

СОГЛАСОВАНО

**Директор ОП ГНМЦ
АО «Нефтеавтоматика»**

М.В. Крайнов

2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Система измерений количества и параметров нефти сырой (СИКНС)

на Бухараевском месторождении НГДУ «Бавлынефть»

ПАО «Татнефть»

**Методика поверки
НА.ГНМЦ.0796-25 МП**

**г. Казань
2025г.**

РАЗРАБОТАНА

Обособленным подразделением Головной научный
метрологический центр АО «Нефтеавтоматика» в
г. Казань
(ОП ГНМЦ АО «Нефтеавтоматика»)

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Стеряков О.В.

1 Общие положения

1.1 Настоящий документ распространяется на систему измерений количества и параметров нефти сырой (СИКНС) на Бухараевском месторождении НГДУ «Бавлынефть» ПАО «Татнефть» (далее – СИКНС) и устанавливает методику первичной поверки при вводе в эксплуатацию, а также после ремонта и периодической поверки при эксплуатации.

1.2 Метрологические характеристики (МХ) СИКНС подтверждаются расчетно-экспериментальным методом в соответствии с разделом 9 настоящего документа.

1.3 При определении МХ в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы массового расхода жидкости, в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному специальному эталону ГЭТ 63-2019.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений расхода, т/ч	от 23 до 50
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы нефтегазоводяной смеси, %	±0,25
Примечание - пределы допускаемой относительной погрешности определения массы нетто нефти в составе нефтегазоводяной смеси нормируется в соответствии с документом: МН 1328-2025 «ГСИ. Масса нефтегазоводяной смеси. Методика измерений системой измерений количества и параметров нефти сырой (СИКНС) на Бухараевском месторождении НГДУ «Бавлынефть» ПАО «Татнефть». Свидетельство об аттестации № RA.RU.310652-010/01-2025.	

1.5 Поверку СИКНС проводят в диапазоне измерений расхода, указанном в описании типа СИКНС, или фактически обеспечивающимся при поверке диапазона измерений, с обязательной передачей сведений об объеме проведенной поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ФИФОЕИ). Фактический диапазон измерений не может превышать диапазона измерений, указанного в описании типа СИКНС.

1.6 Допускается проведение поверки СИКНС в части отдельных автономных блоков (АБ): рабочей измерительной линии (ИЛ) и контрольно-резервной ИЛ.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют следующие операции, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	6

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	7
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9

2.2 Поверку СИКНС прекращают при получении отрицательных результатов при проведении той или иной операции.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки характеристики измеряемой среды и условия эксплуатации должны соответствовать описанию типа СИКНС.

3.2 При определении относительной погрешности АБ (измерительных линий) соблюдают следующие условия:

- определение МХ счетчиков-расходомеров массовых Micro Motion (далее – СРМ) проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами ИЛ;
- отклонение массового расхода рабочей жидкости от установленного значения в процессе определения СРМ не должно превышать 2,5 %;
- температура, влажность окружающей среды и физико-химические показатели рабочей жидкости должны соответствовать условиям эксплуатации СИКНС;
- диапазоны рабочего давления и массового расхода определяются типоразмером СРМ, рабочим диапазоном массового расхода поверочной установки (ПУ) и технологическими требованиями;
- регулирование массового расхода проводят при помощи регулятора расхода, расположенного после ПУ и (или) на ИЛ. Допускается вместо регулятора расхода использовать запорную арматуру.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 Основное средство поверки приведено в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Основное средство поверки

Наименование пункта на методику поверки	Наименование и тип основного средства поверки; обозначение нормативного документа и МХ средства поверки	Пример возможного средства поверки
9.2 Определение относительной погрешности АБ	Рабочий эталон 1-го разряда (установки поверочные передвижные с расходомерами) в соответствии с ГПС (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356, с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,1\%$	Установка мобильная эталонная МЭУ (регистрационный № 72070-18), заводской № 1

4.2 Используемые средства поверки должны иметь действующие сведения о поверке (с положительными результатами) в ФИФ ОЕИ.

4.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение МХ поверяемой СИКНС с требуемой точностью.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки соблюдают требования, определяемые: в области охраны труда и промышленной безопасности:

– «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020г. № 534;

– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ; в области пожарной безопасности:

– «Правила противопожарного режима в Российской Федерации», утверждены постановлением Правительства РФ от 16.09.2020 г. № 1479;

– Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 г. № 533;

в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок:

– «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020г. № 903н;

– ПУЭ «Правила устройства электроустановок»;

в области охраны окружающей среды:

– Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и других законодательных актов по охране окружающей среды, действующих на территории РФ.

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

6 Внешний осмотр средства измерений

6.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие СИКНС следующим требованиям:

- комплектность СИКНС должна соответствовать технической документации;

- на компонентах СИКНС не должно быть механических повреждений и дефектов покрытия, ухудшающих внешний вид и препятствующих применению;
 - надписи и обозначения на компонентах СИКНС должны быть четкими и соответствующими технической документации;
 - описание и состав СИКНС должны соответствовать ее описанию типа.
- 6.2 Проверяется пломбирование СИ, входящих в состав СИКНС, исключающее возможность несанкционированного вмешательства, которое может влиять на показания СИ и СИКНС.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Подготовку СИКНС к поверке проводят в соответствии с эксплуатационными документами.

7.2 Перед определением относительной погрешности АБ выполняют следующее:

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

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

- проверяют или устанавливают в комплексе измерительно-вычислительном расхода и количества жидкостей и газов «АБАК+» (далее – ИВК) значение массового расхода и соответствующее ему значение частоты выходного сигнала СРМ или коэффициент преобразования СРМ $K_{\text{пп}}$, имп/т, соответствующий установленному значению в преобразователе СРМ или вычисленный по формуле

$$K_{\text{пп}} = \frac{f_m \cdot 3600}{Q_m}, \quad (1)$$

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

Q_m – значение массового расхода, установленное в преобразователе СРМ, т/ч;

- вводят в память ИВК или проверяют введенные ранее данные, необходимые для обработки результатов поверки;

- при рабочем давлении проверяют герметичность системы, состоящей из СРМ 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;

- проверяют герметичность задвижек, через которые возможны утечки рабочей жидкости, влияющие на результаты измерений при поверке;

- проводят установку нуля СРМ согласно технической документации;

- проводят установку нуля ПУ согласно технической документации.

7.3 При опробовании проверяют работоспособность СИКНС по следующей процедуре: увеличивают или уменьшают расход через СИКНС и наблюдают соответствующие показания расхода СРМ на экране АРМ оператора.

7.4 Результаты опробования считают положительными, если на экране АРМ оператора отображается увеличение или уменьшение показаний расхода СРМ при соответствующем увеличении или уменьшении расхода через СИКНС, и отсутствуют аварийные сообщения о работе СИКНС.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1 Проверка идентификационных данных ПО ИВК.

Проверка идентификационных данных ПО ИВК проводится по номеру версии (идентификационному номеру) ПО и цифровому идентификатору ПО файла «Abak.bex».

Для проверки идентификационных данных ПО ИВК выполняют следующие процедуры.

Нажимают на кнопку «ИНФОРМАЦИЯ» на лицевой панели ИВК.

Номер версии (идентификационный номер) ПО и цифровой идентификатор ПО приведены на лицевой панели ИВК с соответствующими заводскими номерами в следующих строках «зав.N:1834» и «зав.N:1835» после «v:» и «crc32:» соответственно.

8.2 Если идентификационные данные, указанные в описании типа СИКНС и полученные в ходе выполнения п. 8.1 идентичны, то делают вывод о подтверждении соответствия ПО СИКНС ПО, зафиксированному во время проведения испытаний в целях утверждения типа, в противном случае результаты поверки признают отрицательными. Сведения о подтверждении соответствия/не соответствия ПО СИКНС приводятся в протоколе поверки.

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Проверка результатов поверки СИ, входящих в состав СИКНС.

Проверяют соответствие фактически установленных средств измерений СИ указанным в описании типа СИКНС, наличие сведений о поверке в ФИФОЕИ с действующим сроком поверки у проверяемых СИ. В случае отсутствия сведений о поверке на счетчики-расходомеры массовые Micro Motion (регистрационный № в ФИФОЕИ 13425-01) выполняют операции по п. 9.2 настоящей методики поверки.

Сведения результатов проверки указанных СИ заносят в таблицу протокола поверки.

Если очередной срок поверки СИ из состава СИКНС наступает до очередного срока поверки СИКНС, поверяется только это СИ, при этом поверку СИКНС не проводят.

9.2 Определение относительной погрешности АБ.

9.2.1 Определение относительной погрешности АБ проводят комплектным способом с применением ПУ.

При определении относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтегазоводяной смеси выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (п.п. 9.2.2);
- опробование (п.п. 9.2.3);
- определение МХ (п. 9.2.4);
- обработка результатов измерений (п. 9.2.5).

9.2.2 Внешний осмотр.

При внешнем осмотре устанавливают соответствие СРМ следующим требованиям:

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

9.2.3 Опробование.

9.2.3.1 Опробование СРМ проводят совместно со средствами поверки.

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

9.2.3.3 Наблюдают на дисплее ИВК значения следующих параметров:

- массового расхода рабочей жидкости в СРМ;
- частоты выходного сигнала СРМ;
- массового расхода рабочей жидкости в ПУ;
- частоты выходного сигнала ПУ.

9.2.4 Определение МХ.

9.2.4.1 При определении МХ определяют следующее:

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

- границу относительной погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода.

Согласно технической документации градуировочный коэффициент соответствует значению:

- Flow Cal, г/с/мкс – для СРМ типа Micro Motion;
- Calibration factor – для СРМ типа Promass.

9.2.4.2 Определение МХ СРМ проводят не менее чем в трёх точках рабочего диапазона измерений массового расхода. В каждой точке расхода для рабочего СРМ проводят не менее пяти измерений, для контрольного СРМ проводят не менее семи измерений. Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

9.2.4.3 Для определения МХ СРМ устанавливают выбранное значение массового расхода по показаниям ПУ.

После стабилизации расхода проводят необходимое количество измерений.

ИВК одновременно начинает отсчет импульсов выходных сигналов ПУ и СРМ. При достижении заданного количества импульсов выходного сигнала СРМ или истечении заданного времени измерения или при прохождении заданного значения массы рабочей жидкости через СРМ ИВК одновременно заканчивает отсчет импульсов выходных сигналов ПУ и СРМ.

Если количество импульсов выходного сигнала ПУ или СРМ за время измерения меньше 10000, то ИВК должен определять количество импульсов с долями.

При использовании термометров и манометров с визуальным отсчетом фиксируют температуру и давление рабочей жидкости один раз за время измерения.

Результаты измерений заносят в протокол поверки СИКНС (Приложение А). Форма протокола определения относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтегазоводяной смеси, при применении ПУ с одним эталонным СРМ (ЭСРМ), приведена в приложении Б1. Форма протокола определения относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтегазоводяной смеси, при применении ПУ с несколькими ЭСРМ, приведена в приложении Б2. 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 4.

Т а б л и ц а 4 - Точность представления результатов измерений и вычислений

Параметр	Единица измерения	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр
Массовый расход	т/ч	1	-

Параметр	Единица измерения	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр
Масса	т	-	6
Температура	°С	2	-
Давление	МПа	2	-
Количество импульсов	имп	-	5
Интервал времени	с	2	-
Погрешность, СКО	%	3	-
Коэффициент преобразования	имп/т	-	5
Коэффициент коррекции		5	-
Градуировочный коэффициент		-	5

Единицу измерения градуировочного коэффициента выбирают в соответствии с п. 7.2.

При количестве цифр в целой части числа больше рекомендованного количества значащих цифр число округляют до целого.

9.2.5 Обработка результатов измерений.

9.2.5.1 Массу рабочей жидкости, измеренную с помощью ПУ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода $M_{\text{Э}ji}$, т, вычисляют по формуле

$$M_{\text{Э}ji} = \frac{N_{\text{Э}ji}}{K_{\text{ПМЭ}}} \text{ для ПУ с одним ЭСРМ,} \quad (2.1)$$

$$M_{\text{Э}ji} = \sum_{k=1}^q M_{\text{Э}ik} \text{ для ПУ с несколькими ЭСРМ,} \quad (2.2)$$

$$M_{\text{Э}ik} = \frac{N_{\text{Э}ik}}{K_{\text{ПМЭ}k}}, \quad (2.3)$$

где $N_{\text{Э}ji}$ – количество импульсов от ЭСРМ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, имп;

$K_{\text{ПМЭ}}$ – коэффициент преобразования ЭСРМ, имп/т;

$M_{\text{Э}ik}$ – масса рабочей жидкости, измеренная k -м ЭСРМ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

$N_{\text{Э}ik}$ – количество импульсов от k -го ЭСРМ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, имп;

$K_{\text{ПМЭ}k}$ – коэффициент преобразования k -го ЭСРМ, имп/т;

q – количество ЭСРМ, используемых в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода.

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

9.2.5.2 При использовании нескольких ЭСРМ массовый расход рабочей жидкости через k -й ЭСРМ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода $Q_{\text{ж}ik}$, т/ч, вычисляют по формуле

$$Q_{\text{ж}ik} = \frac{M_{\text{Э}ik}}{T_{ji}} \cdot 3600, \quad (3)$$

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

9.2.5.3 Массовый расход рабочей жидкости через СРМ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода Q_{ji} ,

т/ч, вычисляют по формуле

$$Q_{ji} = \frac{M_{\varnothing ji}}{T_{ji}} \cdot 3600. \quad (4)$$

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

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} Q_{ji}}{n_j}, \quad (5)$$

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

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

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

$$Q_{min} = \min(Q_{ji}), \quad (6)$$

$$Q_{max} = \max(Q_{ji}), \quad (7)$$

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

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

$$M_{ji} = \frac{N_{ji}}{K_{pm}}, \quad (8)$$

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

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

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

9.2.5.7 Градуировочный коэффициент СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода K_M вычисляют по формуле

$$K_M = \frac{\sum_{j=1}^m K_{Mji}}{m}, \quad (9)$$

$$K_{Mji} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} K_{Mji}}{n_j}, \quad (10)$$

$$K_{Mji} = \frac{M_{\varnothing ji}}{M_{ji}} \cdot K_{Myct}, \quad (11)$$

где K_{Mji} – среднее значение градуировочного коэффициента СРМ в j-ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

m – количество точек рабочего диапазона измерений массового расхода;

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

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

$M_{\varnothing ji}$ – масса рабочей жидкости, измеренная с помощью ПУ в соответствии с п. 4.1 за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

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

$K_{M_{уст}}$ – градуировочный коэффициент, установленный в СРМ на момент проведения определения МХ СРМ.

Единицу измерения градуировочного коэффициента выбирают в соответствии с п. 7.2.

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

$$MF = \frac{\sum_{j=1}^m MF_j}{m}, \quad (12)$$

$$MF_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} MF_{ji}}{n_j}, \quad (13)$$

$$MF_{ji} = \frac{M_{\varnothing ji}}{M_{ji}} \cdot MF_{уст}, \quad (14)$$

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

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

$M_{\varnothing ji}$ – масса рабочей жидкости, измеренная с помощью ПУ в соответствии с п. 4.1 за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

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

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

9.2.5.9 Оценка СКО результатов измерений в точках определения МХ.

СКО результатов измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода S_j , %, при определении K_M вычисляют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{Mji} - K_{Mj})^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_{Mj}} \cdot 100, \quad (15)$$

где K_{Mj} – среднее значение градуировочного коэффициента СРМ в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

K_{Mji} – значение градуировочного коэффициента СРМ для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

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

При определении MF S_j , %, вычисляют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{MF_j} \cdot 100, \quad (16)$$

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

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

Единицу измерения градуировочного коэффициента выбирают в соответствии с п. 7.2.

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \leq 0,05\%. \quad (17)$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

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

9.2.5.10 Границу не исключенной систематической погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений расхода Θ_Σ , %, вычисляют по формулам

$$\Theta_\Sigma = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_M^2 + \Theta_{IVK}^2 + \Theta_A^2 + \Theta_Z^2 + \Theta_{Mt}^2 + \Theta_{MP}^2}, \quad (18)$$

$$\Theta_M = \delta_{PZ}, \quad (19)$$

$$\Theta_{IVK} = \delta_{IVK}, \quad (20)$$

$$\Theta_A = \max \left(\left| \frac{K_{Mj} - K_M}{K_M} \right| \cdot 100 \right) \text{ при определении } K_M, \quad (21)$$

$$\Theta_A = \max \left(\left| \frac{MF_j - MF}{MF} \right| \cdot 100 \right) \text{ при определении } MF, \quad (22)$$

$$\Theta_Z = \frac{ZS}{Q_{min}} \cdot 100, \quad (23)$$

$$\Theta_{Mt} = \frac{\delta_{td} \cdot Q_t \cdot \Delta t}{Q_{min}}, \quad (24)$$

$$\Theta_t = \Theta_{nom} \text{ при зависимости } \delta_{td} \text{ от } \Theta_{nom}, \quad (25)$$

$$\Theta_t = \Theta_{Mmax} \text{ при зависимости } \delta_{td} \text{ от } \Theta_{Mmax}, \quad (26)$$

$$\Delta t = \max[(t_{max} - t_n), (t_n - t_{min})], \quad (27)$$

$$\Theta_{MP} = 10 \cdot \delta_{Pd} \cdot \Delta P, \quad (28)$$

$$\Delta P = \max[(P_{max} - P_n), (P_n - P_{min})], \quad (29)$$

где Θ_M – граница не исключенной систематической погрешности определения массы рабочей жидкости с помощью ПУ, %;

Θ_{IVK} – граница не исключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК при определении коэффициента преобразования СРМ по ПУ, %;

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

- Θ_z – граница не исключенной систематической погрешности, обусловленной нестабильностью нуля СРМ (при отсутствии или компенсации дополнительной погрешности, обусловленной нестабильностью нуля СРМ, принимают равной нулю), %;
- Θ_{M_t} – граница не исключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения температуры рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при определении МХ (при отсутствии или компенсации дополнительной погрешности, обусловленной влиянием отклонения температуры рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при определении МХ, принимают равной нулю), %;
- Θ_{M_P} – граница не исключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения давления рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при определении МХ (при отсутствии или компенсации дополнительной погрешности, обусловленной влиянием отклонения давления рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при определении МХ, принимают равной нулю), %;
- δ_{P_3} – предел допускаемой относительной погрешности ПУ (берут из свидетельства о поверке или протокола поверки ПУ, при использовании ПУ с несколькими ЭСРМ берут наибольшее значение), %;
- δ_{IVK} – предел допускаемой относительной погрешности ИВК при преобразовании параметров входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования (градуировочного коэффициента, коэффициента коррекции) СРМ по ПУ (берут из свидетельства о поверке или протокола поверки ИВК), %;
- ZS – стабильность нуля СРМ (берут из технической документации на СРМ), т/ч;
- Q_{min} – нижний предел рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ, т/ч;
- Θ_t – значение массового расхода, при котором определяется дополнительная погрешность, обусловленная отклонением температуры рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при определении МХ, т/ч;
- Θ_{nom} – номинальное значение массового расхода СРМ (берут из технической документации на СРМ), т/ч;
- $\Theta_{M_{max}}$ – максимальное значение массового расхода СРМ, т/ч;
- δ_{td} – значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением температуры рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при определении МХ (берут из описания типа или технической документации на СРМ), %/°C;
- Δt – максимальное отклонение температуры рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при определении МХ, °C;
- t_p – среднее значение температуры рабочей жидкости при определении МХ, °C;
- t_{min}, t_{max} – нижний и верхний предел рабочего диапазона температур рабочей жидкости при эксплуатации СРМ, °C;

- δ_{pd} – значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением давления рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при определении МХ (берут из описания типа или технической документации на СРМ), %/0,1 МПа;
- ΔP – максимальное отклонение давления рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при определении МХ, МПа;
- P_{min}, P_{max} – нижний и верхний предел рабочего диапазона давлений рабочей жидкости при эксплуатации СРМ, МПа;
- P_p – среднее значение давления рабочей жидкости при определении МХ, МПа.

Единицу измерения градуировочного коэффициента выбирают в соответствии с п. 7.2.

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

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}, \quad (30)$$

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

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

$$\epsilon = \max(\epsilon_j) \quad (31)$$

$$\epsilon_j = t_{0,95j} \cdot S_{0j}, \quad (32)$$

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

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

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

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

$$\delta = \epsilon \text{ если } \frac{\Theta_\Sigma}{S_0} < 0,8, \quad (33)$$

$$\delta = t_\Sigma \cdot S_\Sigma \text{ если } 0,8 \leq \frac{\Theta_\Sigma}{S_0} \leq 8, \quad (34)$$

$$\delta = \Theta_\Sigma \text{ если } \frac{\Theta_\Sigma}{S_0} > 8, \quad (35)$$

$$t_\Sigma = \frac{\epsilon + \Theta_\Sigma}{S_0 + S_\Theta}, \quad (36)$$

$$S_\Sigma = \sqrt{S_\Theta^2 + S_0^2}, \quad (37)$$

$$S_\Theta = \sqrt{\frac{\Theta_M^2 + \Theta_{ивк}^2 + \Theta_A^2 + \Theta_Z^2 + \Theta_{M\ell}^2 + \Theta_{MP}^2}{3}}, \quad (38)$$

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

- Θ_{Σ} – граница не исключенной систематической погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %;
 t_{Σ} – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и не исключенной систематической погрешностей;
 S_{Σ} – суммарное СКО результата измерений, %;
 S_{Θ} – СКО суммы не исключенных систематических погрешностей, %;
 S_0 – СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %.

9.2.5.15 Оценивание границы относительной погрешности.

СРМ допускается к применению в качестве рабочего или резервного, если относительная погрешность при измерении массы нефтегазоводяной смеси не более $\pm 0,25 \%$. СРМ допускается к применению в качестве контрольного, если относительная погрешность при измерении массы нефтегазоводяной смеси не более $\pm 0,20 \%$.

Если данные условия не выполняются, то рекомендуется:

- увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений массового расхода;
- уменьшить рабочий диапазон измерений массового расхода;
- установить коррекцию СРМ по давлению (при отсутствии коррекции).

При повторном невыполнении данных условий определение относительной погрешности АБ прекращают.

9.2.6 Относительную погрешность АБ принимают равной максимальному из значений относительной погрешности измерений массы всех ИЛ.

9.3 Определение относительной погрешности измерений массы нефти.

Относительную погрешность измерений массы нефти δM_c , %, при прямом методе динамических измерений, принимают равной максимальному значению относительной погрешности СРМ, которые берут из сведений о поверке СРМ, или сведений о погрешности АБ.

Значения относительной погрешности измерений массы нефти не должны превышать $\pm 0,25 \%$.

П р и м е ч а н и е - пределы допускаемой относительной погрешности определения массы нетто нефти в составе нефтегазоводяной смеси нормируется в соответствии с документом: МН 1328-2025 «ГСИ. Масса нефтегазоводяной смеси. Методика измерений системой измерений количества и параметров нефти сырой (СИКНС) на Бухараевском месторождении НГДУ «Бавлынефть» ПАО «Татнефть». Свидетельство об аттестации № RA.RU.310652-010/01-2025.

9.4 При получении положительных результатов по п.п. 9.1-9.3 СИКНС считают соответствующей метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, а результат поверки положительным.

10 Оформление результатов поверки

10.1 При положительных результатах поверки СИКНС оформляется свидетельство о поверке. Результаты поверки оформляют протоколом по форме, приведенной в приложении А.

10.2 Сведения о результатах поверки СИКНС направляют в ФИФ ОЕИ в соответствии с документом «Порядок проведения поверки средств измерений», утвержденным приказом Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020 г.

10.3 При проведении поверки СИКНС в фактически обеспечивающемся диапазоне измерений массового расхода, менее указанного в описании типа, информация об объеме проведенной поверки передается в ФИФ ОЕИ.

10.4 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке СИКНС.

10.5 При отрицательных результатах поверки СИКНС к эксплуатации не допускают и выписывают извещение о непригодности к применению.

Приложение А
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки СИКНС

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ №

Наименование измерений: средства Система измерений количества и параметров нефти сырой (СИКНС) на Бухараевском месторождении НГДУ «Бавлынефть» ПАО «Татнефть»

Тип: —

Модификация: —

Регистрационный № СИ в
ФИФОЕИ

Заводской номер:

Год выпуска:

Погрешности измерений:

Диапазон измерений:

Принадлежит: ИНН:

Место проведения поверки:

В составе:

Методика поверки: НА.ГНМЦ.0796-25 МП

Средства поверки:

Условия проведения

проверки:

Результаты поверки:

1. Внешний осмотр СИ (раздел 6 МП) _____
(соответствует/не соответствует)

2. Подготовка к поверке и опробование СИ (раздел 7 МП) _____
(соответствует/не соответствует)

3. Проверка ПО СИ (раздел 8 МП) _____
(соответствует/не соответствует)

4. Проверка результатов поверки СИ, входящих в состав СИКНС (п. 9.1 МП)
Таблица А.1 - Сведения о поверке СИ, входящих в состав СИКНС

Средство измерения	Регистрационный №	Заводской №	Сведения о поверке

5. Определение относительной погрешности АБ (п. 9.2 МП)

6. Определение относительной погрешности измерений массы нефти (п. 9.3 МП)

Заключение: система измерений количества и параметров нефти сырой (СИКНС) на Бухараевском месторождении НГДУ «Бавлынефть» ПАО «Татнефть» признана _____
пригодной/не пригодной к дальнейшей эксплуатации

Поверитель: _____ подпись _____ фамилия, инициалы _____

Дата проведения поверки: «_____» 20____ г.

Результаты поверки действительны до: «_____» 20____ г.

Приложение Б1
(рекомендуемое)

Форма протокола определения относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтегазоводяной смеси, при применении ПУ с одним ЭСРМ

ПРОТОКОЛ № _____

определения относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтегазоводяной смеси, при применении ПУ с одним ЭСРМ

Место проведения определения относительной погрешности ИК: _____

СРМ: Датчик: Тип _____ Зав. № _____ Линия № _____

Преобразователь: Тип _____ Зав. № _____

ЭСРМ : Датчик: Тип _____ Зав. № _____

Преобразователь: Тип _____ Зав. № _____

ИВК: Тип _____ Зав. № _____

Рабочая жидкость _____

Т а б л и ц а Б1.1 – Исходные данные

δ_3 , %	$K_{\text{ПМЭ}}$, имп/т	$\delta_{\text{ИВК}}$, %	$K_{\text{ПМ}}$, имп/т	$MF_{\text{уст}}$ ($K_{M_{\text{уст}}}$)	$Q_{M_{\text{max}}}$, т/ч	ZS , т/ч	$Q_{\text{ном}}$, т/ч	δ_{t_d} , %/ $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Окончание таблицы Б1.1

t_{\min} , $^{\circ}\text{C}$	t_{\max} , $^{\circ}\text{C}$	δ_{P_D} , %/0,1 МПа	P_{\min} , МПа	P_{\max} , МПа
10	11	12	13	14

Т а б л и ц а Б1.2 – Результаты измерений и вычислений

№ точ / № изм	Q_{ji} , т/ч	T_{ji} , с	$N_{\text{Э}ji}$, имп	N_{ji} , имп	$M_{\text{Э}ji}$, т	M_{ji} , т	MF_{ji} ($K_{M_{ji}}$)
1	2	3	4	5	6	7	8
1/1							
...	
m/n_m							

Т а б л и ц а Б1.3 – Результаты определения относительной погрешности ИК в точках рабочего диапазона

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

Т а б л и ц а Б1.4 – Результаты определения относительной погрешности ИК в рабочем диапазоне

Q_{\min} , т/ч	Q_{\max} , т/ч	MF (K_M)	S_0 , %	ε , %	Θ_A , %	Θ_Z , %	t_{Π} , °C	Θ_{M_t} , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Окончание таблицы Б1.4

P_{Π} , МПа	Θ_{MP} , %	Θ_{Σ} , %	δ , %
10	11	12	13

Заключение: ИК массы и массового расхода нефтегазоводяной смеси к дальнейшей эксплуатации _____
(годен, не годен)

Должность лица, проводившего определение относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтегазоводяной смеси _____
подпись _____ И.О. Фамилия _____

Дата проведения определения ОП ИК «_____» 20 ____ г.

Примечания к таблицам протокола определения относительной погрешности ИК:

1 При определении коэффициента коррекции в столбец 5 таблицы Б1.1, в столбец 8 таблицы Б1.2, в столбец 3 таблицы Б1.3 и в столбец 3 таблицы Б1.4 заносят значения коэффициента коррекции, при определении градуировочного коэффициента - значения градуировочного коэффициента, в шапки таблиц заносят соответствующие названия столбцов. Единица измерения градуировочного коэффициента указывается в соответствии с п. 5.3.

2 Столбец 7 таблицы Б1.1 заполняются при наличии дополнительной погрешности, обусловленной нестабильностью нуля СРМ.

3 Столбцы 8 – 11 таблицы Б1.1 заполняют при наличии дополнительной погрешности, обусловленной влиянием отклонения температуры рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при определении относительной погрешности ИК; если δ_d не зависит от номинального расхода Q_{nom} , то столбец 8 не заполняют.

4 Столбцы 12 – 14 таблицы Б1.1 заполняются при наличии дополнительной погрешности, обусловленной влиянием отклонения давления рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при определении относительной погрешности ИК.

Приложение Б2
(рекомендуемое)

**Форма протокола определения относительной погрешности ИК массы и
массового расхода нефтегазоводяной смеси, при применении ПУ с
несколькоими ЭСРМ**

ПРОТОКОЛ № _____

определения относительной погрешности ИК массы и массового расхода
нефтегазоводяной смеси, при применении ПУ с несколькими ЭСРМ

Место проведения определения относительной погрешности ИК: _____

СРМ: Датчик: Тип _____ Зав. № _____ Линия № _____

Преобразователь: Тип _____ Зав. № _____

ЭСРМ1: Датчик: Тип _____ Зав. № _____

Преобразователь: Тип _____ Зав. № _____

...

ЭСРМq: Датчик: Тип _____ Зав. № _____

Преобразователь: Тип _____ Зав. № _____

ИВК: Тип _____ Зав. № _____

Рабочая жидкость _____

Т а б л и ц а Б2.1 – Исходные данные

δ_3 , %	$\delta_{\text{ивк}}$, %	$K_{\text{ПМ}}$, имп/т	$MF_{\text{уст}} (K_{M_{\text{уст}}})$	$Q_{M_{\text{max}}}$, т/ч	ZS , т/ч	$Q_{\text{ном}}$, т/ч	δ_{t_d} , %/°C
1	2	3	4	5	6	7	8

Окончание таблицы Б2.1

t_{\min} , °C	t_{\max} , °C	δ_{P_d} , %/0,1 МПа	P_{\min} , МПа	P_{\max} , МПа
9	10	11	12	13

Т а б л и ц а Б2.2 – Результаты измерений и вычислений, ЭСРМ

№ точ / № изм	№ ЭСРМ	Q_{jik} , т/ч	$N_{\Theta jik}$, имп	$K_{\text{ПМЭк}}$, имп/т	$M_{\Theta jik}$, т
1	2	3	4	5	6
1/1	1				

	q				

m/n_m	1				

	q				

Т а б л и ц а Б2.3 – Результаты измерений и вычислений, СРМ

№ точ / № изм	Q_{ji} , т/ч	T_{ji} , с	N_{ji} , имп	$M_{\Theta ji}$, т	M_{ji} , т	$MF_{ji} (K_{Mji})$
1	2	3	4	5	6	7
1/1						
...	
m/n_m						

Т а б л и ц а Б2.4 – Результаты определения относительной погрешности ИК в точках рабочего диапазона

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

Т а б л и ц а Б2.5 – Результаты определения относительной погрешности ИК в рабочем диапазоне

Q_{min} , т/ч	Q_{max} , т/ч	MF (K_M)	S_0 , %	ε , %	Θ_A , %	Θ_z , %	t_n , °C	Θ_{Mt} , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Окончание таблицы Б2.5

P_n , МПа	Θ_{MP} , %	Θ_Σ , %	δ , %
10	11	12	13

Заключение: ИК массы и массового расхода нефтегазоводяной смеси к дальнейшей эксплуатации _____

(годен, не годен)

Должность лица, проводившего определение относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтегазоводяной смеси _____

подпись _____ И.О. Фамилия

Дата проведения определения ОП ИК «_____» 20____ г.

Примечания к таблицам протокола определения относительной погрешности ИК:

1 При определении коэффициента коррекции в столбец 4 таблицы Б2.1, в столбец 7 таблицы Б2.3, в столбец 3 таблицы Б2.4 и в столбец 3 таблицы Б2.5 заносят значения коэффициента коррекции, при определении градуировочного коэффициента - значения градуировочного коэффициента, в шапки таблиц заносят соответствующие названия столбцов. Единица измерения градуировочного коэффициента указывается в соответствии с п. 5.3.

2 Столбец 6 таблицы Б2.1 заполняются при наличии дополнительной погрешности, обусловленной нестабильностью нуля СРМ.

3 Столбцы 7 – 10 таблицы Б2.1 заполняют при наличии дополнительной погрешности, обусловленной влиянием отклонения температуры рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при определении относительной погрешности ИК; если δ_{t_d} не зависит от номинального расхода Q_{nom} , то столбец 7 не заполняют.

4 Столбцы 11 – 13 таблицы Б2.1 заполняются при наличии дополнительной погрешности, обусловленной влиянием отклонения давления рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при определении относительной погрешности ИК.

Приложение В (рекомендуемое)

Методика анализа результатов измерений на наличие промахов

Проверка результатов измерений на один промах по критерию Граббса при определении относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтегазоводяной смеси.

СКО результатов измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода S_{Kj} , %, при определении K_m определяют по формуле

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

где K_{Mj} – среднее значение градуировочного коэффициента СРМ в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

K_{Mji} – значение градуировочного коэффициента СРМ для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

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

СКО результатов измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода S_{Kj} , %, при определении MF определяют по формуле

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

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

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

П р и м е ч а н и я

1 Единицу измерения градуировочного коэффициента выбирают в соответствии с п. 5.3.

2 При $S_{Kj} < 0,001$ принимают $S_{Kj} = 0,001$.

Наиболее выделяющееся соотношение U при определении K_m

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

Наиболее выделяющееся соотношение U при определении MF

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

Единицу измерения градуировочного коэффициента выбирают в соответствии с п. 5.3.

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

Т а б л и ц а В.1 - Критические значения для критерия Граббса

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

Приложение Г (справочное)

Квантиль распределения Стьюдента

Значения квантиля распределения Стьюдента $t_{0.95}$ при доверительной вероятности $P=0,95$ в зависимости от количества измерений приведены в таблице Г.1.

Т а б л и ц а Г.1 - Значения квантиля распределения Стьюдента при доверительной вероятности $P=0,95$

n-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$t_{0.95}$	12,706	4,303	3,182	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,201