



ООО ЦМ «СТП»

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре
аккредитованных лиц RA.RU.311229

«СОГЛАСОВАНО»

Технический директор по испытаниям

ООО ЦМ «СТП»

В.В. Фефелов

«16»

05

2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Система измерений количества и показателей качества нефти
приемо-сдаточного пункта (ПСП) товарной нефти для объекта
«Нефтепровод-отвод «ВСТО-Хабаровский НПЗ»**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 1605/1-311229-2025

г. Казань
2025

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на систему измерений количества и показателей качества нефти приемо-сдаточного пункта (ПСП) товарной нефти для объекта «Нефтепровод-отвод «ВСТО-Хабаровский НПЗ» (далее – СИКН), заводской № 1673-13, и устанавливает методику первичной поверки до ввода в эксплуатацию, а также методику периодической поверки в процессе эксплуатации СИКН и после ремонта.

1.2 СИКН соответствует требованиям к средству измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной Приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356 и прослеживается к Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63–2019.

1.3 Подтверждение метрологических характеристик

1.3.1 Метрологические характеристики измерительных каналов (далее – ИК) объемного расхода определяются поэлементным или комплектным методами. Методы определения метрологических характеристик ИК объемного расхода изложены в разделе 9.

1.3.2 Метрологические характеристики средств измерений, входящих в состав СИКН, (исключая сведения о поверке преобразователи расхода жидкости турбинные TZN CUS (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – регистрационный номер) 46057-11) (далее – ПР), входящих в состав ИК объемного расхода), подтверждаются сведениями о поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

1.3.3 Первичная поверка ПР, входящих в состав ИК объемного расхода, должна быть выполнена в соответствии с методиками поверки, установленными при утверждении типа ПР, входящих в состав ИК объемного расхода.

1.3.4 Метрологические характеристики СИКН подтверждаются расчетным методом.

1.4 Допускается проведение поверки СИКН в части отдельного ИК объемного расхода, входящего в состав СИКН, в соответствии с заявлением владельца СИКН.

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведенные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений объемного расхода нефти, м ³ /ч	от 246 до 1100
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы брутто нефти, %	±0,25
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы нетто нефти, %	±0,35

Таблица 2 – Состав и основные метрологические характеристики ИК объемного расхода

Наименование ИК, количество (место установки)	Состав ИК		Диапазон измерений по каждому ИК, м ³ /ч	Пределы допускаемой относительной погрешности ИК, %
	Первичный измерительный преобразователь	Вторичная часть		
Рабочие ИК объемного расхода, 3 (рабочая ИЛ № 1, рабочая ИЛ № 2, рабочая ИЛ № 3)	Преобразователь расхода жидкости турбинный TZN CUS	Комплекс измерительно-вычислительный расхода и количества жидкостей и газов «АБАК+»	от 246 до 370	±0,15

Наименование ИК, количество (место установки)	Состав ИК		Диапазон измерений по каждому ИК, м ³ /ч	Пределы допускаемой относительной погрешности ИК, %
	Первичный измерительный преобразователь	Вторичная часть		
Контрольно-резервный ИК, 1 (контрольно-резервная линия)	Преобразователь расхода жидкости турбинный TZN CUS	Комплекс измерительно-вычислительный расхода и количества жидкостей и газов «АБАК+»	от 240 до 375 ¹⁾ от 246 до 370 ²⁾	±0,10
¹⁾ При использовании в качестве контрольного ИК объемного расхода. ²⁾ При использовании в качестве резервного ИК объемного расхода. Примечание – Принято следующее обозначение: ИЛ – измерительная линия.				

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, представленные в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которыми выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	6
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	7
Проверка идентификационных данных программного обеспечения средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9
Оформление результатов поверки средства измерений	Да	Да	10

2.2 Если при проведении какой-либо операции поверки получен отрицательный результат, дальнейшую поверку не проводят.

3 Требования к условиям проведения поверки средства измерений

3.1 Поверку проводят при условиях, сложившихся на момент проведения поверки и удовлетворяющих условиям эксплуатации СИКН.

3.2 Метрологические характеристики ИК объемного расхода определяют в рабочем диапазоне расхода

3.2.1 Рабочий диапазон расхода устанавливают для каждого ИК объемного расхода таким образом, что он не выходит за пределы измерений, указанный в сведениях об утверждении типа ПР, входящего в состав ИК объемного расхода и соответствует диапазону измерений, приведенному в таблице 2.

3.2.2 Установление рабочего диапазона расхода для каждого ИК объемного расхода

оформляет владелец СИКН в виде справки произвольной формы перед каждым определением метрологических характеристик ИК объемного расхода.

3.3 Условия определения метрологических характеристик ИК объемного расхода:

- определение метрологических характеристик проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами ИЛ;
- содержание свободного газа в измеряемой среде не допускают;
- давление измеряемой среды при определении метрологических характеристик ИК объемного расхода $P_{\text{пов}}$, МПа, после ПУ (ПР расположен до поверочной установки по ходу измеряемой среды) и после преобразователя (ПР расположен после поверочной установки) устанавливают не менее значения, вычисленного по формуле

$$P_{\text{пов}} = 2,06 \cdot P_{\text{нас}} + 2 \cdot \Delta P, \quad (3.1)$$

где $P_{\text{нас}}$ – давление насыщенных паров, определенное согласно ГОСТ 1756–2000 при максимальной температуре нефти, МПа;

ΔP – перепад давления нефти на ПР, МПа (из эксплуатационной документации);

- изменение температуры измеряемой среды за время одного измерения должно быть менее или равно $0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

- изменение объемного расхода измеряемой среды в процессе определения метрологических характеристик ИК объемного расхода в точке расхода не должно превышать $2,5 \%$;

- запорная и регулирующая арматура, установленные на ИЛ ИК объемного расхода, открыты полностью. Регулятор расхода выведен из автоматического режима регулирования расхода;

- требуемый расход устанавливают с помощью регулятора расхода, установленного в конце технологической схемы по потоку измеряемой среды.

3.4 Определение метрологических характеристик ИК объемного расхода запрещается проводить при расходе измеряемой среды, ниже значения расхода, при котором проведена проверка ПУ на отсутствие протечек.

3.5 Все применяемые эталоны и средства измерений должны соответствовать требованиям нормативно-правовых документов в области обеспечения единства измерений Российской Федерации.

3.6 При проведении испытаний соблюдают требования безопасности, производственной санитарии и охраны окружающей среды, действующие на объекте, а также требования безопасности, приведенные в эксплуатационных документах используемых эталонов и средств измерений.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки СИКН применяют средства поверки, указанные в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень средств поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии – обозначения типа, модификации
7, 8, 9, 10	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от плюс 5 до плюс $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Термогигрометр ИВА-6 (регистрационный номер 46434-11 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ))

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии – обозначения типа, модификации
7, 8, 9, 10	Средство измерений относительной влажности окружающей среды: диапазон измерений от 30 до 95 %, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений ± 5 %	Термогигрометр ИВА-6 (регистрационный номер 46434-11 в ФИФОЕИ)
	Средство измерений атмосферного давления: диапазон измерений от 84,0 до 106,7 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 0,5$ кПа	
9	Рабочий эталон 1-го разряда по Приказу Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356	Установка поверочная трубопоршневая двунаправленная (регистрационный номер 20054-12 в ФИФОЕИ), без компаратора (далее – ПУ)

4.2 Допускается применение средств измерений (далее – СИ) с метрологическими и техническими характеристиками, не уступающие требованиям, изложенным в таблице 4.

4.3 Применяемые СИ должны быть утвержденного типа, а также поверены в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений, и допущены к применению.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования правил безопасности при эксплуатации средств поверки и СИКН, приведенных в их эксплуатационных документах, и инструкций по охране труда, действующих на объекте.

5.2 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации СИКН и средств поверки и прошедшие инструктаж по охране труда и имеющие допуск по электробезопасности.

6 Внешний осмотр средства измерений

6.1 При внешнем осмотре проверяют:

- состав СИ, входящих в состав СИКН, и комплектность СИКН;
- пломбировку СИ, входящих в состав СИКН (при наличии информации в описании типа данных СИ об указании мест и способов ограничения доступа к местам настройки (регулировки));
- отсутствие механических повреждений СИКН, препятствующих ее применению;
- четкость надписей и обозначений на маркировочных табличках СИКН и его компонентов.

6.2 Поверку продолжают, если:

- состав СИ и комплектность СИКН соответствуют описанию типа СИКН;
- пломбировка СИ, входящих в состав СИКН, выполнена в соответствии со сведениями в описаниях типа данных СИ;
- отсутствуют механические повреждения СИКН, препятствующие ее применению;
- надписи и обозначения на маркировочных табличках четкие.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Выполняют следующие подготовительные операции:

- проверяют наличие заземления СИ, работающих под напряжением;
- средства поверки и СИКН устанавливают в рабочее положение с соблюдением указаний эксплуатационной документации.

7.2 Проверяют наличие информации о положительных результатах поверки в ФИФОЕИ и действующих знаков поверки на все средства поверки.

7.3 Проверка работоспособности

7.3.1 Проверяют:

- отсутствие в комплексах измерительно-вычислительных расхода и количества жидкостей и газов «АБАК+» (далее – ИВК) и на мониторе автоматизированного рабочего места оператора (далее – АРМ оператора) сообщений об ошибках, препятствующих определению метрологических характеристик СИКН проведению поверки;

- соответствие текущих измеренных СИКН значений температуры, давления, объемного расхода и плотности измеряемой среды, данным, отраженным в описании типа СИКН.

7.3.2 Результаты проверки работоспособности считают положительными, если:

- в ИВК и на мониторе АРМ оператора отсутствуют сообщения об ошибках, препятствующих определению метрологических характеристик СИКН проведению поверки;
- текущие измеренные СИКН значения температуры, давления, объемного расхода и плотности измеряемой среды соответствуют данным, отраженным в описании типа СИКН.

7.4 Собирают и заполняют нефтью технологическую схему. Оперативным персоналом путем визуального осмотра проверяется отсутствие утечек через фланцевые, резьбовые и уплотнительные соединения элементов технологической схемы СИКН. На элементах технологической схемы СИКН не должно наблюдаться подтекания нефти. При обнаружении подтекания нефти поверку прекращают и принимают меры по устранению утечки.

7.5 Опробование СИКН осуществляют путем увеличения или уменьшения расхода измеряемой среды в пределах рабочего диапазона измерений. Результаты опробования считаются удовлетворительными, если при увеличении или уменьшении расхода измеряемой среды, соответствующим образом изменялись показания на соответствующих средствах отображения информации.

7.6 Результаты подготовки к поверке и опробование средства измерений по 7 считают положительными, если выполнены требования, изложенные в 7.1–7.5.

8 Проверка идентификационных данных программного обеспечения средства измерений

8.1 Проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) СИКН проводят путем сравнения идентификационных данных ПО СИКН с соответствующими идентификационными данными, зафиксированными при испытаниях в целях утверждения типа и отраженными в описании типа СИКН.

8.2 Проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) СИКН, реализованного в ИВК, проводят по показаниям ИВК в следующей последовательности:

- нажать на кнопку «Информация», расположенную на лицевой панели ИВК;
- зафиксировать номера версии и контрольные суммы и сравнить их с соответствующими идентификационными данными, указанными в разделе «Программное обеспечение» описания типа СИКН.

8.3 Результаты проверки идентификационных данных ПО СИКН считают положительными, если идентификационные данные ПО СИКН совпадают с исходными, указанными в описании типа СИКН.

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Проверка результатов поверки СИ, входящих в состав СИКН

9.1.1 Проверяют наличие сведений о поверке СИ, входящих в состав СИКН. При этом учитывают, что метрологические характеристики ПР, входящие в состав ИК объемного расхода, определяются в составе ИК объемного расхода по настоящей методике поверки.

9.1.2 Метрологические характеристики ИК объемного расхода определяют согласно 9.2 методики поверки, поэлементно или комплектным методом, и проверяют их соответствие метрологическим характеристикам, указанным в таблице 2.

9.1.3 Результаты проверки по 9.1 считают положительными, если:

– СИ, входящие в состав СИКН, поверены в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений, и имеют положительные результаты поверки;

– метрологические характеристики ИК объемного расхода соответствуют указанным в таблице 2.

9.2 Определение метрологических характеристик ИК объемного расхода

9.2.1 Поэлементный метод определения метрологических характеристик ИК объемного расхода

9.2.1.1 При поэлементном методе определения метрологических характеристик ИК объемного расхода, СИ, входящие в состав ИК объемного расхода, должны быть поверены по методикам поверки, установленным при утверждении типа данных ПР.

9.2.1.2 Относительную погрешность измерений i -го ИК объемного расхода δ_{Vi} , %, определяют по формуле

$$\delta_{Vi} = \pm \sqrt{\delta_{qi}^2 + \delta_N^2 + \delta_t^2 + \delta_{\text{выч}}^2}, \quad (9.1)$$

где δ_{qi} – пределы допускаемой относительной погрешности измерений ПР, входящего в состав i -го ИК объемного расхода, %;

δ_N – пределы допускаемой относительной погрешности ИВК при преобразовании входного импульсного сигнала, количество импульсов на 10000 импульсов, %;

δ_t – пределы допускаемой относительной погрешности ИВК при измерении интервала времени, %;

$\delta_{\text{выч}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности ИВК при вычислении объемного расхода (объема) измеряемой среды, %.

9.2.1.3 Результаты расчета по формуле (9.1) алгебраически до второго знака после запятой.

9.2.1.4 Результаты определения метрологических характеристик ИК объемного расхода по 9.2.1 считают положительными, если относительная погрешности измерений объемного расхода с применением ИК объемного расхода, входящих в состав СИКН, составляют:

– $\pm 0,15$ % для рабочего ИК объемного расхода;

– $\pm 0,10$ % для контрольно-резервного ИК объемного расхода.

9.2.2 Комплектный метод определения метрологических характеристик ИК объемного расхода

9.2.2.1 Подготовка к определению метрологических характеристик ИК объемного расхода

ПР, входящий в состав ИК объемного расхода, и ПУ подключают друг с другом последовательно, готовят технологическую схему к гидравлическим испытаниям и проверке на герметичность.

Технологические переключения проводят с соблюдением требований инструкции по эксплуатации СИКН.

Проверяют закрытое положение (при необходимости закрывают) дренажных и воздушных вентилей (кранов), установленных на технологических трубопроводах СИКН, ПУ и в блоке измерения качества.

Устанавливают любое значение расхода в пределах рабочего диапазона, в технологической схеме поверки создают максимальное рабочее давление, которое может быть при определении метрологических характеристик ИК объемного расхода.

Технологическую схему СИКН считают испытанной на герметичность, если в течение 10 минут после создания давления не наблюдается течи измеряемой среды через фланцевые соединения, через сальники запорной арматуры, дренажных и воздушных вентилей (кранов).

Проверяют отсутствие протечек рабочей жидкости через затворы запорной арматуры, дренажных и воздушных вентилей (кранов) при их закрытом положении. Если отсутствует возможность проверки герметичности затворов запорной арматуры, вентилей (кранов) или установлено наличие протечек, то во фланцевые соединения устанавливают металлические заглушки («блины»).

Проводят проверку отсутствия протечек измеряемой среды через узел переключения направления потока (четырёхходовой кран) ПУ. Проверку проводят в обоих (прямом и обратном) направлениях движения шарового поршня.

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

Примечание – В качестве ИВК должны быть использованы комплексы измерительно-вычислительные расхода и количества жидкостей и газов «АБАК+», входящие в состав СИКН.

Проверяют отсутствие воздуха (газа) в технологической схеме. При любом значении расхода (в рабочем диапазоне) проводят несколько пусков поршня ПУ.

Открывая воздушные вентили, установленные на ПУ и в верхних точках технологической схемы, проверяют наличие воздуха (газа), при необходимости воздух (газ) выпускают. Считают, что воздух (газ) в технологической схеме отсутствует, если из вентилей вытекает струя измеряемой среды без пузырьков воздуха (газа).

Контролируют стабилизацию температуры измеряемой среды в технологической схеме, для чего при любом расходе проводят несколько последовательных пусков поршня ПУ. Температуру считают стабильной, если за период пусков поршня изменение температуры измеряемой среды в технологической схеме не превышает 0,2 °С.

Проверяют достоверность и правильность ранее введенных исходных данных в АРМ оператора и в ИВК, при необходимости вносят недостающие данные.

Градуировочную характеристику ПР, входящего в состав ИК объемного расхода реализуют для каждого k -го поддиапазона в виде постоянных коэффициентов преобразований в поддиапазонах расхода $K_{пд k}$, импульс/м³.

9.2.2.2 Внешний осмотр

При внешнем осмотре ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, устанавливают:

- соответствие его комплектности перечню, указанному в эксплуатационной документации (формуляре, паспорте);
- отсутствие механических повреждений, препятствующих его применению;
- четкость, целостность надписей и обозначений, нанесенных на корпусе, их соответствие требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие нарушений герметичности кабельных вводов в ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, отсутствие видимых повреждений контрольного кабеля или кабелей;
- соответствие заземлений требованиям инструкции по эксплуатации ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, целостность заземляющих проводов.

9.2.2.3 Опробование

Устанавливают любое значение расхода в пределах рабочего диапазона, запускают поршень ПУ и проводят пробное измерение (одно или несколько). При прохождении поршня ПУ через стартовый детектор должен начаться отсчет количества импульсов ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, при прохождении стопового детектора – прекратиться.

Должно проводиться суммирование количества импульсов ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, при прямом и обратном направлениях движения поршня.

Проверяют индикацию на дисплее ИВК или на мониторе АРМ оператора текущих значений:

- количества импульсов, выдаваемых ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, импульс;

- плотности измеряемой среды, кг/м³;

- вязкости измеряемой среды, сСт;

- температуры, °С, и давления, МПа, измеряемой среды в ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, и в ПУ.

9.2.2.4 Определение метрологических характеристик ПР, входящего в состав ИК объемного расхода

Установление расхода

Метрологические характеристики ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, определяют при крайних значениях расхода рабочего диапазона и значениях, выбранных внутри него.

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

- технические возможности системы обработки информации (далее – СОИ) СИКН;

- крутизну градуировочной характеристики ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, (согласно технической документации изготовителя или результатам первичной поверки ПР, входящего в состав ИК объемного расхода);

- величину рабочего диапазона;

- вид реализации градуировочной характеристики ПР, входящего в состав ИК объемного расхода в СОИ СИКН.

Количество точек рабочего диапазона устанавливают не менее трех и не более семи.

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

При подключении ПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, до ПУ, требуемое значение расхода в каждой j-ой точке $Q_j^{\text{пов}}$, м³/ч, устанавливают и контролируют, используя результаты измерений расхода ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода.

При подключении ПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, после ПУ, то значение расхода в каждой j-ой точке $Q_j^{\text{пов}}$, м³/ч, проверяют после каждого прохода поршня по формуле

$$Q_j^{\text{пов}} = \frac{V_{\text{пр } ij}^{\text{ПУ}} \cdot 3600}{T_{ij}}, \quad (9.2)$$

где $V_{\text{пр } ij}^{\text{ПУ}}$ – вместимость калиброванного участка ПУ, приведенная к рабочим условиям в ПУ при i-м измерении при установлении расхода в j-й точке, м³;

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

Вместимость калиброванного участка ПУ, приведенная к рабочим условиям в ПУ при i-м измерении при установлении расхода в j-й точке $V_{\text{пр } ij}^{\text{ПУ}}$, м³, вычисляют по формуле

$$V_{\text{пр } ij}^{\text{ПУ}} = V_0^{\text{ПУ}} \cdot [1 + 3 \cdot \alpha_t^{\text{ПУ}} \cdot (t_{ij}^{\text{ПУ}} - 20)] \cdot \left(1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot S} \cdot \bar{P}_{ij}^{\text{ПУ}}\right), \quad (9.3)$$

где $V_0^{\text{ПУ}}$ – вместимость калиброванного участка ПУ согласно свидетельству о поверке, м³;

$\alpha_t^{\text{ПУ}}$ – коэффициент линейного расширения материала стенок ПУ, °С⁻¹. Значение приведено в таблице А.1 приложения А;

- $\bar{t}_{ij}^{ПУ}$ – средняя температура рабочей жидкости в ПУ за i -ое измерение при установлении расхода $Q_j^{пов}$, м³/ч, в j -й точке, °С;
- D – внутренний диаметр калиброванного участка ПУ, мм. Значение берут из паспорта или эксплуатационной документации на ПУ;
- S – толщина стенок калиброванного участка ПУ, мм. Значение берут из паспорта или эксплуатационной документации на ПУ;
- E – модуль упругости материала стенок ПУ, МПа. Значение приведено в таблице А.1 приложения А;
- $\bar{P}_{ij}^{ПУ}$ – среднее давление рабочей жидкости в ПУ за i -ое измерение при установлении расхода $Q_j^{пов}$, м³/ч, в j -й точке, МПа.

Диапазон отклонения установленного расхода в точке от требуемого (задаваемого) значения должен быть не более 2,0 %. В случае большего отклонения повторяют операции, необходимые для установления требуемого расхода.

Допускается определять значение расхода в каждой j -ой точке $Q_j^{пов}$, м³/ч, используя вместимость калиброванного участка ПУ согласно свидетельству о поверке пор формуле

$$Q_j^{пов} = \frac{V_0^{ПУ} \cdot 3600}{T_{ij}}. \quad (9.4)$$

Примечание – Средние значения температуры $\bar{t}_{ij}^{ПУ}$, °С, и давления $\bar{P}_{ij}^{ПУ}$, МПа, для каждого прохода поршня ПУ вычисляют по формуле

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

- где \bar{a} – среднее арифметическое значение измеряемого параметра ($\bar{t}_{ij}^{ПУ}$ или $\bar{P}_{ij}^{ПУ}$);
- $a_{вх}$, $a_{вых}$ – значения параметров температуры, °С, или давления, МПа, измеренные соответствующими средствами измерений, установленными на входе и выходе ПУ.

При необходимости, расход $Q_j^{пов}$, м³/ч, корректируют. Отклонение установленного расхода $Q_j^{пов}$, м³/ч, требуемого (задаваемого) значения должно быть не более 2,0 %.

Выполнение измерений

После установления расхода $Q_j^{пов}$ и стабилизации температуры измеряемой среды, проводят серию измерений, последовательно запуская поршень ПУ. Количество измерений в каждой j -й точке расхода n_j не менее пяти.

Для каждого i -го измерения в каждой j -й точке расхода регистрируют (отсчитывают) и записывают в протокол испытаний значения:

- количества импульсов, выдаваемых ПР, входящим в состав ИК объемного расхода, N_{ij} , импульс;
- времени прохода поршнем ПУ его калиброванного участка, T_{ij} , с;
- значения установленного расхода Q_{ij} , м³/ч;
- частоты выходного сигнала ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, f_{ij} , Гц;
- температуры измеряемой среды в ПР, входящем в состав ИК объемного расхода, $t_{ij}^{ПР}$, °С;
- давления измеряемой среды в ПР, входящем в состав ИК объемного расхода $P_{ij}^{ПР}$, МПа;
- среднего значения температуры измеряемой среды в ПУ $\bar{t}_{ij}^{ПУ}$, °С;
- среднего значения давления измеряемой среды в ПУ $\bar{P}_{ij}^{ПУ}$, МПа;
- плотности измеряемой среды, измеренной поточным преобразователем плотности (далее – ПП), участвующим в определении метрологических характеристик ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, ρ_{ij} , кг/м³;
- температуры измеряемой среды в поточном ПП, $t_{ij}^{ПП}$, °С;
- давления измеряемой среды в поточном ПП, $P_{ij}^{ПП}$, МПа;

– вязкости, измеренную поточным преобразователем вязкости, v_{ij} , сСт.

9.2.2.5 Обработка результатов измерений

Определение градуировочной характеристики ПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, оценивание среднего квадратического отклонения

Для каждого i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона вычисляют коэффициент преобразования ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, K_{ij} , импульс /м³, по формуле

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{V_{ij}^{ПУ}}, \quad (9.5)$$

где $V_{ij}^{ПУ}$ – объем измеряемой среды, прошедшей через калиброванный участок ПУ за время i -го измерения в j -й точке и приведенный к рабочим условиям в ПР, входящим в состав ИК объемного расхода, м³.

Объем измеряемой среды, прошедшей через калиброванный участок ПУ за время i -го измерения в j -й точке и приведенный к рабочим условиям в ПР, входящим в состав ИК объемного расхода $V_{ij}^{ПУ}$, м³, вычисляют по формуле

$$V_{ij}^{ПУ} = V_0^{ПУ} \cdot [1 + 3 \cdot \alpha_t^{ПУ} \cdot (t_{ij}^{ПУ} - 20)] \cdot \left(1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot s} \cdot P_{ij}^{ПУ}\right) \cdot \frac{CTL_{ij}^{ПУ} \cdot CPL_{ij}^{ПУ}}{CTL_{ij}^{ПР} \cdot CPL_{ij}^{ПР}}, \quad (9.6)$$

где $CTL_{ij}^{ПУ}$, $CTL_{ij}^{ПР}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние температуры измеряемой среды на ее объемы, прошедшие через ПУ и ПР, входящим в состав ИК объемного расхода, соответственно за i -ое измерение в j -й точке расхода. Вычисляют согласно приложению Б;

$CPL_{ij}^{ПУ}$, $CPL_{ij}^{ПР}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние давления измеряемой среды на ее объемы, прошедшие через ПУ и ПР, входящим в состав ИК объемного расхода, соответственно за i -ое измерение в j -й точке расхода. Вычисляют согласно приложению Б.

Определяют значение коэффициента преобразования ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, в j -й точке расхода \bar{K}_j , импульс /м³, по формуле

$$\bar{K}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij}, \quad (9.7)$$

где n_j – количество j -ых точек расхода.

Среднее квадратическое отклонение результатов определений коэффициента преобразования ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, $S_{пд k}$, %, при реализации градуировочной характеристики в виде постоянных коэффициентов преобразований в поддиапазонах расхода $K_{пд k}$, импульс/м³, определяют и оценивают по формуле

$$S_{пд k} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{k+1} \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{K_{ij} - \bar{K}_j}{\bar{K}_j} \right)^2}{(n_j + n_{j+1} - 1)_k}} \cdot 100 \leq 0,02 \%, \quad (9.8)$$

где k – количество поддиапазонов.

В случае несоблюдения условия (9.8) повторно выполняют операции по 9.2.2.4, после чего повторяют вычисления по 0.

Определение параметров градуировочной характеристики ПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода

Значение градуировочной характеристики в виде постоянных коэффициентов преобразований в поддиапазонах расхода $K_{пд k}$, импульс/м³, для каждого k -го поддиапазона вычисляют по формуле

$$K_{\text{пд } k} = \frac{(\bar{K}_j + \bar{K}_{j+1})_k}{2}, \quad (9.9)$$

где \bar{K}_{j+1} – коэффициент преобразования ПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, определенный в $(j + 1)$ точке расхода по формуле (9.7) (вместо индекса j принимают $(j+1)$), импульс/м³.

Определение случайной составляющей погрешности ПР, входящего в состав ИК объемного расхода

Составляющие погрешности и метрологические характеристики ПР, входящего в состав ИК объемного расхода (рабочего или контрольно-резервного), определяют при доверительной вероятности 0,95.

Случайную составляющую погрешности ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, для каждого k -го поддиапазона расхода $\varepsilon_{\text{пд } k}$, %, определяют по формуле

$$\varepsilon_{\text{пд } k} = t_{(p, n)} \cdot S_{\text{пд } k}, \quad (9.10)$$

где $t_{(p, n)}$ – квантиль распределения Стьюдента. Значение определяют по таблице В.1 приложения В.

Составляющие погрешности и метрологические характеристики ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, определяют для каждого k -го поддиапазона расхода

Примечание – При определении $t_{(p, n)}$ для формулы (9.10) принимают $n = n_j + n_{j+1}$.

Определение систематической составляющей погрешности

Систематическую составляющую погрешности ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, $\Theta_{\Sigma \text{пд } k}$, %, при реализации градуировочной характеристики в виде постоянных коэффициентов преобразований в поддиапазонах расхода, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\Sigma \text{пд } k} = 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_{\text{ПУ}})^2 + (\delta_{\text{СОИ}}^{(k)})^2 + (\Theta_t)^2 + (\Theta_{\text{анд } k})^2}, \quad (9.11)$$

где $\delta_{\text{ПУ}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности ПУ, согласно сведениям о поверке, %;

$\delta_{\text{СОИ}}^{(k)}$ – пределы допускаемой относительной погрешности СОИ при вычислениях коэффициента преобразований ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, согласно сведениям о поверке, %;

Θ_t – составляющая систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры измеряемой среды в ПУ и ПР, входящем в состав ИК объемного расхода, %;

$\Theta_{\text{анд } k}$ – составляющая систематической погрешности ПР, входящего в состав ИК объемного расхода, вызванная аппроксимацией коэффициента преобразования ПР, входящего в состав ИК объемного расхода в k -ом поддиапазоне расхода, импульс/м³.

Составляющую систематической погрешности, обусловленную погрешностью измерений температуры измеряемой среды в ПУ и ПР, входящем в состав ИК объемного расхода, Θ_t , %, вычисляют по формуле

$$\Theta_t = \beta_{\text{max}} \cdot \sqrt{(\Delta t_{\text{ПР}})^2 + (\Delta t_{\text{ПУ}})^2} \cdot 100, \quad (9.12)$$

где β_{max} – максимальное значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды из ряда значений, определенных по приложению Б, °С⁻¹;

$\Delta t_{\text{ПР}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности датчика температуры, используемого для измерений температуры измеряемой среды в ПР, входящем в состав ИК объемного расхода, согласно сведениям о поверке, °С;

$\Delta t_{\text{ПУ}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности датчика температуры, используемого для измерений температуры измеряемой среды в ПУ, согласно сведениям о поверке, °С.

Примечание – Максимальное значение $\beta_{\max}, ^\circ\text{C}^{-1}$, выбирают:

– при вычислении $\Theta_{\Sigma d}$ из ряда значений, определенных при всех измерениях в рабочем диапазоне (во всех точках расхода);

– при вычислении $\Theta_{\Sigma nd k}$ из ряда значений, определенных при всех измерениях в k-м поддиапазоне расхода.

Составляющую, вызванную аппроксимацией коэффициента преобразования ПР, входящего в состав ИК объемного расхода в k-ом поддиапазоне расхода, $\Theta_{\text{апл} k}, \%$, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\text{апл} k} = \max \left| \frac{(\bar{K}_j - K_{\text{пл} k})_k}{K_{\text{пл} k}} \right|. \quad (9.13)$$

9.2.2.6 Определение метрологических характеристик ПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода

Метрологические характеристики ПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, при реализации градуировочной характеристики в виде постоянного коэффициента преобразования в поддиапазонах расхода, $\delta_{\text{пл} k}, \%$, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{пл} k} = \begin{cases} Z_{(P)} \cdot (\Theta_{\Sigma \text{пл} k} + \varepsilon_{\text{пл} k}), & \text{если } 0,8 \leq \Theta_{\Sigma \text{пл} k} / S_{\text{пл} k} \leq 8, \\ \Theta_{\Sigma \text{пл} k}, & \text{если } \Theta_{\Sigma \text{пл} k} / S_{\text{пл} k} > 8. \end{cases} \quad (9.14)$$

где $Z_{(P)}$ – коэффициент, зависящий от доверительной вероятности P и величины соотношения $\Theta_{\Sigma d} / S_d$, значение которого берут из таблицы В.2 приложения В.

Оценивают результаты определения метрологических характеристик ПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, проверяя выполнение условия

$$|\delta| \leq 0,15 \%. \quad (9.15)$$

ПР, входящий в состав рабочего ИК объемного расхода, допускается к применению, если выполняется условие (9.15).

Если для ПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, не выполняется условие (9.15), то выясняют причины, устраняют их и проводят повторные операции по 9.2.2.1–9.2.2.6

Выполняют операции по 9.2.2.1–9.2.2.6 для каждого рабочего ИК объемного расхода в составе СИКН.

9.2.2.7 Определение метрологических характеристик и обработка результатов измерений для ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода

Проверяют соответствие условий, изложенных в разделе 3, выполняют операции по 9.2.2.1–0, для ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, после чего определяют его метрологические характеристики.

Метрологические характеристики ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, определяют в тех точках расхода, в которых определены метрологические характеристики ПР, входящих в состав рабочих ИК объемного расхода. Диапазон отклонения установленного расхода в точке от требуемого (задаваемого) значения должен быть не более 5,0 %.

Выполняют операции по 9.2.2.4 применительно к ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода.

Количество измерений в каждой j-ой точке расхода не менее семи.

Определяют коэффициенты преобразований по 0 применительно к ПР, входящему в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода.

Оценивают среднее квадратическое отклонение результатов определений коэффициента преобразования ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, в каждой j-ой точке расхода $S_j^{\text{кон}}, \%$, по формуле

$$S_j^{\text{кон}} = \frac{1}{\bar{K}_j} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ij} - \bar{K}_j)^2}{n_j - 1}} \cdot 100 \leq 0,02 \%. \quad (9.16)$$

Относительную погрешность ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, и составляющие относительной погрешности (случайную и систематическую составляющие) определяют при доверительной вероятности $P = 0,95$.

Случайную составляющую погрешности ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, $\varepsilon_j^{\text{кон}}$, %, в точках расхода вычисляют по формуле

$$\varepsilon_j^{\text{кон}} = t_{(P, n)} \cdot S_j^{\text{кон}}. \quad (9.17)$$

Систематическую составляющую погрешности ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, $\Theta_{\Sigma j}^{\text{кон}}$, %, в точках расхода вычисляют по формуле

$$\Theta_{\Sigma j}^{\text{кон}} = 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_{\text{ПУ}})^2 + (\delta_{\text{СОИ}}^{(k)})^2 + (\Theta_i)^2}. \quad (9.18)$$

Примечание - Θ_i , %, для использования в формуле (9.18) вычисляют по формуле (9.12), при этом максимальное значение β_{max} , $^{\circ}\text{C}^{-1}$, выбирают из ряда значений, определенных при измерениях в точке расхода для определения метрологических характеристик ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода.

Метрологические характеристики ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, $\delta_j^{\text{кон}}$, %, определяют по формуле

$$\delta_j^{\text{кон}} = \begin{cases} Z_{(P)} \cdot (\Theta_{\Sigma j}^{\text{кон}} + \varepsilon_j^{\text{кон}}), & \text{если } 0,8 \leq \Theta_{\Sigma j}^{\text{кон}} / S_j^{\text{кон}} \leq 8, \\ \Theta_{\Sigma j}^{\text{кон}}, & \text{если } \Theta_{\Sigma j}^{\text{кон}} / S_j^{\text{кон}} > 8. \end{cases} \quad (9.19)$$

Оценивают результаты определения метрологических характеристик ПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, проверяя выполнение условия

$$|\delta| \leq 0,10 \%. \quad (9.20)$$

9.2.2.8 ПР, входящий в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, допускается к применению, если условие (9.20) выполняется во всех точках расхода.

9.2.2.9 Результаты определения метрологических характеристик каждого отдельного ИК объемного расхода по 9.2.2 считают положительными, при допуске к применению ПР, входящего в состав рабочего или контрольно-резервного ИК объемного расхода.

9.2.2.10 При положительных результатах определения метрологических характеристик ИК объемного расхода, относительная погрешность измерений объемного расхода с применением ИК объемного расхода, входящих в состав СИКН, составляет:

- $\pm 0,15 \%$ для рабочего ИК объемного расхода;
- $\pm 0,10 \%$ для контрольно-резервного ИК объемного расхода.

9.2.3 Процедура определения метрологических характеристик ПР, входящих в состав ИК объемного расхода, и последующая обработка результатов соответствует МИ 3380-2012 «Государственная система обеспечения единства измерений. Преобразователи объемного расхода. Методика поверки на месте эксплуатации поверочной установкой».

9.3 Определение метрологических характеристик СИКН при измерении массы брутто нефти

9.3.1 Относительную погрешность СИКН при измерении массы брутто нефти $\delta_{\text{Мбр}}$, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{Мбр}} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_V^2 + G^2 \cdot (\delta_p^2 + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta_{T_p}^2) + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta_{T_V}^2 + \delta_N^2}, \quad (9.21)$$

- где δ_V — относительная погрешность измерений объема нефти с применением ИК объемного расхода, %
- G — коэффициент, вычисляемый по формуле (9.22);

- δ_p – относительная погрешность измерений плотности нефти, %;
 β – коэффициент объемного расширения нефти, вычисляемый по ГОСТ Р 8.1008–2022, °C⁻¹;
 Δ_{T_p} – абсолютная погрешность измерений температуры нефти при измерениях ее плотности, °C;
 Δ_{T_v} – абсолютная погрешность измерений температуры нефти при измерениях ее объема, °C.

9.3.2 Коэффициент G вычисляют по формуле

$$G = \frac{1 + 2 \cdot \beta \cdot t_v}{1 + 2 \cdot \beta \cdot t_p}, \quad (9.22)$$

- где t_v – температура нефти при измерениях ее объема, °C;
 t_p – температура нефти при измерениях ее плотности, °C.

9.3.3 Относительную погрешность измерений плотности нефти δ_p , %, вычисляют по формуле

$$\delta_p = \pm \frac{\Delta \rho_n \cdot 100}{\rho_{np}}, \quad (9.23)$$

- где $\Delta \rho_n$ – абсолютная погрешность измерений плотности нефти, кг/м³ (при определении плотности нефти ареометром по аттестованной в установленном порядке методике измерений);
 ρ_{np} – плотность нефти, приведенная к условиям измерений плотности, кг/м³.

9.3.4 Результаты определения метрологических характеристик СИКН при измерении массы брутто нефти считают положительными, если относительная погрешность измерений массы брутто нефти не выходит за пределы $\pm 0,25$ %.

9.3.5 Расчет относительной погрешности измерений массы брутто нефти выполняют ручным методом или при помощи программного комплекса (рекомендуемый программный комплекс «Расходомер ИСО», реестровая запись № 3003 от 14 марта 2017 г. на основании приказа Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 9 марта 2017 г. № 103).

9.4 Определение метрологических характеристик СИКН при измерении массы нетто

9.4.1 Относительную погрешность СИКН при измерении массы брутто нефти δ_M , %, вычисляют по формуле

$$\delta_M = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_{M_{бр}}}{1,1}\right)^2 + \frac{\Delta_{W_n}^2 + \Delta_{W_{мп}}^2 + \Delta_{W_{xc}}^2}{\left(1 - \frac{W_n + W_{мп} + W_{xc}}{100}\right)^2}}, \quad (9.24)$$

- где Δ_{W_n} – абсолютная погрешность определений массовой доли воды в нефти, %;
 $\Delta_{W_{мп}}$ – абсолютная погрешность определений массовой доли механических примесей в нефти, %;
 $\Delta_{W_{xc}}$ – абсолютная погрешность определений массовой доли хлористых солей в нефти, %;
 W_n – массовая доля воды в нефти, %;
 $W_{мп}$ – массовая доля механических примесей в нефти, %;
 W_{xc} – массовая доля хлористых солей в нефти, %.

9.4.2 Абсолютную погрешность определений массовой доли воды в нефти Δ_{W_n} , %, при определении массовой доли воды методом лабораторного анализа по ГОСТ 2477–2014, вычисляют по формуле

$$\Delta_{W_B} = \pm \frac{\sqrt{R_B^2 - 0,5 \cdot r_B^2}}{\sqrt{2}}, \quad (9.25)$$

где R_B – воспроизводимость метода определения массовой доли воды в нефти по ГОСТ 2477–2014, выраженная в массовых долях, %;

r_B – сходимостъ метода определения массовой доли воды в нефти по ГОСТ 2477–2014, выраженная в массовых долях, %.

9.4.3 Абсолютную погрешность определений массовой доли механических примесей в нефти $\Delta_{W_{мп}}$, %, вычисляют по формуле

$$\Delta_{W_{мп}} = \pm \frac{\sqrt{R_{мп}^2 - 0,5 \cdot r_{мп}^2}}{\sqrt{2}}, \quad (9.26)$$

где $R_{мп}$ – воспроизводимость метода определения массовой доли механических примесей в нефти по ГОСТ 6370–2018, выраженная в массовых долях, %;

$r_{мп}$ – сходимостъ метода определения массовой доли механических примесей в нефти по ГОСТ 6370–2018, выраженная в массовых долях, %.

9.4.4 Абсолютную погрешность определений массовой доли хлористых солей в нефти $\Delta_{W_{xc}}$, %, вычисляют по формуле

$$\Delta_{W_{xc}} = \pm 0,1 \cdot \frac{\sqrt{R_{xc}^2 - 0,5 \cdot r_{xc}^2}}{\rho_v \cdot \sqrt{2}}, \quad (9.27)$$

где R_{xc} – воспроизводимость метода определения концентрации хлористых солей по ГОСТ 21534–2021, выраженная в массовых долях, мг/дм³;

r_{xc} – сходимостъ метода определения концентрации хлористых солей по ГОСТ 21534–2021, выраженная в массовых долях, мг/дм³;

ρ_v – плотность нефти, измеренная поточным преобразователем плотности, а при отсутствии поточного преобразователя плотности – измеренной в лаборатории и приведенной к условиям измерений объема нефти, кг/м³.

9.4.5 Массовую долю воды в нефти W_B , %, рассчитывают по формуле

$$W_B = \frac{\varphi_B \cdot \rho_B}{\rho_H}, \quad (9.28)$$

где φ_B – объемная доля воды в нефти, %;

ρ_B – плотность воды в нефти, принимаемая равной 1000 кг/м³;

ρ_H – плотность нефти при температуре измерений объемной доли воды в нефти, принимаемая равной измеренной поточным ПП или ареометром в лаборатории, приведенной к условиям измерений объемной доли воды в нефти, кг/м³.

9.4.6 Массовую долю хлористых солей в нефти W_{xc} , %, вычисляют по формуле

$$W_{xc} = \frac{0,1 \cdot \varphi_{xc}}{\rho_H}, \quad (9.29)$$

где φ_{xc} – концентрация хлористых солей в нефти, мг/дм³.

9.4.7 Результаты расчета по формулам (9.25)–(9.29) округляют алгебраически до третьего знака после запятой, по формуле (9.24) алгебраически до второго знака после запятой.

9.4.8 Результаты определения метрологических характеристик СИКН при измерении массы нетто нефти считают положительными, если относительная погрешность измерений массы нетто нефти не выходит за пределы $\pm 0,35$ %.

9.4.9 Расчет относительной погрешности измерений массы нетто нефти выполняют ручным методом или при помощи программного комплекса (рекомендуемый программный комплекс «Расходомер ИСО», реестровая запись № 3003 от 14 марта 2017 г. на основании приказа Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 9 марта 2017 г. № 103).

10 Оформление результатов поверки средства измерений

10.1 Результаты поверки СИКН оформляют протоколом поверки произвольной формы с указанием даты проведения поверки, условий проведения поверки, применяемых средств поверки, заключения по результатам поверки.

10.2 Аккредитованным на поверку лицом, проводившим поверку СИКН, в ФИФОЕИ передаются сведения о результатах поверки.

10.3 При положительных результатах поверки, по письменному заявлению владельца или лица, представившего СИКН на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, оформляет свидетельство о поверке СИКН в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории Российской Федерации.

10.4 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке СИКН.

10.5 При отрицательных результатах поверки СИКН к эксплуатации не допускают. По письменному заявлению владельца или лица, представившего СИКН на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, оформляет извещение о непригодности в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории Российской Федерации.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ $\alpha_t^{ПУ}$ И ЗНАЧЕНИЯ МОДУЛЯ
УПРУГОСТИ E МАТЕРИАЛА СТЕНОК ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКИ**

Таблица А.1 – Коэффициенты линейного расширения $\alpha_t^{ПУ}$ и значения модуля упругости E материала стенок поверочной установки

Материал стенок поверочной установки	$\alpha_t^{ПУ}, ^\circ\text{C}^{-1}$	$E, \text{МПа}$
Сталь углеродистая	$11,2 \cdot 10^{-6}$	$2,068 \cdot 10^5$
Сталь легированная	$11,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 17-4	$10,8 \cdot 10^{-6}$	$1,965 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 304 литая	$15,95 \cdot 10^{-6}$	$1,931 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 304	$17,3 \cdot 10^{-6}$	$1,931 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 316	$17,3 \cdot 10^{-6}$	$1,931 \cdot 10^5$
Примечание – Если значения $\alpha_t^{ПУ}$, и E приведены в паспорте и техническом описании ПУ, то в расчетах используют указанные значения.		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ И СЖИМАЕМОСТИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

Б.1 Коэффициент объемного расширения нефти при температуре нефти при i -м измерении в j -й точке расхода $\beta_{ж\ ij}$, $^{\circ}\text{C}^{-1}$, вычисляют по формуле

$$\beta_{ж\ ij} = \beta_{15} + 1,6 \cdot \beta_{15}^2 \cdot (t_{ж\ ij} - 15), \quad (\text{Б.1})$$

где β_{15} – коэффициент объемного расширения нефти при температуре плюс 15 $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

$t_{ж\ ij}$ – температура нефти при i -м измерении в j -й точке расхода, $^{\circ}\text{C}$.

Б.2 Коэффициент объемного расширения нефти при температуре плюс 15 $^{\circ}\text{C}$ β_{15} , $^{\circ}\text{C}^{-1}$, вычисляют по формуле

$$\beta_{15} = \frac{k_0 + k_1 \cdot \rho_{15}}{\rho_{15}^2} + k_2, \quad (\text{Б.2})$$

где k_0, k_1, k_2 – коэффициенты в соответствии с таблицей Б.1;

ρ_{15} – плотность нефти при избыточном давлении равном 0 МПа и температуре равной плюс 15 $^{\circ}\text{C}$, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Таблица Б.1 – Значения коэффициентов k_0, k_1, k_2

Диапазон плотности, $\text{кг}/\text{м}^3$	Значение коэффициентов		
	k_0	k_1	k_2
Св. 838,3127 до 900,0000 вкл.	186,9696	0,4862	0
Св. 787,5195 до 838,3127 вкл.	594,5418	0	0
Св. 770,3520 до 787,5195 вкл.	2680,3206	0	-0,00336312
Св. 610,0000 до 770,3520	346,4228	0,4388	0

Б.3 Поправочный коэффициент, учитывающий влияние давления на объем нефти C_{PL} , вычисляют по формуле

$$C_{PL} = \frac{1}{1 - (P_V - P_a) \cdot \gamma_{ж\ ij}}, \quad (\text{Б.3})$$

где P_V – абсолютное давление нефти в условиях измерений, МПа;

P_a – атмосферное давление, МПа. Принимают равным 0,101325 МПа;

$\gamma_{ж\ ij}$ – коэффициент сжимаемости нефти при температуре $t_{ж\ ij}$, МПа^{-1} .

Б.4 Коэффициент сжимаемости нефти $\gamma_{ж\ ij}$, МПа^{-1} , вычисляют по формуле

$$\gamma_{ж\ ij} = 10^{-3} \cdot \exp \left(-1,6208 + 0,00021592 \cdot t_{ж\ ij} + \frac{0,87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4,2092 \cdot 10^3 \cdot t_{ж\ ij}}{\rho_{15}^2} \right). \quad (\text{Б.4})$$

Б.5 Поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем нефти C_{tL} , вычисляют по формуле

$$C_{tL} = \exp \left[-\beta_{15} \cdot (t_{ж\ ij} - 15) \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \beta_{15} \cdot (t_{ж\ ij} - 15) \right) \right], \quad (\text{Б.5})$$

где β_{15} – коэффициент объемного расширения нефти при температуре плюс 15 $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Б.6 Плотность нефти при избыточном давлении равном 0 МПа и температуре равной плюс 15 $^{\circ}\text{C}$, ρ_{15} , $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляют по формуле

$$\rho_{15} = \frac{\rho_V}{C_{PL} \cdot C_{tL}}, \quad (\text{Б.6})$$

где ρ_V – плотность нефти, измеренная поточным плотномером в рабочих условиях, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Б.7 Плотность нефти, измеренную поточным плотномером в рабочих условиях, ρ_V , $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляют по формуле

$$\rho_V = C_{PL} \cdot C_{tL} \cdot \rho_{15}. \quad (\text{Б.7})$$

Б.8 Корректировка плотности в рабочих условиях

Б.8.1 Вычисляют значение коэффициента объемного расширения нефти при температуре плюс 15 °С $\beta_{15(1)}$, °С⁻¹, по формуле (Б.2), принимая плотность нефти ρ_{15} , кг/м³, равной плотности ρ_V , кг/м³.

Б.8.2 Вычисляют значение коэффициента сжимаемости нефти при температуре при i -м измерении в j -й точке расхода $\gamma_{ж\ ij(1)}$, МПа⁻¹, по формуле (Б.4), принимая плотность нефти ρ_{15} , кг/м³, равной плотности ρ_V , кг/м³; температуру нефти $t_{ж\ ij}$, °С, равной температуре нефти при измерении плотности, °С.

Б.8.3 Вычисляют значение поправочного коэффициента $C_{tL\rho(1)}$ по формуле (Б.5), принимая температуру нефти $t_{ж\ ij}$, °С, равной температуре нефти при измерении плотности, °С; коэффициент объемного расширения нефти при температуре 15 °С β_{15} , °С⁻¹, равным коэффициенту объемного расширения нефти при температуре 15 °С $\beta_{15(1)}$, °С⁻¹.

Б.8.4 Вычисляют значение поправочного коэффициента $C_{PL\rho(1)}$ по формуле (Б.3), принимая давление нефти P_V , МПа, равным давлению при измерении плотности, МПа; коэффициент сжимаемости нефти при температуре при i -м измерении в j -й точке расхода $\gamma_{ж\ ij}$, МПа⁻¹, равным коэффициенту сжимаемости нефти при температуре при i -м измерении в j -й точке расхода $\gamma_{ж\ ij(1)}$, МПа⁻¹.

Б.8.5 Вычисляют значение плотности $\rho_{15(1)}$, кг/м³, по формуле (Б.6), принимая поправочный коэффициент C_{tL} равным поправочному коэффициенту $C_{tL\rho(1)}$; поправочный коэффициент C_{PL} равным поправочному коэффициенту $C_{PL\rho(1)}$.

Б.8.6 Проверяют выполнение условия

$$\left| \rho_{15(k)} - \rho_{15(k-1)} \right| \leq 0,01. \quad (\text{Б.8})$$

где $k, k-1$ — порядковые номера вычислений значений плотности ρ_{15} .

Б.8.7 При невыполнении условия (Б.8) повторяют операции по Б.8.1–Б.8.6.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КВАНТИЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТЬЮДЕНТА $t_{(p, n)}$
И КОЭФФИЦИЕНТА $Z_{(p)}$**

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

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

$n-1$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{(p, n)}$	3,182	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,203	2,179

В.2 Значение коэффициента $Z_{(p)}$ при $P = 0,95$ в зависимости от величины соотношения θ_{Σ} / S определяют из таблицы В.2 ($\theta_{\Sigma} / S \Rightarrow \theta_{\Sigma} / S_{\text{диап}}^{\text{KF}}$ или $\theta_{\Sigma} / S_{\text{диап}}^{\text{MF}}$, или $\theta_{\Sigma k} / S_k^{\text{KF}}$).

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

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