршня через следующий детектор отсчет импульсов прекращается. Если ТПУ двунаправленная, проводят те же операции при обратном направлении движения поршня.

Изменяют расход поверочной жидкости в пределах рабочего диапазона измерений.

Результаты опробования считают удовлетворительными, если при увеличении/уменьшении расхода поверочной жидкости соответствующим образом изменялись показания на дисплее ЭСРМ.

6.5.3.2 Определение МХ ЭСРМ

МХ ЭСРМ определяют при значениях расхода поверочной жидкости соответствующих $Q_1 = 10$ т/ч; $Q_2 = 45$ т/ч; $Q_3 = 75$ т/ч; $Q_4 = 105$ т/ч; $Q_5 = 115$ т/ч; $Q_6 = 150$ т/ч. Поверочная жидкость нефть.

Последовательность определения МХ выбирают как от меньших значений расхода к большему, так и от больших к меньшим.

Для каждого значения расхода поверочной жидкости измеряют: массу жидкости поверяемым ЭСРМ, объем поверочной жидкости ТПУ, плотность поверочной жидкости ПП.

Запускают поршень ТПУ. В процессе измерения (движения поршня от одного детектора до другого) фиксируют температуру и давление в ПП, на входе и выходе ТПУ, а также плотность поверочной жидкости. Температуру, давление и плотность поверочной жидкости принимают равными среднему значению двух измерений – в начале и в конце прохождения поршня. При использовании термометров и манометров с визуальным отсчетом допускается фиксировать температуру и давление один раз за период прохождения поршня.

Результаты измерений заносят в протокол, форма которого приведена в Приложении Б. В протоколе указывают расход, количество импульсов, поступивших с ЭСРМ, средние значения температуры и давления поверочной жидкости в ЭСРМ, ПП и ТПУ, плотность поверочной жидкости.

При применении двунаправленной ТПУ описанные выше операции проводят и при движении поршня в обратном направлении. При этом пуск поршня в каждом направлении допускается считать за одно измерение, если в свидетельстве о поверке ТПУ указаны МХ для каждого направления движения поршня.

Массу поверочной жидкости ($M_{ij}^{ТПУ}$, т) измеренную по ТПУ и ПП, определяют по формуле

$$M_{ij}^{ТПУ} = V_{oij} \cdot \rho_{ij} \cdot K_{tij}^{жс} \cdot K_{pij}^{жс} \cdot 10^{-3}, \quad (20)$$

- где V_{oij} - объём поверяемой жидкости в калиброванном участке ТПУ в условиях поверки при i -том измерении в j -той точке расхода, m^3 ;
- ρ_{ij} - значение плотности поверочной жидкости при температуре и давлении в ПП при i -том измерении в j -той точке расхода, kg/m^3 ;
- $K_{tij}^{жс}$ - коэффициент, учитывающий разность температуры поверочной жидкости в ТПУ и ПП при i -том измерении в j -той точке расхода;
- $K_{pij}^{жс}$ - коэффициент, учитывающий разность давления поверочной жидкости в ТПУ и ПП при i -том измерении в j -той точке расхода.

Объем поверочной жидкости (V_{oij} , м³), определяют по формуле

$$V_{oij} = V \cdot K_{ij} \cdot K_{pij}, \quad (21)$$

где V - объём поверяемой жидкости в калиброванном участке ТПУ при ($t=20$ °С и $P_{изб}=0$ МПа), м³;

K_{pij} - коэффициент, учитывающий влияние давления поверочной жидкости на объём ТПУ определяют по формуле

$$K_{pij} = 1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot S} \cdot P_{ТПУij}, \quad (22)$$

где D - внутренний диаметр калиброванного участка ТПУ, мм (определяют из технических документов на ТПУ);

E - модуль упругости материала стенок ТПУ, МПа (определяют из таблицы В.3 приложения В);

S - толщина стенки калиброванного участка ТПУ, мм;

$P_{ТПУij}$ - давление жидкости в ТПУ при i -том измерении в j -той точке расхода, МПа;

K_{pij} - коэффициент, учитывающий влияние давления поверочной жидкости на объём компакт-прувера определяют по формуле (22а);

$$K_{pij} = 1 + \frac{D}{E \cdot S} \cdot P_{ТПУij}, \quad (22a)$$

где D - внутренний диаметр калиброванного участка компакт-прувера, мм (из технических документов на компакт-прувер);

модуль упругости материала стенок компакт прuvera, МПа (определяют из

E - таблицы В.3 приложения В или паспорта или технической документации на ТПУ);

S - толщина стенки калиброванного участка компакт-прувера, мм;

$P_{ТПУij}$ - давление поверочной жидкости в ТПУ при i -том измерении в j -той точке расхода, МПа;

K_{ij} - коэффициент, учитывающий влияние температуры поверочной жидкости на объём ТПУ определяют по формуле (23)

$$K_{ij} = 1 + 3 \cdot \alpha \cdot (t_{ТПУij} - 20), \quad (23)$$

где α - коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ТПУ, 1/°С (определяют из таблицы В.3 приложения В или паспорта или технической документации на ТПУ);

$t_{ТПУij}$ - температура поверочной жидкости в ТПУ при i -том измерении в j -той точке расхода, °С.

Объем поверочной жидкости, измеренный компакт-прувером, определяют по формулам (20), (21), (22а), (23а), (24), (25).

K_{ij} - коэффициент, учитывающий влияние температуры поверочной жидкости на объем компакт-прувера определяют по формуле (23а)

$$K_{ij} = (1 + \alpha_k \cdot (t_{ТПУj} - 20)) \cdot (1 + \alpha_{ин} \cdot (t_{ij}^{cm} - 20)), \quad (23а)$$

где α_k - квадратичный коэффициент расширения материала стенок компакт-прувера, $1/^\circ\text{C}$, (определяют из таблицы В.3 приложения В или паспорта или технической документации на компакт-прувер);

α_{cm} - коэффициент линейного расширения материала инваровых стержней, на котором установлены оптические переключатели (детекторы), $1/^\circ\text{C}$ (принимают равным $1,44 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$);

t_{ij}^{cm} - значение температуры инваровых стержней при j -м измерении в i -ой точке рабочего диапазона (принимают равным температуре окружающей среды), $^\circ\text{C}$.

$K_{ij}^{жс}$ - коэффициент, учитывающий разность температуры поверочной жидкости в ТПУ и ПП при i -том измерении в j -той точке расхода, определяют по формуле

$$K_{ij}^{жс} = 1 + \beta_{ij} \cdot (t_{нлj} - t_{ТПУj}), \quad (24)$$

где β_{ij} - коэффициент объемного расширения поверочной жидкости при i -том измерении в j -той точке расхода, $1/^\circ\text{C}$, (определяют по пункту В.2 приложения В);

$t_{нлj}$ - температура поверочной жидкости в ПП при i -том измерении в j -той точке расхода, $^\circ\text{C}$.

$K_{rij}^{жс}$ - коэффициент, учитывающий разность давления поверочной жидкости в ТПУ и ПП при i -том измерении в j -той точке расхода, определяют по формуле

$$K_{rij}^{жс} = 1 + \gamma_{ij} \cdot (P_{ТПУj} - P_{нлj}), \quad (25)$$

где γ_{ij} - коэффициент сжимаемости поверочной жидкости при i -том измерении в j -той точке расхода, $1/\text{МПа}$, (определяют по пункту В.2 приложения В);

$P_{нлj}$ - давление рабочей жидкости в ПП при i -том измерении в j -той точке расхода, МПа.

Обработка результатов измерений

– Значение поверочного расхода (Q_{ij} , т/ч) ЭСРМ при i -м измерении в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$Q_{ij} = \frac{M_{ij}^{ТПУ} \cdot 3600}{\tau_{ij}}, \quad (26)$$

- где $M_{ij}^{ТПУ}$ - масса поверочной жидкости, вычисленная по измерениям ТПУ и ПП по формуле (19) при i -том измерении в j -той точке расхода, т;
 τ_{ij} - время прохождения поршнем ТПУ его калиброванного участка при i -м измерении в j -й точке расхода, с.

– Значение поверочного расхода (Q_j , т/ч) ЭСРМ в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} Q_{ij}}{n_j}, \quad (27)$$

- где n_j - количество измерений в j -той точке рабочего диапазона измерений массового расхода ($n_j \geq 11$).

Массу поверочной жидкости (M_{ij} , т) измеренную ЭСРМ, за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$M_{ij} = \frac{N_{ij}}{K_{nm}}, \quad (28)$$

- где N_{ij} - количество импульсов ЭСРМ, регистрируемое ИВК, при i -ом измерении в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, имп.
 K_{nm} - коэффициент преобразования ЭСРМ, соответствующий максимальному массовому расходу ЭСРМ, (имп/т), определяют по формуле

$$K_{nm} = \frac{f_{\max} \cdot 3600}{Q_{\max}}, \quad (29)$$

- где Q_{\max} – значение максимального массового расхода ЭСРМ, т/ч;
 f_{\max} – значение максимальной частоты выходного сигнала ЭСРМ, соответствующая максимальному массовому расходу ЭСРМ, Гц.

Значение коэффициента преобразования (K_{ij} , имп/т ЭСРМ при i -том измерении в j -той точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{M_{ij}^{ТПУ}}, \quad (30)$$

Значение коэффициента преобразования (K_j , имп/т) ЭСРМ в j -той точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^n K_{ij}}{n_j}, \quad (31)$$

Значение коэффициента коррекции (MF_{ij}) ЭСРМ при i -том измерении в j -той точке расхода определяют по формуле

$$MF_{ij} = \frac{M_{ij}^{ТПУ}}{M_{ij}} \cdot MF_{уст}, \quad (32)$$

- где $M_{ij}^{ТПУ}$ - масса поверочной жидкости, вычисленная по измерениям ТПУ и ПП по формуле (20) при i -том измерении в j -той точке расхода, т;
- M_{ij} - масса поверочной жидкости, измеренная ЭСРМ по формуле (28) при i -том измерении в j -той точке расхода, т;
- $MF_{уст}$ - коэффициент коррекции измерений массы установленный в ЭСРМ ранее (по результатам предыдущей поверки или равный 1).

Для каждого значения расхода определяют среднее значение коэффициента коррекции (MF_j) ЭСРМ в j -той точке рабочего диапазона измерений массового расхода по формуле

$$MF_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} MF_{ij}}{n_j}, \quad (33)$$

СКО результатов измерений (S_j , %) в j -той точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$S_j = \frac{1}{K_j} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ij} - K_j)^2}{n_j - 1}} \cdot 100, \quad (34)$$

Проверяют выполнение условия $S_j \leq 0,015\%$, в случае невыполнения этого условия выявляют наличие грубых промахов в полученных результатах измерений в соответствии с приложение Г. При отсутствии грубых промахов проверяют правильность монтажа и подключения ЭСРМ и производят повторную установку нуля. Если условие снова не выполняется, то ЭСРМ подлежит профилактическому осмотру.

Границы случайной составляющей погрешности (ε_j , %) ЭСРМ в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода определяют по формуле

$$\varepsilon_j = t_{0,99} \cdot \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}, \quad (35)$$

где $t_{0,99}$ - квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности 0,99 (определяют по таблице 3).

Границу неисключенной систематической составляющей погрешности ЭСРМ (Θ , %) определяют по формуле

$$\Theta = 1,4 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{v_0}^2 + \Theta_{\rho}^2 + \Theta_{ИВК}^2 + \Theta_{t_c}^2 + \Theta_K^2}, \quad (36)$$

- где $\Theta_{\Sigma 0}$ - граница неисключенной систематической составляющей погрешности ТПУ, %;
- Θ_{v_0} - граница неисключенной систематической составляющей погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ, %;
- Θ_{ρ} - граница неисключенной систематической составляющей погрешности обусловленной погрешностью ПП, %;
- $\Theta_{ИВК}$ - граница неисключенной систематической составляющей погрешности обусловленной погрешностью измерений количества импульсов ЭСРМ вычисленные с помощью ИВК, входящего в состав СИКН ($\Theta_{ИВК} = \pm 0,01$ %);
- Θ_{t_c} - дополнительная составляющая систематической погрешности, обусловленная погрешностью средств измерений температуры, %, определяют по формуле

$$\Theta_{t_c} = \beta_{max} \cdot \sqrt{\Delta t_{mn}^2 + \Delta t_{mny}^2} \cdot 100, \quad (37)$$

- где β_{max} - максимальное значение, выбранное из ряда коэффициентов объемного расширения жидкости, определенных согласно приложению В по значениям плотности и температуры поверочной жидкости при всех измерениях в точках рабочего диапазона, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- $\Delta t_{ПП}$, $\Delta t_{ТПУ}$ - пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры в ПП и ТПУ (берут из свидетельств поверки преобразователей температуры), $^{\circ}\text{C}$.
- Θ_K - граница неисключенной систематической погрешности ЭСРМ, обусловленная аппроксимацией градуировочной характеристики в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %, определяют по формуле

$$\Theta_K = \max \left| \frac{K_j - K}{K} \right| \cdot 100, \quad (38)$$

- где K - среднее значение коэффициента преобразования ЭСРМ в рабочем диапазоне из-

мерений массового расхода определяют по формуле (14)

СКО суммы неисключённых систематических погрешностей (S_{Θ} , %) определяют по формуле

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot (\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{v_0}^2 + \Theta_{ic}^2 + \Theta_K^2 + \Theta_{\rho}^2 + \Theta_{ИВК}^2)}, \quad (39)$$

Для исключения дополнительной погрешности (Θ_p , %), обусловленной разностью давлений поверочной жидкости на ТПУ и поверочной жидкости на ЭСРМ в составе СИКН, применяют коррекцию по давлению в соответствии с технической документацией на ЭСРМ.

Для исключения дополнительной погрешности (Θ_t , %), обусловленной изменением температуры поверочной жидкости при последующей эксплуатации ЭСРМ в составе СИКН, необходимо контролировать смещения его нуля в соответствии с требованиями технической документацией на ЭСРМ.

СКО суммы неисключённых систематических и случайных погрешностей (S_{Σ} , %) определяют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\frac{S_{j \max}^2}{n} + S_{\Theta}^2}, \quad (40)$$

где $S_{j \max}$ – СКО результатов измерений, имеющее максимальное значение, в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %.

Коэффициент для нахождения доверительных границ суммы случайных и неисключённых систематических погрешностей (t_{Σ}) определяют по формуле

$$t_{\Sigma} = \frac{\Theta + \varepsilon_{j \max}}{S_{\Theta} + \frac{S_{j \max}}{\sqrt{n}}}, \quad (41)$$

где $\varepsilon_{j \max}$ – границы случайной составляющей погрешности, имеющей максимальное значение, в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %.

Относительную погрешность ЭСРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода (δ_{Θ} , %) определяют по формуле

$$\delta_{\Theta} = t_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma}, \quad (42)$$

Результаты поверки ЭСРМ считают положительными, если выполняется следующее условие

$$|\delta_{\Theta}| \leq 0,1\%, \quad (43)$$

Примечания:

- 1 Значения $V, \Theta_{\Sigma 0}, \Theta_{v0}$ берут из свидетельства о поверке ТПУ.*
- 2 Значения α, E, D, S берут из эксплуатационной документации ТПУ.*
- 3 Коэффициенты β, γ для воды, нефти и нефтепродуктов указаны в приложении В.*
- 4 Значения $t_{0.99}$ берут из таблицы 3.*
- 5 Значения коэффициента преобразования K определяют до третьего знака после запятой.*
- 6 Значения $S(MF)_j, S(MF), \Theta_{\Sigma}$ определяют до третьего знака после запятой, значение MF вычисляют до второго знака, окончательное значение δ_{Σ} округляют до второго знака после запятой.*

7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты поверки оформляют протоколами поверки, форма которых приведена в приложениях А и Б, в которых отражают диапазон измерений, пределы допускаемой относительной погрешности ПУ при измерении массы и массового расхода. Протоколы поверки являются неотъемлемой частью свидетельства о поверке.

7.2 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке ПУ в соответствии с приказом Минпромторга России № 1815 от 02 июля 2015 г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

На оборотной стороне свидетельства о поверке ПУ указывают рабочий диапазон измерений массового расхода, пределы допускаемой относительной погрешности ПУ в рабочем диапазоне измерений массового расхода.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке ПУ и на пломбах которые устанавливается на фланцевых соединениях сенсора ЭСРМ, и на измерительный преобразователь ЭСРМ.

7.3 При отрицательных результатах поверки ПУ к эксплуатации не допускают, свидетельство о поверке аннулируют и выдают «Извещение непригодности к применению» с указанием причин в соответствии с приказом Минпромторга России № 1815 от 02 июля 2015 г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Приложение Б
(обязательное)

Форма протокола поверки ЭСМР с помощью ТПУ

ПРОТОКОЛ № ____

поверки ЭСМР по каналу измерений массы

Тип сенсора ЭСМР _____

Заводской № _____

Тип изм. преобр ЭСМР _____

Заводской № _____

Тип ТПУ _____, принадлежащий _____

Заводской № _____

Тип ПП _____

Заводской № _____

Место проведения поверки _____

Поверочная жидкость _____

Коэффициенты ЭСМР: K_m , г/с/мкс _____;

$K_{им}$, имп/т _____.

Таблица 1 - Исходные данные

V, м ³	D, мм	S, мм	E, МПа	α , °C ⁻¹	α_k , °C ⁻¹	$\Theta_{\Sigma 0}$, %	Θ_{v0} , %	Θ_p , %	$\Theta_{ивк}$, %	$\Delta t_{пп}$, °C	$\Delta t_{ТПУ}$, °C	$K_{им}$, имп./т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14

Продолжение таблицы 1

$MF_{уст}$	$\Delta t_{ТПУ}$, °C	$\Delta t_{ТПУ}$, °C
15	16	17

Таблица 2 - Результаты измерений

№ изм	Q, т/ч	Q _{ij} , т/ч	t _{пнij} , °С	t _{тпуij} , °С	P _{пнij} , МПа	P _{тпуij} , МПа	β _{ij} , °С ⁻¹	N _{ij} , имп.	V _{0ij} , м ³	ρ _{ij} , кг/м ³	M _{ij} ^{тпу} , т	M _{ij} , т	MF _{ij}	K _{ij} , имп./т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-1														
1-2														
1-3														
...														
2-1														
...														

Таблица 3 - Результаты поверки в точках рабочего диапазона

№ точ.	Q, т/ч	Q _j , т/ч	K _j , имп./т	MF _j	S _j , %	n _j	t _{0.99}	ε _j , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
2								

Таблица 4 - Результаты поверки

Θ _{тс} , %	Θ, %	S _Θ , %	S _Σ , %	t _Σ	δ ₃
1	2	3	4	5	6

Заключение: ЭСРМ к дальнейшей эксплуатации _____

(годен, не годен)

Поверитель: _____

должность, организация

подпись

инициалы, фамилия

Дата проведения поверки: " ____ " _____ 20__ г.

Приложение В
(справочное)

Определение коэффициентов объемного расширения и сжимаемости жидкости и коэффициентов расширения и значения модуля упругости материала стенок ТПУ

В.1 При наличии в ИВК программы обработки результатов поверки ИВК автоматически определяет по измеренным значениям плотности и температуры жидкости коэффициенты объемного расширения (β) и сжимаемости (γ) жидкости.

В.2 При отсутствии автоматической обработки результатов поверки в ИВК коэффициенты объемного расширения и сжимаемости жидкости определяют по измеренным значениям плотности (ρ) и температуры (t) поверочной жидкости с помощью лабораторного метода определения плотности:

- для воды – $\beta=2,6 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, $\gamma=4,91 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}^{-1}$;
- для нефти и нефтепродуктов по Р 50.2.076-2010 «ГСИ. Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программа и таблицы приведения»;

В.3 Значения коэффициентов линейного, квадратичного расширения и значения модулей упругости материала стенок ТПУ определяют по таблицам В.3.

Таблица В.3

Материал	α , $1/^\circ\text{C}$	α_k , $1/^\circ\text{C}$	E, МПа
Сталь углеродистая	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$2,23 \cdot 10^{-5}$	$2,068 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 304	$1,73 \cdot 10^{-5}$	$3,46 \cdot 10^{-5}$	$1,931 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 316	$1,58 \cdot 10^{-5}$	$3,19 \cdot 10^{-5}$	$1,931 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая РН 17-4 SS	$1,08 \cdot 10^{-5}$	$2,16 \cdot 10^{-5}$	$1,965 \cdot 10^5$

Пр и м е ч а н и е – Если значения α , α_k и E приведены в паспорте или технической документации на ТПУ, то в расчетах используют значения из паспорта или технической документации на ТПУ.

Приложение Г

(справочное)

Определение грубых промахов в полученных результатах измерений

Грубые промахи в полученных результатах измерений выявляют следующим образом

$$U = \frac{K_{ij \max} - K_j}{S_{Kj}}, \quad (\text{Г.1})$$

$$U = \frac{K_j - K_{ij \min}}{S_{Kj}}, \quad (\text{Г.2})$$

$$S_{Kj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{ij} - K_j)^2}{n-1}}, \quad (\text{Г.3})$$

где $K_{ij \max}$ – коэффициент преобразования ЭСРМ, имеющий максимальное значение, в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, имп/кг;

$K_{ij \min}$ – коэффициент преобразования ЭСРМ, имеющий минимальное значение, в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, имп/кг.

Если выполняется следующее условие

$$U \geq h, \quad (\text{Г.4})$$

то результат измерений исключают как грубый промах, в противном случае результат измерений не исключают.

Значение h при доверительной вероятности $P = 0,99$ и n измерениях выбирают из таблицы 1 (по ГОСТ Р ИСО 5725–2–2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений»).

Вместо исключённого, как грубый промах, измерения проводят дополнительное измерение.

Таблица 1

n	11	12	13	14	15	16	17
h	2,564	2,636	2,699	2,755	2,806	2,852	2,894

Примечание – Если $S_{Kj} < 0,001$ имп/кг, то принимают $S_{Kj} = 0,001$ имп/кг.