

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
(Росстандарт)

Федеральное бюджетное учреждение

«Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в
Тюменской и Курганской областях, Ханты-Мансийском автономном округе-Югре,
Ямало-Ненецком автономном округе»
(ФБУ «Тюменский ЦСМ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по метрологии
ФБУ «Тюменский ЦСМ»

А.В. Синцов
2023 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КАЧЕСТВА НЕФТИ № 565 ООО «РН-ПУРНЕФТЕГАЗ»
ЦПС БАРСУКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Методика поверки

ВЯ.10.1705312.00 МП

Тюмень
2023

Разработана

ФБУ «Тюменский ЦСМ»



Начальник отдела МОП
Л.А. Каражова



Ведущий инженер по метрологии
М.Е. Майоров

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на систему измерений количества и показателей качества нефти № 565 ООО «РН-Пурнефтегаз» на ЦПС Барсуковского месторождения, заводской номер 565, и устанавливает порядок проведения первичной и периодической поверки СИКН.

1.2 Выполнение требований настоящей методики обеспечивает прослеживаемость системы измерений количества и показателей качества нефти 565 ООО «РН-Пурнефтегаз» на ЦПС Барсуковского месторождения к государственному первичному эталону ГЭТ 3-2020 «Государственный первичный эталон единицы массы — килограмма» согласно государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2356.

1.3 Передача единицы массового расхода (массы) жидкости осуществляется методом косвенных измерений с помощью рабочего эталона 2 разряда согласно государственной поверочной схеме для средств измерений массы и объема жидкости, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356.

1.4 В случае возникновения необходимости проведения поверки измерительного компонента (канала) из состава СИКН до очередного срока поверки СИКН, поверяют только этот измерительный компонент (канал), при этом внеочередную поверку СИКН не проводят.

1.5 Допускается проведение поверки СИКН в части отдельных измерительных каналов (ИК) в соответствии с заявлением владельца СИКН.

В настоящем документе приняты следующие сокращения:

ИК – измерительный канал;

ИЛ – измерительная линия;

МХ – метрологические характеристики;

ПО – программное обеспечение;

ПУ – поверочная установка;

регистрационный номер – регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечении единства измерений;

СКО – среднее квадратическое отклонение;

СИКН – система измерений количества и показателей качества нефти;

СИ – средства измерений;

МПР – массовый преобразователь расхода;

ФИФОЕИ – Федеральный информационный фонд по обеспечении единства измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Операции поверки	Ссылка на пункт методики поверки	Необходимость выполнения	
		при первичной поверке	при периодической поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения	9	Да	Да

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да
Примечание — Если при проведении какой-либо операции поверки получен отрицательный результат, дальнейшую поверку не проводят.			

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверку СИКН проводят на месте эксплуатации в диапазоне измерений, указанном в описании типа, или фактически обеспечиваемом при поверке диапазоне измерений с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объёме проведённой поверки. Фактический диапазон измерений не может превышать диапазона измерений, указанного в описании типа СИКН.

3.2 Характеристики СИКН и параметров измеряемой среды при проведении поверки должны соответствовать требованиям, приведённые в описании типа СИКН.

3.3 Определение метрологических характеристик ИК массового расхода нефти проводят на месте эксплуатации в условиях эксплуатации СИКН.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику, инструкцию по эксплуатации СИКН и средств поверки и прошедшие инструктаж по охране труда.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Ссылка на пункт методики поверки	Требования к средствам поверки	Пример возможного средства поверки	
		1	2
10	Поверочная установка с диапазоном воспроизведения значений расхода, обеспечивающим определение МХ ИК массового расхода нефти – рабочий эталон 2 разряда согласно государственной поверочной схеме для средств измерений массы и объема жидкости, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356	Установка стационарная трубопоршневая поверочная Прувер Прувер С-500-0,05, регистрационный номер 26293-04	
	Термопреобразователи сопротивления с унифицированным выходным сигналом, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$	Преобразователи измерительные к датчикам температуры 644, регистрационный номер 14683-00; Термопреобразователи сопротивления платиновые 65, регистрационный номер 22257-01	

Продолжение таблицы 2

1	2	3
10	Преобразователи избыточного давления с унифицированным выходным сигналом, пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5\%$	Датчики давления Метран-150 мод. Метран-150 TG, регистрационный номер 32854-09
	Поточный плотномер, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3 \text{ кг}/\text{м}^3$	Преобразователи плотности жидкости измерительные 7835, регистрационный номер 15644-06
	Измерительно-вычислительный комплекс, пределы допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования $\pm 0,05\%$	Комплексы измерительно-вычислительные ИМЦ-03, регистрационный номер 19240-00

Примечание – Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение МХ поверяемых СИ с требуемой точностью

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Организация и производство работ проводится в соответствии с утвержденными действующими правилами и нормативными документами:

- в области охраны труда – «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ;
- в области промышленной безопасности – Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- в области пожарной безопасности – Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»; Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок – Приказ Минэнерго России от 12 августа 2022 года № 811 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии»;
- в области охраны окружающей среды – Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»; Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

6.2 Помещение СИКН должно содержаться в чистоте, без следов нефти.

6.3 В соответствии с классификацией помещений и наружных установок по взрыво- и пожарной опасности по СП 12.13130.2009 помещение блока технологического и помещение блока ПУ относится к категории А, помещение блока аппаратурного – В4, по классу взрывоопасных зон по ПУЭ/ГОСТ 30852.9-2002 помещение блока технологического и помещение блока ПУ - к В-1а/класс 2, по категории и группе взрывоопасных смесей при их возможном образовании по ГОСТ 30852.11-2002 и ГОСТ Р 30852.5-2002 к ПА - Т3.

6.4 Вторичную аппаратуру и щиты управления относят к действующим электроустановкам с напряжением до 1000 В, на которые распространяются «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ) VII-е издание».

6.5 В целях безопасной эксплуатации и технического обслуживания СИКН разрабатываются инструкция по эксплуатации СИКН и инструкции по видам работ.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие СИКН следующим требованиям:

- состав средств измерений, входящих в СИКН, должен соответствовать приведённому в описании типа;
- на компонентах СИКН не должно быть механических повреждений и дефектов покрытия, ухудшающих внешний вид и препятствующих применению;
- надписи и обозначения на элементах СИКН должны быть четкими и соответствовать их эксплуатационной документации;
- пломбировка СИ, входящих в состав СИКН, должна быть выполнена в соответствии со сведениями приведёнными в их описаниях типа, методиках поверки или МИ 3002-2006;
- знаки поверки нанесённые на СИ, входящие в состав СИКН, не должны иметь истекшего срока действия и повреждений препятствующих их идентификации.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

Подготовку средств поверки осуществляют в соответствии с их эксплуатационной документацией. Проверяют наличие в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений наличие информации о положительных результатах их поверки.

8.2 Подготовка к определению метрологических характеристик измерительного канала массового расхода

8.2.1 Подготавливают МПР в соответствии с технической документацией, устанавливают или проверяют установленные коэффициенты, в том числе:

- градуировочный коэффициент МПР;
- коэффициент коррекции МПР;
- значение массового расхода и соответствующее ему значение частоты выходного сигнала МПР или коэффициент преобразования МПР.

8.2.2 Проверяют или устанавливают в ИВК значение массового расхода и соответствующее ему значение частоты выходного сигнала МПР или коэффициент преобразования МПР, K_{pm} , имп/т, соответствующий установленному значению в преобразователе МПР или вычисленный по формуле:

$$K_{pm} = \frac{f_m \cdot 3600}{Q_m} \quad (1)$$

где f_m – значение частоты, установленное в преобразователе МПР, Гц;

Q_m – значение массового расхода, установленное в МПР, т/ч.

8.2.3 Вводят в память ИВК или проверяют введённые ранее данные, необходимые для обработки результатов поверки.

8.2.4 Проверяют отсутствие газа в измерительной линии, ПУ и ПП, а также в верхних точках трубопроводов.

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

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

8.2.7 Проверяют герметичность устройства пуска и приёма поршня ПУ в соответствии с технической документацией.

8.2.8 Проверяют стабильность температуры рабочей жидкости. Для этого запускают поршень ПУ и регистрируют температуру в ПП, на входе и выходе ПУ. Температуру рабочей жидкости считают стабильной, если её изменение в системе не

превышает 0,2 °С за время прохождения поршня от одного детектора до другого (в двунаправленных ПУ - в обоих направлениях).

8.2.9 Проводят установку нуля МПР согласно технической документации.

8.2.10 Проверяют работоспособность средств измерений СИКН без определения МХ.

8.2.11 Результат считают положительным, если показания средств измерений устойчивые, значения параметров лежат в установленном пределе и в списке внештатных ситуаций отсутствуют информация о сбоях систем СИКН.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения проводят путём проверки идентификационных данных (контрольной суммы, номера версии и идентификационного наименования).

9.2 Для просмотра идентификационных данных ПО измерительно-вычислительного комплекса ИМЦ-03 необходимо набрать команды «Основное меню» → «Просмотр 2» → «Версия программы» в меню ИВК.

9.3 Для просмотра идентификационных данных ПО автоматизированного рабочего места АРМ оператора «Вектор» необходимо нажать на логотип «Вектор» в окне «Технологическая схема» и выбрать в меню пункт «О программе».

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	ИМЦ-03	АРМ	
Идентификационное наименование ПО	OIL_MM.EXE	calc.dll	Module2.bas
Номер версии (идентификационный номер) ПО	352.04.01	1.2	1.1
Цифровой идентификатор ПО	FE1634EC	E40D584A	66F2A061
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора	CRC32	CRC32	CRC32

9.4 Результат считают положительным, если идентификационные данные ПО соответствуют приведённым в таблице 3.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Проверка результатов поверки СИ, входящих в состав СИКН

10.1.1 Проверяют наличие у измерительных компонентов, входящих в состав СИКН и указанных в таблице 1 описания типа СИКН (за исключением МПР из состава ИК массового расхода нефти, метрологические характеристики которых определяются в соответствии с п. 10.2 настоящей методики), информации о положительных результатах поверки в ФИФОЕИ и действующих знаков поверки, если нанесение знаков поверки на измерительные компоненты предусмотрено их описаниями типа.

Результат проверки считают положительным, если измерительные компоненты, входящие в состав СИКН, имеют запись в ФИФОЕИ о положительных действующих на момент поверки СИКН результатах поверки, а также действующие знаки поверки, если их нанесение предусмотрено описаниями типа соответствующих средств измерений.

10.2 Определение метрологических характеристик измерительных каналов массового расхода нефти

10.2.1 Определение МХ ИК массового расхода нефти проводят не менее чем при трёх значениях массового расхода рабочей жидкости из диапазона измерений массового расхода, установленного для ИЛ СИКН (далее — точках расхода), включая минимальное и максимальное значение. В каждой точке расхода для рабочих ИЛ проводят не менее пяти измерений, для контрольных ИЛ проводят не менее семи измерений.

Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной. Устанавливают выбранное значение массового расхода по показаниям МПР.

10.2.2 Проводят предварительное измерение для уточнения значения установленного массового расхода.

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

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

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

10.2.3 После стабилизации массового расхода проводят необходимое количество измерений.

10.2.4 Запускают поршень ПУ. При прохождении поршнем первого детектора ИВК начинает отсчёт импульсов выходного сигнала МПР и времени прохождения поршня между детекторами, при прохождении второго детектора – заканчивает.

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

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

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

Если количество импульсов выходного сигнала МПР за время прохождения поршня ПУ между детекторами меньше 10000, то ИВК должен определять количество импульсов солями импульсов.

Для односторонней ПУ прохождение поршня от одного детектора до другого принимают за одно измерение.

Если для двунаправленной ПУ 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.

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

Результаты измерений заносят в протокол.

При заполнении протокола результаты измерений и вычислений округляют в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Точность представления результатов измерений и вычислений

Параметр	Единица измерений	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр
1	2	3	4
Массовый расход	т/ч	1	
Объем	м ³		6
Масса	т		6
Температура	°C	2	
Давление	МПа	2	
Плотность	кг/м ³	2	
Количество импульсов	имп		6
Интервал времени	с	2	

Проведение таблицы 4

1	2	3	4
Погрешность, СКО	%	3	
Коэффициент преобразования	имп/т		5
Коэффициент коррекции		5	
Градуировочный коэффициент	г/с/мкс		5
Коэффициент объёмного 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.			

10.2.5 Массу рабочей жидкости, определённую с помощью ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода $M_{Пуji}$, т, вычисляют по формуле:

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

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

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

$$t_{Пуji} = \frac{t_{ВхПуji} + t_{ВыхПуji}}{2} \quad (5)$$

$$P_{Пуji} = \frac{P_{ВхПуji} + P_{ВыхПуji}}{2} \quad (6)$$

где V_0 – вместимость калиброванного участка ПУ при стандартных условиях, м³;

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

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

$\rho_{ппji}$ – плотность рабочей жидкости за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, кг/м³;

$CTL_{Пуji}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определённый для температуры рабочей жидкости в ПУ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (Приложение А);

$CPL_{Пуji}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определённый для температуры рабочей жидкости в ПУ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (Приложение А);

$CTL_{ппji}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определённый для температуры рабочей жидкости в ПП для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (Приложение А);

$CPL_{ппji}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определённый для температуры рабочей жидкости в ПП для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (Приложение А);

α_t – коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ПУ, 1/°C;

$t_{\text{ПУ}ji}$ – среднее значение температуры рабочей жидкости в ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{ВхПУ}ji}, t_{\text{ВыхПУ}ji}$ – температура рабочей жидкости на входе и выходе ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, $^{\circ}\text{C}$;

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

$P_{\text{ВхПУ}ji}, P_{\text{ВыхПУ}ji}$ – давление рабочей жидкости на входе и выходе ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, МПа;

D – внутренний диаметр калиброванного участка ПУ, мм;

S – толщина стенок калиброванного участка ПУ, мм;

E – модуль упругости материала стенок калиброванного участка ПУ, МПа.

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

$$Q_{ji} = \frac{M_{\text{ПУ}ji}}{T_{ji}} \cdot 3600 \quad (7)$$

где $M_{\text{ПУ}ji}$ – масса рабочей жидкости, определённая с помощью ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

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

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

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

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

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

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

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

10.2.9 Массу рабочей жидкости, определённую за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода M_{ji} , т, вычисляют по формуле:

$$M_{ji} = \frac{N_{ji}}{K_{\text{ПМ}}} \quad (11)$$

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

$K_{\text{ПМ}}$ – коэффициент преобразования МПР, имп/т.

10.2.10 Градуировочный коэффициент МПР в рабочем диапазоне массового расхода K_M , г/м/мкс, вычисляют по формуле:

$$K_M = \frac{\sum_{j=1}^m K_{Mj}}{m} \quad (12)$$

$$K_{Mj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} K_{Mji}}{n_j} \quad (13)$$

$$K_{Mji} = \frac{M_{Pyji}}{M_{ji}} \cdot K_{Mycm} \quad (14)$$

где K_{Mj} – среднее значение градуировочного коэффициента МПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/м/мкс;
 m – количество точек рабочего диапазона измерений массового расхода;
 K_{Mji} – значение градуировочного коэффициента МПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/м/мкс;
 K_{Mycm} – градуировочный коэффициент, установленный в массомере на момент проведения поверки, г/м/мкс.

10.2.11 Коэффициент коррекции МПР в рабочем диапазоне массового расхода MF , вычисляют по формуле:

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

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

$$MF_{ji} = \frac{M_{Pyji}}{M_{ji}} \cdot MF_{ycm} \quad (17)$$

где MF_j – среднее значение коэффициента коррекции МПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;
 MF_{ji} – значение коэффициента коррекции МПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;
 MF_{ycm} – коэффициент коррекции, установленный в массомере на момент проведения поверки.

10.2.12 Оценка СКО результатов измерений в поверяемых точках СКО результатов измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода S_j , %, вычисляют по формуле:

– при определении K_M :

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{Mji} - K_{Mj})^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_{Mj}} \cdot 100 \quad (18)$$

– при определении MF :

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{MF_j} \cdot 100 \quad (19)$$

Проверяют выполнение следующего условия:

$$S_j \leq 0,05\% \quad (20)$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении условия (20) выявляют наличие промахов в полученных результатах вычислений, согласно приложению В. Выявленный промах исключают и устраняют причины, обусловливающие невыполнение условия (20) и повторно проводят измерения.

10.2.13 Границу неисключённой систематической погрешности в рабочем диапазоне измерений расхода, Θ , %, вычисляют по формулам:

$$\Theta = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_p^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{IVK}^2 + \Theta_Z^2 + \Theta_{Mt}^2 + \Theta_{MP}^2} \quad (21)$$

$$\Theta_t = \beta_{max} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{py}^2 + \Delta t_{pp}^2} \quad (22)$$

$$\beta_{max} = \max(\beta_{ji}) \quad (23)$$

$$\Theta_p = \frac{\Delta \rho_{pp}}{\rho_{ppmin}} \cdot 100 \quad (24)$$

$$\rho_{ppmin} = \min(\rho_{ji}) \quad (25)$$

– при определении K_M :

$$\Theta_A = \max\left(\frac{K_{Mj} - K_M}{K_M} \nu \cdot 100\right) \quad (26)$$

– при определении MF :

$$\Theta_A = \max\left(\frac{MF_j - MF}{MF} \nu \cdot 100\right) \quad (27)$$

– для МПР с коррекцией нуля:

$$\Theta_Z = 0 \quad (28)$$

– для МПР без коррекции нуля:

$$\Theta_Z = \frac{ZS}{Q_{min}} \cdot 100 \quad (29)$$

$$\Theta_{IVK} = \delta_{IVK} \quad (30)$$

$$\Theta_{Mt} = \frac{\delta_{tdon} \cdot Q_{min} \cdot \Delta t}{Q_{min}} \quad (31)$$

$$\Delta t = \max(|t_{max} - t_n|, |t_n - t_{min}|) \quad (32)$$

– для МПР с коррекцией по давлению:

$$\Theta_{MP} = 0 \quad (33)$$

– для МПР без коррекции по давлению:

$$\Theta_{MP} = 10 \cdot \delta_{Pdon} \cdot \Delta P \quad (34)$$

$$\Delta P = \max(|P_{max} - P_n|, |P_n - P_{min}|) \quad (35)$$

где $\Theta_{\Sigma 0}$ – граница суммарной неисключённой систематической погрешности ПУ, %;

Θ_{V0} – граница неисключённой систематической погрешности определения среднего значения вместимости ПУ, %;

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

Θ_p – граница неисключённой систематической погрешности, обусловленной погрешностью ПП, %;

Θ_A – граница неисключённой систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией градуировочной характеристики МПР в рабочем диапазоне массового расхода, %;

Θ_{IVK} – граница неисключённой систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК, %;

δ_{IVK} – пределы допустимой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования МПР ИВК, %;

Θ_z – граница неисключённой систематической погрешности, обусловленной нестабильностью нуля МПР, %;

Θ_M – граница неисключённой систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения температуры рабочей жидкости в условиях эксплуатации МПР от температуры рабочей жидкости при поверке, %;

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

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

β_{ji} – коэффициент объёмного расширения рабочей жидкости для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, $1/^\circ\text{C}$ (Приложение Б);

Δt_{pu} – пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры, установленных в ПУ, $^\circ\text{C}$;

Δt_{pp} – пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленного около ПП, $^\circ\text{C}$;

$\Delta \rho_{pp}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности ПП, $\text{кг}/\text{м}^3$;

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

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

ZS – стабильность нуля МПР, т/ч;

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

$\delta_{t\ don}$ – значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением температуры нефти при эксплуатации МПР от температуры нефти при поверке, $%/^\circ\text{C}$;

Q_{nom} – номинальное значение массового расхода рабочего диапазона измерений, т/ч;

Δt – максимальное отклонение температуры нефти при эксплуатации МПР от температуры нефти при поверке, $^\circ\text{C}$;

t_n – среднее значение температуры нефти при поверке (среднее значение температуры нефти в ПУ), $^\circ\text{C}$;

t_{min}, t_{max} – нижний и верхний предел рабочего диапазона температур нефти при эксплуатации МПР, $^\circ\text{C}$;

$\delta_{p\ don}$ – значение дополнительной погрешности МПР, обусловленной отклонением давления нефти при эксплуатации МПР от давления нефти при поверке, $%/0,1 \text{ МПа}$;

ΔP – максимальное отклонение давления нефти при эксплуатации МПР от давления нефти при поверке, МПа;

P_n – среднее значение давления нефти при поверке (среднее значение давление нефти в ПУ), МПа.

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

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}} \quad (36)$$

10.2.15 Границу случайной погрешности в рабочем диапазоне измерений массового расхода при доверительной вероятности $P=0,95$ вычисляют по формулам:

$$\varepsilon = \max(\varepsilon_j) \quad (37)$$

$$\varepsilon_j = t_{0,95j} \cdot S_{0j} \quad (38)$$

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

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

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

10.2.17 Границу относительной погрешности в рабочем диапазоне измерений массового расхода δ , %, определяют по формулам:

$$\delta = \varepsilon \text{ если } \frac{\Theta}{S_0} < 0,8 \quad (39)$$

$$\delta = K \cdot S_{\Sigma} \text{ если } 0,8 \leq \frac{\Theta}{S_0} \leq 8 \quad (40)$$

$$\delta = \Theta \text{ если } \frac{\Theta}{S_0} > 8 \quad (41)$$

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta}{S_0 + S_{\Theta}} \quad (42)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_0^2 + S_{\Theta}^2} \quad (43)$$

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_p^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{IVK}^2 + \Theta_Z^2 + \Theta_{Mt}^2 + \Theta_{MP}^2}{3}} \quad (44)$$

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

S_{Σ} – суммарное СКО результата измерений, %;

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

10.2.18 Результаты измерений фиксируются в протоколе, формируемом ИВК. Результаты определения метрологических характеристик ИК массового расхода нефти, сформированные ИВК, распечатываются и прикладываются к протоколу поверки СИКН.

10.2.19 Результат определения метрологических характеристик измерительного канала массового расхода считают положительным, если значение относительной погрешности измерительного канала, определённая в п. 10.2.17, не превышает $\pm 0,25\%$ для рабочей ИЛ и $\pm 0,20\%$ для контрольно-резервной ИЛ.

10.3 В случае получения положительных результатов по пунктам 10.1-10.2 делают вывод соответствии СИКН установленным метрологическим требованиям и пригодности

к дальнейшему применению с пределами допускаемой относительной погрешности измерения массы брутто нефти $\pm 0,25\%$, массы нетто нефти $\pm 0,35\%$.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки СИКН оформляют протоколом согласно Приложению А. Сведения о результатах поверки СИКН передают в ФИФОЕИ.

11.2 В случае выполнения пункта 10.2 с положительным результатом:

11.2.1 Устанавливают новое значение K_m или MF в МПР ИК массового расхода нефти.

11.2.2 Проводят пломбирование МПР, находящихся в составе ИК массового расхода нефти, согласно МИ 3002-2006. Знак поверки наносится на пломбы.

11.2.3 В ФИФОЕИ передаётся следующая информация:

- диапазон измерений ИК массового расхода нефти, согласно данным приведённым в протоколах, сформированных ИВК;

- пределы допускаемой относительной погрешности ИК массового расхода нефти;

- полученные значения градуировочных коэффициентов K_m или MF МПР ИК массового расхода нефти;

- в разделе состав СИ указывается запись «в соответствии с прилагаемым перечнем», к свидетельству о поверке прилагают перечень СИ входящих в состав СИКН (согласно таблице 1 и 3 описания типа) с указанием наименований, типов и заводских номеров СИ и ИК массового расхода нефти.

11.3 При проведении поверки в части отдельных ИК массового расхода нефти информация об объёме проведённой поверки указывается в ФИФОЕИ в разделе «Дополнительные сведения».

11.4 Если результат поверки отрицательный, СИКН к эксплуатации не допускается.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки СИКН

Протокол №_____ от _____

Средство измерений_____

Указывается наименование, тип, модификация (в соответствии с описанием типа)

Регистрационный номер типа СИ_____

Указывается регистрационный номер средства измерений в реестре Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, присвоенный при утверждении типа средств измерений

Год выпуска_____

Указывается год выпуска

Заводской (серийный) номер_____

Указывается заводской (серийный) номер (все цифры и буквы)

в составе_____

Указываются автономные измерительные блоки (перечень), заводские номера

проверено_____

Указывается наименование единиц величин, диапазонов измерений, на которых проверено средство измерений

Принадлежащее_____

Указывается наименование юридического/ фамилия имя и отчество физического лица - владельца средства измерений, ИНН
(при наличии согласия от владельца на размещение данной информации)

Проверено в соответствии с_____

Указывается документ на методику поверки (наименование и номер документа)

Средства поверки_____

Указываются эталоны единиц величин, регистрационные номера и (или) наименования, типы средств измерений, применяемых в качестве эталонов, регистрационные номера, присвоенные при утверждении их типов заводские, серийные номера буквенно-цифровые обозначения, разряды, классы или погрешности, также указываются средства измерений контролирующие условия проведения поверки (наименования, типы, заводские, серийные номера буквенно-цифровые обозначения, погрешности (классы точности)

Условия проведения поверки_____

Указываются влияющие факторы, нормированные в документе на методику поверки, с указанием конкретных показателей (значений)

1. Результаты внешнего осмотра_____

Указываются результаты внешнего осмотра, в соответствии с требованиями документа на методику поверки

2. Результаты опробования_____

Указываются результаты опробования, в соответствии с требованиями документа на методику поверки

3. Результаты проверки программного обеспечения_____

Указываются результаты опробования, в соответствии с требованиями документа на методику поверки

4. Определение метрологических характеристик

4.1 Измерительные компоненты из состава СИКН_____

(имеют / не имеют)

положительные результаты поверки в ФИФОЕИ и действующие знаки поверки.

4.2 Определение метрологических характеристик ИК массового расхода нефти проведено в автоматизированном режиме. Приложением к настоящему протоколу являются протоколы сформированные ИВК по результатам определения метрологических характеристик ИК массового расхода нефти в автоматическом режиме.

4.2.1 Метрологические характеристики ИК №_____ массового расхода нефти
(номер ИК массового расхода нефти)

требованиям пункта 10.2.19.

(соответствуют / не соответствуют)

(п. 4.2.1 заполняют для всех ИК массового расхода нефти, в части которых проводилась поверка)

4.2.2 Относительная погрешность измерения массы брутто нефти _____
(соответствует / не соответствует)

требованиям пункта 10.3.

4.2.3 Относительная погрешность измерения массы нетто нефти _____
(соответствует / не соответствует)

требованиям пункта 10.3.

Дата поверки _____

Поверитель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Определение коэффициентов CTL и CPL

Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL , учитывающего влияние температуры на объём нефти определяют по формулам:

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

$$\alpha_{15} = \frac{613,97226}{\rho_{15}^2} \quad (Б.2)$$

$$\Delta t = t - 15 \quad (Б.3)$$

где ρ_{15} – значение плотности нефти при 15°C и 0 МПа , $\text{кг}/\text{м}^3$;

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

α_{15} – значение коэффициента объёмного расширения нефти при температуре 15°C и избыточном давлении 0 МПа , $1/\text{^{\circ}C}$;

Определение коэффициента CPL

Значение коэффициента CPL , учитывающего влияние давления на объем нефти определяют по формулам:

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

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

где P – значение избыточного давления нефти, МПа .

Определение плотности нефти при стандартных условиях

Значение плотности нефти при 15°C и 0 МПа , ρ_{15} , $\text{кг}/\text{м}^3$ определяют методом последовательного приближения.

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

2) Определяют значения ρ_{15} , $\text{кг}/\text{м}^3$:

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

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

$CTL_{\text{пп}}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем нефти, определённый для t и ρ_{15} ;

$CPL_{\text{пп}}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем нефти, определённый для t , P и ρ_{15} ;

3) Определяют значения $CTL_{\text{пп}}$ и $CPL_{\text{пп}}$, принимая значение ρ_{15} равным значению, полученному по формуле (Б.6).

4) Определяют значение ρ_{15} , $\text{кг}/\text{м}^3$ по формуле (Б.6):

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

$$\rho_{15(i)} - \rho_{15(i-1)} < 0,001 \quad (Б.7)$$

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

Процесс вычисления продолжают до выполнения условия (Б.7). За значение ρ_{15} принимают последнее значение $\rho_{15(i)}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Определение коэффициентов объёмного расширения и сжимаемости нефти

Коэффициент сжимаемости γ_t , 1/МПа, рассчитывают по формуле:

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

где t – температура нефти, $^{\circ}\text{C}$;

ρ_{15} – плотность нефти при температуре $15\ ^{\circ}\text{C}$, $1/\text{м}^3$.

Коэффициент объёмного расширения рассчитывают по формуле:

$$\beta_t = \beta_{15} + 1,6 \cdot \beta_{15}^2 \cdot (t - 15) \quad (B.2)$$

где β_t – коэффициент объёмного расширения нефти при температуре t , $1/\text{м}^3$;

β_{15} – коэффициент объёмного расширения нефти при температуре $15\ ^{\circ}\text{C}$, $1/\text{м}^3$, рассчитываемый по формуле:

$$\beta_{15} = \frac{613,9723}{\rho_{15}^2} \quad (B.3)$$

Значение плотности нефти при температуре t , $^{\circ}\text{C}$, и избыточном давлении P , МПа, рассчитывают по формуле:

$$\rho_{tp} = \frac{\rho_{15} \cdot \exp \left\{ -\beta_{15} \cdot (t - 15) \cdot [1 + 0,8 \cdot \beta_{15} \cdot (t - 15)] \right\}}{1 - \gamma_t \cdot P} \quad (B.4)$$

Значение плотности нефти при $15\ ^{\circ}\text{C}$ находят методом последовательных приближений, используя итерационный метод «прямых подстановок» по следующему алгоритму:

Измеренное значение плотности подставляют в формулы (B.1) и (B.3) вместо значения плотности нефти при $15\ ^{\circ}\text{C}$ и вычисляют коэффициент объёмного расширения и коэффициент сжимаемости в первом приближении.

1. Измеренное значение плотности и вычисленные в первом приближении коэффициент объёмного расширения и коэффициент сжимаемости подставляют в формулу (B.4) и определяют значение плотности нефти при $15\ ^{\circ}\text{C}$ в первом приближении.

2. Значение плотности нефти при $15\ ^{\circ}\text{C}$, вычисленное в первом приближении, подставляют в формулы (B.1) и (B.3) и вычисляют коэффициент объёмного расширения и коэффициент сжимаемости во втором приближении.

3. Расчёт плотности нефти при $15\ ^{\circ}\text{C}$ продолжают до тех пор, пока его значение не перестанет изменяться более чем на $0,01\ \text{кг}/\text{м}^3$. За результат определения плотности нефти при $15\ ^{\circ}\text{C}$ принимают значение, полученное в последнем приближении.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Методика анализа результатов измерений на наличие промахов

Проверка результатов измерений на один промах по критерию Граббса при определении относительной погрешности измерительного канала массового расхода.

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

– при определении K_M :

$$S_{kj} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{Mji} - K_{Mj})^2}}{n_j - 1} \quad (\Gamma.1)$$

– при определении MF :

$$S_{kj} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}}{n_j - 1} \quad (\Gamma.2)$$

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

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

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

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

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

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

Наиболее выделяющееся соотношение U :

– при определении K_M :

$$U = \max \left| \frac{K_{Mji} - K_{Mj}}{S_{kj}} \right| \quad (\Gamma.3)$$

– при определении MF :

$$U = \max \left| \frac{MF_{ji} - MF_j}{S_{kj}} \right| \quad (\Gamma.4)$$

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

Таблица 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

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Определение значений квантиля распределения Стьюдента

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

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

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