



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

2022 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Система измерений количества и показателей качества нефтепродукта
СИКН № 1250 на отводе «КМНПП – а/п «Домодедово»**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 2004/2-311229-2022

г. Казань
2022

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на систему измерений количества и показателей качества нефтепродукта СИКН № 1250 на отводе «КМНПП – а/п «Домодедово» (далее – СИКН), заводской № 1250, и устанавливает методику первичной поверки до ввода в эксплуатацию и после ремонта, а также методику периодической поверки в процессе эксплуатации.

1.2 СИКН соответствует требованиям к средству измерений (далее – СИ), установленным Государственной поверочной схемой для СИ 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 Метрологические характеристики измерительных каналов (далее – ИК) объемного расхода определяются комплектным методом. Метрологические характеристики СИ, входящих в состав СИКН (исключая СИ из состава ИК объемного расхода), подтверждаются сведениями о поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений. Метрологические характеристики СИКН подтверждаются расчетным методом.

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

1.5 Если очередной срок поверки СИ или ИК, входящего в состав СИКН (в случае поверки СИКН в части отдельного ИК), наступает до очередного срока поверки СИКН, или появилась необходимость проведения периодической или внеочередной поверки СИ или СИКН в части отдельного ИК, входящего в состав СИКН, то поверяют только это СИ или СИКН в части отдельного ИК, при этом внеочередную поверку СИКН не проводят.

1.6 Поверку СИКН проводят в диапазоне измерений, указанном в описании типа, или фактически обеспечиваемом при поверке диапазоне измерений с обязательной передачей сведений об объеме проведенной поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ). Фактический диапазон измерений СИКН не может превышать диапазон измерений, указанный в описании типа СИКН.

1.7 В результате поверки подтверждаются метрологические характеристики, приведенные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений объемного расхода измеряемой среды*, м ³ /ч	от 227,8 до 480,0
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы нефтепродукта, %	±0,25
* Указаны минимальное и максимальное значения диапазона измерений. Фактический диапазон измерений определяется при проведении поверки СИКН и не может выходить за пределы приведенного диапазона измерений.	

Таблица 2 – Состав и основные метрологические характеристики ИК объемного расхода

Количество ИК (место установки)	Состав ИК		Диапазон измерений по каждому ИК*, м³/ч	Пределы допускаемой относительной погрешности ИК, %
	Первичный измерительный преобразователь	Вторичная часть		
1 (рабочая измерительная линия)	Счетчик жидкости турбинный с Ду от 3/4" до 24" с блоками GeoFlo, GeoProv, Accuload II серии G, GR, GL, Sentry, серия Sentry	контроллер измерительный FloBoss S600+	от 227,8 до 480,0	±0,15
1 (контрольно-резервная измерительная линия)	Счетчик жидкости турбинный с Ду от 3/4" до 24" с блоками GeoFlo, GeoProv, Accuload II серии G, GR, GL, Sentry, серия Sentry	контроллер измерительный FloBoss S600+	от 227,8 до 480,0	±0,10

* Указаны минимальное и максимальное значения диапазона измерений. Фактический диапазон измерений определяется при определении метрологических характеристик соответствующего ИК объемного расхода и не может выходить за пределы приведенного диапазона измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 3 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		Первичной поверке	Периодической поверке
Внешний осмотр СИ	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование СИ	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения СИ	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик СИ	10	Да	Да
Подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	11	Да	Да
Оформление результатов поверки СИ	12	Да	Да

При получении отрицательного результата по какому-либо пункту методики поверки поверку прекращают.

3 Требования к условиям проведения поверки средства измерений

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

3.2 Рабочий диапазон расхода устанавливают для каждого ИК объемного расхода таким образом, что он не выходит за пределы измерений, указанные в сведениях об утверждении типа счетчика жидкости турбинного с Ду от 3/4" до 24" с блоками GeoFlo, GeoProv, Accuload II серии G, GR, GL, Sentry, серия Sentry (далее – ТПР), входящего в состав ИК объемного расхода.

3.3 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.

Примечание – В случае изменения (более 5 %) в интервале между поверками СИКН нижнего предела рабочего диапазона в сторону уменьшения или верхнего предела рабочего диапазона в сторону увеличения от значений, установленных при определении метрологических характеристик ИК объемного расхода, выполняют внеочередную поверку СИКН в части отдельного ИК объемного расхода.

3.4 Условия определения метрологических характеристик ИК объемного расхода:

- определение метрологических характеристик проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами измерительных линий;
- содержание свободного газа не допускается;
- ПУ допускается устанавливать по потоку измеряемой среды как до ТПР, входящего в состав ИК объемного расхода, так и после него;
- отклонение объемного расхода измеряемой среды за время одного измерения в точке расхода не должно превышать 2,5 %;
- температура, влажность окружающей среды и физико-химические показатели измеряемой среды соответствуют условиям эксплуатации СИКН;
- запорная и регулирующая арматура, установленные на измерительной линии (далее – ИЛ) с ТПР, входящим в состав ИК объемного расхода, открыты полностью, регулятор выведен из автоматического режима регулирования расхода;
- требуемый расход устанавливают с помощью регулятора расхода, установленного в конце технологической схемы по потоку рабочей жидкости.

3.5 Избыточное давление измеряемой среды при определении метрологических характеристик ИК объемного расхода после ПУ (при расположении ТПР, входящего в состав ИК объемного расхода, до ПУ по ходу измеряемой среды) или после ТПР, входящего в состав ИК объемного расхода (если ТПР, входящий в состав ИК объемного расхода расположен после ПУ) $P_{\text{пов}}$, МПа, устанавливают не менее значения, вычисленного по формуле

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

где $P_{\text{нас}}$ – давление насыщенных паров, определенное в соответствии с ГОСТ 1756–2000 при максимальной температуре измеряемой среды, МПа;

ΔP – перепад давления измеряемой среды на ТПР, входящего в состав ИК объемного расхода, указанный в технической документации, МПа.

3.6 Определение метрологических характеристик ИК объемного расхода запрещается проводить при расходе измеряемой среды ниже значения расхода, при котором проведена проверка ПУ на отсутствие протечек $Q_{\text{прот}}$, м³/ч (соответствии с протоколом поверки ПУ).

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

3.8 Регулирование объемного расхода проводят при помощи регулятора расхода, расположенного на выходе ИЛ. Допускается вместо регуляторов использовать запорную арматуру.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К работе по поверке должны допускаться лица:

- достигшие 18-летнего возраста;
- прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке;

- изучившие эксплуатационную документацию СИКН, СИ, входящие в состав СИКН, и средства поверки;
- изучившие требования безопасности, действующие на территории объекта, а также предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей».

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 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 – 10	СИ температуры окружающей среды, диапазон измерений от 15 до 30 °С, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5$ °С	Термогигрометр ИВА-6 (регистрационный номер 46434-11 в ФИФОЕИ)
	СИ относительной влажности окружающей среды, диапазон измерений от 30 до 80 %, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений ± 5 %	
	СИ атмосферного давления, диапазон измерений от 84 до 107 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 0,5$ кПа	
10	Рабочий эталон единицы объемного расхода жидкости 1-го или 2-го разряда в соответствии с частью 2 приказа Росстандарта от 7 февраля 2018 г. № 256	Установка поверочная СР-М (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 27778-15): пределы допускаемой относительной погрешности определения вместимости измерительного участка $\pm 0,05$ %, среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности $\pm 0,015$, заводской № 1605-15070-1-1

5.2 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 2.

5.3 Применяемые эталоны и СИ должны соответствовать требованиям нормативных правовых документов Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 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.

6.2 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, инструкции (руководства) по эксплуатации СИКН и средств поверки и прошедшие инструктаж по охране труда.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре проверяют:

- состав СИ и комплектность СИКН;
- пломбировку СИ, входящих в состав СИКН (при наличии информации в описании типа СИ об указании мест и способов ограничения доступа к местам настройки (регулировки));

- отсутствие механических повреждений СИКН, препятствующих ее применению;
- четкость надписей и обозначений.

7.2 Поверку продолжают, если:

- состав СИ и комплектность СИКН соответствуют описанию типа СИКН;
- пломбировка СИ, входящих в состав СИКН, выполнена в соответствии со сведениями в их описаниях типа или эксплуатационной документацией;
- отсутствуют механические повреждения СИКН, препятствующие ее применению;
- надписи и обозначения четкие.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Выполняют следующие подготовительные операции:

- проверяют наличие заземления СИ, работающих под напряжением;
- средства поверки и СИКН устанавливают в рабочее положение с соблюдением указаний эксплуатационной документации;
- осуществляют соединение и подготовку к проведению измерений средств поверки и СИКН в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

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

8.3 Для средств поверки, аттестованных в качестве эталонов, в ФИФОЕИ проверяют информацию о периодической аттестации.

8.4 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 следов нефти. При обнаружении следов нефти поверку прекращают и принимают меры по устранению утечки.

8.5 Проверяют отсутствие сообщений об ошибках и соответствие текущих измеренных СИКН значений температуры, давления, плотности, массового расхода данным, отраженным в описании типа СИКН.

9 Проверка программного обеспечения средства измерения

9.1 Проверка идентификационных данных программного обеспечения

9.1.1 Определение идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) контроллеров измерительных FloBoss S600+ (далее – ИБК)

9.1.1.1 В главном меню нажатием клавиши «5» выбрать пункт меню 5 «SYSTEM SETTINGS».

9.1.1.2 Нажатием клавиши «7» выбрать пункт меню 7 «SOFTWARE VERSION».

9.1.1.3 Нажатием клавиши «Стрелка вправо» и «Стрелка влево» получить идентификационные данные с дисплея:

- VERSION CONTROL FILE CSUM – цифровой идентификатор ПО;

– VERSION CONTROL APPLICATION SW – номер версии (идентификационный номер ПО).

9.1.2 Определение идентификационных данных ПО автоматизированного рабочего места оператора «ОЗНА-Flow»

9.1.2.1 Нажать на вкладку «МЕНЮ» в верхней правой части окна мнемосхемы.

9.1.2.2 В открывшейся вкладке «МЕНЮ» выбрать «ОЗНА-Flow».

9.1.2.3 В открывшемся окне отображается цифровой идентификатор ПО.

9.1.2.4 Для проверки цифрового идентификатора ПО необходимо нажать вкладку «Проверить».

9.1.3 Результаты проверки идентификационных данных ПО СИКН считают положительными, если идентификационные данные ПО СИКН соответствуют указанным в описании типа СИКН.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Проверка результатов поверки СИ, входящих в состав СИКН

10.1.1 Метрологические характеристики ИК объемного расхода определяют по настоящей методике поверки.

10.1.2 Проверяют наличие сведений о поверке СИКН в части отдельных ИК объемного расхода (при периодической поверке).

10.1.3 Проверяют наличие сведений о поверке СИ, входящих в состав СИКН. СИ, входящие в состав СИКН (исключая СИ из состава ИК объемного расхода), на момент проведения поверки СИКН должны быть поверены в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории Российской Федерации. При наличии сведений о поверке СИКН в части отдельных ИК, входящих в состав СИКН, сведения о поверке первичных измерительных преобразователей из их состава не требуются.

10.2 Определение метрологических характеристик ИК объемного расхода

10.2.1 Определение метрологических характеристик ИК объемного расхода выполняют комплектным способом.

10.2.2 Подготовка к выполнению определения метрологических характеристик рабочего ИК объемного расхода (объема)

10.2.2.1 ТПР, входящий в состав рабочего ИК объемного расхода, и ПУ подключают последовательно друг с другом, готовят технологическую схему к гидравлическим испытаниям и проверке на герметичность. Технологические переключения выполняют с соблюдением требований эксплуатационной документации СИКН.

10.2.2.2 Проверяют закрытое положение (при необходимости закрывают) дренажных и воздушных вентилей (кранов), установленных на СИКН.

10.2.2.3 Устанавливают любое значение расхода в пределах заявленного рабочего диапазона измерений, в технологической схеме создают максимальное рабочее давление, которое может быть при определении метрологических характеристик рабочего ИК объемного расхода. Технологическую схему считают испытанной на герметичность, если в течение 10 минут после создания давления не наблюдается течи измеряемой среды через фланцевые соединения, через сальниковые уплотнения задвижек, дренажных и воздушных вентилей (кранов).

10.2.2.4 Проверяют отсутствие протечек измеряемой среды через затворы задвижек, дренажных и воздушных вентилей (кранов) при их закрытом положении. При отсутствии возможности такой проверки или установления наличия протечек во фланцевые соединения устанавливают металлические заглушки.

10.2.2.5 Проверяют отсутствие протечек рабочей жидкости минуя поршень согласно эксплуатационным документам ПУ.

10.2.2.6 При необходимости устанавливают (монтируют) остальные средства поверки, выполняют необходимые электрические соединения, проверяют правильность

соединений.

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

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

10.2.2.9 Вводят в память ИВК или проверяют введенные ранее данные, необходимые для обработки результатов определения метрологических характеристик рабочего ИК объемного расхода. При этом учитывают исполнение ПУ и его расположение по отношению к ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода.

10.2.3 Опробование

10.2.3.1 Устанавливают любое значение расхода в пределах заявленного рабочего диапазона и проводят пробное измерение. При прохождении поршня ПУ через стартовый детектор должен начаться отсчет количества импульсов ПУ, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, при прохождении стопового детектора – прекратиться.

10.2.3.2 Должно проводится вычисление средних арифметических значений количества импульсов ТПР, температуры и давления измеряемой среды в ТПР и ПУ, плотности измеряемой среды за серию проходов поршня.

10.2.3.3 Проверяют на дисплее ИВК индикацию текущих значений:

- количества импульсов, выдаваемых ТПР, входящим в состав рабочего ИК объемного расхода, импульс;
- плотности измеряемой среды, кг/м³;
- температуры, °С, и давления, МПа, измеряемой среды в ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода и в ПУ.

10.2.4 Выполнение измерений

10.2.4.1 Метрологические характеристики ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, и его градуировочную характеристику (далее – ГХ) определяют при крайних значениях рабочего диапазона и значениях, выбранных внутри него.

10.2.4.2 При выборе количества точек внутри рабочего диапазона учитывают:

- технические возможности ИВК;
- крутизну ГХ ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода;
- величину рабочего диапазона;
- вид реализации ГХ ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода в ИВК.

10.2.4.3 Устанавливают требуемое значение расхода, начиная от нижнего предела заявленного рабочего диапазона $Q_{\min}$, м³/ч, в сторону увеличения или от верхнего предела заявленного рабочего диапазона $Q_{\max}$, м³/ч, в сторону уменьшения. Требуемый расход в каждой j-ой точке $Q_j^{\text{пов}}$, м³/ч, устанавливают и контролируют при движении поршня, используя результаты измерений контрольно-резервного преобразователя (при расположении ПУ после ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода), или вычисляют значение $Q_j^{\text{пов}}$, м³/ч, после каждого измерения (при расположении ПУ перед ТПР, входящим в состав рабочего ИК объемного расхода) по формуле

$$Q_j^{\text{пов}} = \frac{V_{\text{пр}ij}^{\text{ПУ}} \cdot 3600}{T_{ij}}, \quad (2)$$

- 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 -ой точке, м^3 ;
- T_{ij} – время прохождения поршнем ПУ его калиброванного участка при i -м измерении при установлении расхода в j -ой точке, с.

Примечание – За время T_{ij} , с, рекомендуется применять среднее арифметическое значение времени $\bar{T}_{ij}$, с, за i -ую серию проходов поршня при установлении расхода в j -ой точке.

10.2.4.4 Вместимость калиброванного участка ПУ, приведенная к рабочим условиям в ПУ при i -м измерении при установлении расхода в j -ой точке, $V_{\text{пр}ij}^{\text{ПУ}}$, м^3 , вычисляют по формуле

$$V_{\text{пр}ij}^{\text{ПУ}} = V_0^{\text{ПУ}} \cdot \left[1 + 2\alpha_t^{\text{ПУ}} \cdot (\bar{t}_{ij}^{\text{ПУ}} - 20) + \alpha_t^{\text{ст}} \cdot (\bar{t}_{ij}^{\text{ст}} - 20) \right] \cdot \left(1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot S} \cdot \bar{P}_{ij}^{\text{ПУ}} \right), \quad (3)$$

- где $V_0^{\text{ПУ}}$ – вместимость калиброванного участка ПУ, м^3 , значение берут из сведений о поверке ПУ;
- $\alpha_t^{\text{ПУ}}$ – коэффициент линейного расширения материала стенок ПУ, $^{\circ}\text{C}^{-1}$, значение берут из технической документации ПУ или из таблицы 5;
- $\bar{t}_{ij}^{\text{ПУ}}$ – средняя температура измеряемой среды в ПУ за i -ое измерение при установлении расхода в j -ой точке, $^{\circ}\text{C}$;
- $\alpha_t^{\text{ст}}$ – коэффициент линейного расширения материала стержня ПУ, на котором установлены оптические сигнализаторы (детекторы), $^{\circ}\text{C}^{-1}$, значение берут из технической документации ПУ или из таблицы 5;
- $\bar{t}_{ij}^{\text{ст}}$ – средняя температура стержня в ПУ, на котором установлены оптические сигнализаторы (детекторы), за i -ую серию проходов поршня при установлении расхода в j -ой точке, $^{\circ}\text{C}$;
- D – внутренний диаметр калиброванного участка ПУ, мм, значение берут из эксплуатационной (заводской) документации (паспорта) на ПУ;
- E – модуль упругости материала стенок ПУ, МПа, значение берут из таблицы 5;
- S – толщина стенок калиброванного участка ПУ, мм, значение берут из эксплуатационной (заводской) документации (паспорта) на ПУ;
- $\bar{P}_{ij}^{\text{ПУ}}$ – среднее давление измеряемой среды в ПУ за i -ое измерение при установлении расхода в j -ой точке, МПа.

Примечания

1 До определения вместимости калиброванного участка ПУ импортной поставки 2009 года и позднее следует обязательно ознакомиться с заводской документацией на ПУ, в первую очередь с протоколом (сертификатом) заводской калибровки ПУ. Если при вычислениях вместимости калиброванного участка заводом (фирмой) – изготовителем использован диаметр калиброванного участка (D) без коэффициента «0,95», то в формуле (3), и далее в формуле (9) D следует применять с коэффициентом, равным «1».

2 За каждую i -ую серию проходов поршня определяют среднее арифметическое значение каждого из параметров $\bar{t}_{ij}^{\text{ПУ}}$, $\bar{t}_{ij}^{\text{ст}}$ и $\bar{P}_{ij}^{\text{ПУ}}$, по формуле

$$\bar{a} = \frac{\sum_{k=1}^l a_{kij}}{l}, \quad (4)$$

- где k – единичный проход поршня компакт-прувера в i -й серии при установлении расхода в j -й точке;

- l – количество единичных проходов поршня компакт-прувера в i-й серии при установлении расхода в j-й точке;
- a_{kij} – значение параметра, измеренное за каждый k-й (единичный) проход поршня ПУ в i-ой серии при установлении расхода в j-ой точке.

Таблица 5 – Значения коэффициентов линейного расширения и модуля упругости материала стенок ПУ

Материал стенок	$\alpha_t^{пу}, \alpha_t^{ст} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	E, МПа
Сталь углеродистая	$11,20 \cdot 10^{-6}$	$2,068 \cdot 10^5$
Сталь легированная	$11,00 \cdot 10^{-6}$	$2,000 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 17-4	$10,80 \cdot 10^{-6}$	$1,965 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 304 лития	$15,95 \cdot 10^{-6}$	$1,931 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 304	$17,30 \cdot 10^{-6}$	$1,931 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 316	$17,30 \cdot 10^{-6}$	$1,931 \cdot 10^5$

10.2.4.5 Среднюю температуру измеряемой среды в ПУ за i-ое измерение при установлении расхода в j-ой точке $\overline{t_{ij}^{пу}}$, $^\circ\text{C}$, вычисляют по формуле

$$\overline{t_{ij}^{пу}} = \frac{\sum_{k=1}^l t_{kij}^{пу}}{l}, \quad (5)$$

где $t_{kij}^{пу}$ – температура измеряемой среды, измеренное за каждый k-й (единичный) проход поршня ПУ в i-ой серии при установлении расхода в j-ой точке, $^\circ\text{C}$.

10.2.4.6 Среднюю температуру стержня ПУ, на котором установлены оптические сигнализаторы (детекторы), за i-ую серию проходов поршня при установлении расхода в j-ой точке $\overline{t_{ij}^{ст}}$, $^\circ\text{C}$, вычисляют по формуле

$$\overline{t_{ij}^{ст}} = \frac{\sum_{k=1}^l t_{kij}^{ст}}{l}, \quad (6)$$

где $t_{kij}^{ст}$ – температура стержня ПУ, измеренное за каждый k-й (единичный) проход поршня ПУ в i-ой серии при установлении расхода в j-ой точке, $^\circ\text{C}$.

Примечание – За среднюю температуру стержня ПУ $\overline{t_{ij}^{ст}}$ допускается принимать температуру окружающего воздуха.

10.2.4.7 Среднее давление измеряемой среды в ПУ за i-ое измерение при установлении расхода в j-ой точке $\overline{P_{ij}^{пу}}$, МПа, вычисляют по формуле

$$\overline{P_{ij}^{пу}} = \frac{\sum_{k=1}^l P_{kij}^{пу}}{l}, \quad (7)$$

где $P_{kij}^{пу}$ – давление измеряемой среды в ПУ, измеренное за каждый k-й (единичный) проход поршня ПУ в i-ой серии при установлении в j-ой точке, МПа.

10.2.4.8 При необходимости расход корректируют. Допустимое отклонение установленного расхода от требуемого значения не более $\pm 2,0 \%$.

10.2.4.9 После установления требуемого значения расхода и стабилизации температуры измеряемой среды, проводят серию измерений, последовательно запуская поршень ПУ. Количество единичных проходов поршня для каждой i-ой серии проходов в j-ой точке должно быть не менее 5, но не более 20.

10.2.4.10 Для каждого i-го измерения в каждой j-ой точке расхода регистрируют и

записывают в протокол поверки следующие значения:

- количество импульсов, выдаваемых ТПР, входящем в состав рабочего ИК объемного расхода N_{ij} , импульс;
- время движения поршня ПУ за период одного измерения T_{ij} , с;
- значение расхода измеряемой среды Q_{ij} , м³/ч;
- частоту выходного сигнала ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, f_{ij} , Гц;
- температуру в ТПР, входящем в состав рабочего ИК объемного расхода, t_{ij} , °С, и давление в ТПР, входящем в состав рабочего ИК объемного расхода, P_{ij} , МПа;
- $\overline{t}_{ij}^{ПУ}$, $\overline{t}_{ij}^{СТ}$ и $\overline{P}_{ij}^{ПУ}$, рассчитанные по формулам (5), (6) и (7) соответственно;
- плотность измеряемой среды ρ_{ij} , кг/м³, измеренную поточным преобразователем плотности (далее – ПП);
- температуру измеряемой среды $t_{ij}^{ПП}$, °С, и давление измеряемой среды $P_{ij}^{ПП}$, МПа, в поточном ПП.

10.2.5 Определение коэффициентов преобразования ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода

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

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{V_{ij}^{ПУ}}, \quad (8)$$

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

10.2.5.2 Объем измеряемой среды, прошедший через калиброванный участок ПУ за время i -го измерения в j -ой точке и приведенный к рабочим условиям в ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, $V_{ij}^{ПУ}$, м³, вычисляют по формуле

$$V_{ij}^{ПУ} = V_0^{ПУ} \cdot \left[1 + 2\alpha_t^{ПУ} \cdot (\overline{t}_{ij}^{ПУ} - 20) + \alpha_t^{СТ} \cdot (\overline{t}_{ij}^{СТ} - 20) \right] \cdot \left(1 + \frac{D}{E \cdot S} \cdot \overline{P}_{ij}^{ПУ} \right) \cdot \frac{STL_{ij}^{ПУ} \cdot CPL_{ij}^{ПУ}}{STL_{ij}^{ПП} \cdot CPL_{ij}^{ПП}}, \quad (9)$$

где $STL_{ij}^{ПУ}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в ПУ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению А);

$CPL_{ij}^{ПУ}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем измеряемой среды, определенный для давления измеряемой среды в ПУ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению А);

$STL_{ij}^{ПП}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению А);

$CPL_{ij}^{ПП}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на измеряемой среды жидкости, определенный для давления измеряемой среды в ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, для i -го измерения

в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению А).

10.2.5.3 Значение коэффициента преобразования ТРП, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода j -ой точке расхода $\bar{K}_j$, импульс/м³, вычисляют по формуле

$$\bar{K}_j = \frac{1}{n_j} \cdot \sum_{i=1}^{n_j} K_{ij}, \quad (10)$$

где n_j – количество серий проходов поршня.

10.2.6 Оценка среднего квадратического отклонения результатов измерений

10.2.6.1 Среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) определяют и оценивают для каждого k -го диапазона $S_{пдк}$, %, по формуле

$$S_{пдк} = \sqrt{\frac{\sum_{j=k}^{k+1} \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{K_{ij} - \bar{K}_j}{\bar{K}_j} \right)^2}{(n_j + n_{j+1} - 1)_k}} \cdot 100 \leq 0,02. \quad (11)$$

10.2.6.2 При выполнении условия (11) продолжают обработку результатов измерений.

10.2.6.3 При невыполнении условия (11) выявляют наличие промахов в полученных результатах измерений, согласно приложению Б. Допускается не более одного промаха в каждой точке расхода. Выявленный промах исключают и проводят дополнительное измерение. При отсутствии промахов выясняют и устраняют причины, обуславливающие невыполнение условия и повторно проводят измерение и обрабатывают результаты измерения по 10.2.4.1 и 10.2.6 При выполнении условия (11) продолжают обработку результатов измерений.

10.2.6.4 Градуировочную характеристику ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, реализуют в виде кусочно-линейной аппроксимации в виде функции $[\bar{K}_j = F(Q_j)]$, где Q_j – расход в j -ой точке, рассчитанный по (2).

10.2.6.5 Границу случайной погрешности ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, для каждого k -го поддиапазона измерений объемного расхода при доверительной вероятности $P=0,95$ $\varepsilon_{пдк}$, %, вычисляют по формуле

$$\varepsilon_{пдк} = t_{(P,n)} \cdot S_{пдк}, \quad (12)$$

где $t_{(P,n)}$ – квантиль распределения Стьюдента для количества измерений n_j в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (определяют по таблице Б.2 приложения Б).

10.2.6.6 Границу неисключенной систематической погрешности ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, $\Theta_{\Sigma д}$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\Sigma дк} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{ПУ}^2 + (\delta_{СОИ}^{(K)})^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{андк}^2}, \quad (13)$$

где $\delta_{ПУ}$ – пределы допускаемой относительной погрешности ПУ, %;

$\delta_{СОИ}^{(K)}$ – пределы допускаемой относительной погрешности системы обработки информации при вычислениях коэффициента преобразования преобразователей расхода, %;

Θ_t – составляющая систематической погрешности, обусловленная погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры измеряемой среды в ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, и ПУ, %;

$\Theta_{андк}$ – составляющая систематической погрешности, вызванная аппроксимацией коэффициента преобразования ТПР, входящего в состав

рабочего ИК объемного расхода, в k-ом поддиапазоне расхода, %.

10.2.6.7 Составляющую систематической погрешности, обусловленную погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры измеряемой среды в ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, и ПУ Θ_t , %, вычисляют по формуле

$$\Theta_t = \beta_{\max} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{\text{ТПР}}^2 + \Delta t_{\text{ПУ}}^2}, \quad (14)$$

где $\beta_{\max}$ – максимальное значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости за время измерений, $1/^\circ\text{C}$, определяют по приложению А;
 $\Delta t_{\text{ТПР}}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленного около ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода (из свидетельства о поверке преобразователя температуры), $^\circ\text{C}$;
 $\Delta t_{\text{ПУ}}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленного около ПУ (из свидетельства о поверке преобразователя температуры), $^\circ\text{C}$.

10.2.6.8 Составляющую систематической погрешности, обусловленную аппроксимацией коэффициента преобразования ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, в рабочем диапазоне $\Theta_{\text{аплк}}$, %, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\text{аплк}} = 0,5 \cdot \left| \frac{(\bar{K}_j - \bar{K}_{j+1})_k}{(\bar{K}_j + \bar{K}_{j+1})_k} \right| \cdot 100. \quad (15)$$

10.2.6.9 Относительную погрешность ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, в k-ом поддиапазоне измерений объемного расхода $\delta_{\text{плк}}$, %, определяют по формулам

$$\delta_{\text{плк}} = \begin{cases} Z_{0,95} \cdot (\Theta_{\Sigma\text{плк}} + \varepsilon_{\text{плк}}), & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma\text{плк}}}{S_{\text{плк}}} \leq 8, \\ \Theta_{\Sigma\text{плк}} & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma\text{плк}}}{S_{\text{плк}}} > 8. \end{cases} \quad (16)$$

где $Z_{0,95}$ – коэффициент, зависящий от соотношения $\Theta_{\Sigma\text{плк}}/S_{\text{плк}}$, определяют по таблице 6.

Таблица 6 – Значения коэффициента $Z_{0,95}$

$\Theta_{\Sigma\text{плк}}/S_{\text{плк}}$	0,5	0,75	1	2	3	4	5	6	7	8
$Z_{0,95}$	0,81	0,77	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81

10.2.6.10 Проверяют выполнение условия

$$\delta_{\text{плк}} \leq 0,15 \%. \quad (17)$$

10.2.6.11 Если условие (17) не выполняется, то рекомендуется:

- увеличить количество измерений в точках расхода;
- уменьшить заявленный рабочий диапазон.

Выбирают один или несколько подпунктов, и повторяют операции по 10.2.3 – 10.2.6 для ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода.

10.2.6.12 При повторном невыполнении условия (17) поверку прекращают.

10.2.6.13 Результаты измерений заносят в протокол. Форма протокола приведена в приложении В. Допускается использовать форму протокола, приведенную в приложении А МИ 3380–2012.

10.2.6.14 Относительная погрешность измерений объемного расхода с применением

рабочего ИК объемного расхода принимается равной границе относительной погрешности ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода.

10.2.6.15 Алгоритм определения метрологических характеристик ТПР, входящего в состав рабочего ИК объемного расхода, соответствует алгоритму поверки рабочих преобразователей объемного расхода, приведенному в МИ 3380-2012.

10.2.7 Определение метрологических характеристик контрольно-резервного ИК объемного расхода и обработка результатов измерений

10.2.7.1 Проводят операции по разделу 3, по 10.2.2, 10.2.3 для ТПУ, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, после чего определяют его метрологические характеристики.

10.2.7.2 Метрологические характеристики определяют в тех точках расхода, в которых определены метрологические характеристики рабочего ИК объемного расхода. Допускается отклонение расхода не более, чем на 5,0 %.

10.2.7.3 Проводят операции по 10.2.4.3 – 10.2.4.10. Количество измерений в каждой точке расхода n_j не менее 7.

10.2.7.4 Проводят обработку результатов измерений, полученных по 10.2.7.3.

10.2.7.5 Определяют коэффициенты преобразований ТПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, по 10.2.4.1.

10.2.7.6 Оценивают СКО в каждой j -й точке расхода $S_j^{\text{кон}}$, %, по формуле

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

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

$$\varepsilon_j^{\text{кон}} = t_{(p,n)} \cdot S_j^{\text{кон}}. \quad (19)$$

10.2.7.8 Определяют систематическую составляющую погрешности контрольного преобразователя в точках расхода $\Theta_{\Sigma j}^{\text{кон}}$, %, по формуле

$$\Theta_{\Sigma \text{пдк}} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{ПУ}}^2 + (\delta_{\text{СОИ}}^{(k)})^2 + \Theta_t^2}. \quad (20)$$

Примечание - Θ_t для использования в формуле (20) вычисляют по формуле (14), при этом максимальное значение β_{max} выбирают из ряда значений, определенных при измерениях в точке расхода для определения метрологических характеристик ТПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода.

10.2.7.9 Определяют относительную погрешность ТПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, в точках расхода $\delta_j^{\text{кон}}$, %, по формуле

$$\delta_j^{\text{кон}} = \begin{cases} Z_{0,95} \cdot (\Theta_j^{\text{кон}} + \varepsilon_j), & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma j}}{S_j} \leq 8, \\ \Theta_{\Sigma j}, & \text{если } \frac{\Theta_j}{S_j} > 8. \end{cases} \quad (21)$$

10.2.7.10 Во всех точках расхода проверяют выполнение условия

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

10.2.7.11 В случае невыполнения условия (22) ТПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, к дальнейшему применению в качестве контрольного не допускают.

10.2.7.12 Результаты измерений заносят в протокол. Форма протокола приведена в приложении В. Допускается использовать форму протокола, приведенную в приложении А МИ 3380–2012.

10.2.7.13 Относительная погрешность измерений объемного расхода с применением контрольно-резервного ИК объемного расхода принимается равной границе относительной

погрешности ТПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода.

10.2.7.14 Алгоритм определения метрологических характеристик ТПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, соответствует алгоритму поверки контрольно-резервного преобразователя объемного расхода, приведенному в МИ 3380-2012.

10.2.7.15 Градуировочная характеристика ТПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода, реализована в ИВК в виде кусочно-линейной аппроксимации.

10.2.8 Определение относительной погрешности измерений массы нефтепродукта

10.2.8.1 Относительную погрешность измерений массы нефтепродукта δ_M , %, вычисляют по формуле

$$\delta_M = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_V^2 + G^2 \cdot (\delta_p^2 + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta_{T_p}^2) + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta_{T_v}^2 + \delta_N^2}, \quad (23)$$

где δ_V – относительная погрешность измерений объема нефтепродукта, %. Принимают равной значению относительной погрешности измерений объема с помощью ИК объемного расхода, входящего в состав СИКН;

G – коэффициент, вычисляемый по формуле

$$G = \frac{1 + 2 \cdot \beta \cdot T_v}{1 + 2 \cdot \beta \cdot T_p}, \quad (24)$$

где β – коэффициент объемного расширения нефтепродукта, $1/^\circ\text{C}$. Определяют по приложению А;

T_v – температура нефтепродукта при измерениях его объема, $^\circ\text{C}$. Принимают равной температуре нефтепродукта в ИЛ;

T_p – температура нефтепродукта при измерениях его плотности, $^\circ\text{C}$. Принимают равной температуре нефтепродукта в БИК;

δ_p – относительная погрешность измерений плотности нефтепродукта, %;

Δ_{T_p} – абсолютная погрешность измерений температуры нефтепродукта при измерении его плотности, $^\circ\text{C}$. Принимают равной абсолютной погрешности СИ температуры, установленной в БИК;

Δ_{T_v} – абсолютная погрешность измерений температуры нефтепродукта при измерении его объема, $^\circ\text{C}$. Принимают равной абсолютной погрешности СИ температуры, установленной в ИЛ;

δ_N – пределы допускаемой относительной погрешности ИВК при расчете массы нефтепродукта.

10.2.8.2 Относительную погрешность измерений плотности нефтепродукта δ_p , %, вычисляют по формуле

$$\delta_p = \frac{\Delta_p \cdot 100}{\rho}, \quad (25)$$

где Δ_p – абсолютная погрешность измерений плотности нефтепродукта, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ – плотность нефтепродукта в момент проведения поверки, $\text{кг}/\text{м}^3$.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

СИКН соответствует метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, результаты поверки СИКН считают положительными, если:

– СИ, входящие в состав СИКН, поверены в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории Российской Федерации и имеют положительные

результаты поверки;

- диапазон измерений расхода не выходит за пределы диапазона измерений, установленного при утверждении типа СИКН;

- относительная погрешность рабочего ИК объемного расхода не выходит за пределы $\pm 0,15\%$;

- относительная погрешность контрольно-резервного ИК объемного расхода не выходит за пределы $\pm 0,10\%$;

- относительная погрешность СИКН при измерении массы нефтепродукта не выходит за пределы $\pm 0,25\%$.

12 Оформление результатов поверки средства измерений

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

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

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

12.4 К свидетельству о поверке прикладывают перечень ИК объемного расхода и плотности с указанием заводских номеров СИ, входящих в состав ИК, перечень СИ, входящих в состав СИКН и протокол поверки СИКН.

12.5 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке СИКН.

12.6 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
(обязательное)
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ STL, CPL и β

А.1 Значение коэффициента STL, учитывающего влияние температуры на объем продукта, вычисляют по формуле

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

где α_{15} – коэффициент объемного расширения нефтепродукта при $t = 15^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа, $1/^\circ\text{C}$;

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

А.1.1 Коэффициент объемного расширения нефтепродукта при $t = 15^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа, α_{15} , $1/^\circ\text{C}$, вычисляют по формуле

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

где ρ_{15} – плотность нефтепродукта при 15°C , $1/^\circ\text{C}$. Вычисляется по формуле (А.6).

А.2 Значение коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем продукта для диапазона плотности продукта (при $t = 15^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа) от 611 до 1164 кг/м^3 , вычисляют по формуле

$$CPL = \frac{1}{1-b \cdot P \cdot 10^3}, \quad (A.3)$$

где b – коэффициент сжимаемости нефтепродукта, МПа^{-1} ;

P – значение избыточного давления нефтепродукта, МПа.

А.2.1 Коэффициент сжимаемости нефтепродукта γ_t , МПа^{-1} , вычисляют по формуле

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

А.3 Значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости β , $1/^\circ\text{C}$, вычисляют по формуле

$$\beta = \alpha_{15} + 1,6 \cdot \alpha_{15}^2 \cdot (t-15). \quad (A.5)$$

А.4 Определение плотности нефтепродукта при стандартных условиях

А.4.1 Значение плотности нефтепродукта при $t = 15^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа ρ_{15} , кг/м^3 , вычисляют по формуле

$$\rho_{15} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{STL_{\text{ПП}} \cdot CPL_{\text{ПП}}}, \quad (A.6)$$

где $\rho_{\text{ПП}}$ – плотность, измеренная ПП, кг/м^3 ;

$STL_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем продукта, определенный для $t_{\text{ПП}}$ (температура в ПП в момент измерения плотности, $^\circ\text{C}$) и ρ_{15} ;

$CPL_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем продукта, определенный для $P_{\text{ПП}}$ (давление в ПП в момент измерения плотности, МПа) и ρ_{15} .

А.4.2 Для определения ρ_{15} необходимо определить значения $STL_{\text{ПП}}$ и $CPL_{\text{ПП}}$, а для определения $STL_{\text{ПП}}$ и $CPL_{\text{ПП}}$, в свою очередь, необходимо определить значение плотности при стандартных условиях ρ_{15} . Поэтому значение ρ_{15} определяют методом последовательного приближения.

А.4.2.1 Вычисляют значения $STL_{\text{ПП}(1)}$ и $CPL_{\text{ПП}(1)}$, принимая значение ρ_{15} равным

значению $\rho_{\text{пп}}$.

А.4.2.2. Вычисляют значения $\rho_{15(1)}$ по формуле

$$\rho_{15(1)} = \frac{\rho_{\text{пп}}}{\text{CTL}_{\text{пп}(1)} \cdot \text{CPL}_{\text{пп}(1)}}. \quad (\text{A.7})$$

А.4.2.3 Вычисляют значения $\text{CTL}_{\text{пп}(2)}$ и $\text{CPL}_{\text{пп}(2)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{15(1)}$.

А.4.2.4 Вычисляют значения $\rho_{15(2)}$ по формуле

$$\rho_{15(2)} = \frac{\rho_{\text{пп}}}{\text{CTL}_{\text{пп}(2)} \cdot \text{CPL}_{\text{пп}(2)}}. \quad (\text{A.8})$$

А.4.2.5 Аналогично пунктам А.4.2.3 и А.4.2.4 вычисляют значения $\text{CTL}_{\text{пп}(i)}$, $\text{CPL}_{\text{пп}(2)}$ и $\rho_{15(i)}$ для i -го цикла вычислений и проверяют выполнение условия.

А.4.2.6 Проверяют выполнение условия

$$|\rho_{15(i)} - \rho_{15(i-1)}| \leq 0,001, \quad (\text{A.9})$$

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

А.4.2.7 Процесс вычислений продолжают до выполнения данного условия. За значение ρ_{15} принимают последнее значение $\rho_{15(i)}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ, ЗНАЧЕНИЯ КВАНТИЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТЬЮДЕНТА И КОЭФФИЦИЕНТА Z(P)

Б.1 Проверка результатов измерений на один промах по критерию Граббса при определении метрологических характеристик

Б.1.1 СКО результатов измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений расхода, S_j определяют по формуле

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

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

Б.1.2 Вычисляют наиболее выделяющееся соотношение U по формуле

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

Б.1.3 Если значение U больше или равно значению h , взятому из таблицы Б.1, то результат измерения должен быть исключен как промах.

Таблица Б.1 - Критические значения для критерия Граббса

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

Б.2 Значение квантиля распределения Стьюдента при доверительной вероятности $P=0,95$ в зависимости от количества измерений n определяют из таблицы Б.2.

Таблица Б.2 – Значения квантиля распределения Стьюдента ($t_{(P, n)}$) при $P = 0,95$

n-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{0,95}$	12,706	4,303	3,182	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,201	2,179

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)
ФОРМА ПРОТОКОЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТПР, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ ИК ОБЪЕМНОГО РАСХОДА

ПРОТОКОЛ № ____

Место проведения: _____

ТПР: Тип (модель) _____, DN ____ мм, PN _____ МПа, зав. № ____
установлен на _____, ИЛ №____, Рабочая жидкость _____

ПУ: _____, разряд __, зав. № _____, PN _____ МПа, дата поверки _____

Таблица 1 – Исходные данные

Поверочной установки (ПУ)								СОИ	ТПР
Детекторы ПУ	$V_0^{ПУ}$, м ³	$\delta_{ПУ}$, %	D, мм	S, мм	E, МПа	$\alpha_t^{ПУ}$, °C ⁻¹	$\Delta t_{ПУ}$, °C	$\delta_{СОИ}^{(к)}$, %	$\Delta t_{ТР}$, °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 2 – Результаты измерений и вычислений

№ точ/ № изм	Q_{ji} , м ³ /ч	Результаты измерений								
		Детекторы ПУ	T_{ij} , с	$t_{ij}^{ПУ}$, °C	$\bar{P}_{ij}^{ПУ}$, МПа	$t_{ij}^{СТ}$, °C	f_{ij} , Гц	$t_{ij}^{ТР}$, °C	$P_{ij}^{ТР}$, МПа	N_{ij} , импульс
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1/1										
...	...		...	...	...	...	...		...	...
1/n ₁										
....	...		...	...	...	...	...		...	...
m/1										
...	...		...	...	...	...	...		...	...
m/ n _m										

Продолжение таблицы 2

№ точ/ № изм	Результаты измерений					Результаты вычислений					
	ρ_{ij} , кг/м ³	$t_{ij}^{ПП}$, С	$P_{ij}^{ПП}$, МПа	v_{ij} , сСт	W_{vij} , %	$V_{ij}^{ПУ}$, м ³	K_{ij} , импульс/м ³	$СТL_{ij}^{ПУ}$	$СPL_{ij}^{ПУ}$	$СТL_{ij}^{ТР}$	$СPL_{ij}^{ТР}$
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1/1											
1/n ₁											
m/1											
m/ n _m											

Таблица 3 – Значения коэффициентов, использованных при вычислениях

$t_{0,95}$	$Z_{0,95}$

Таблица 4 – Результаты определения метрологических характеристик ТПР, входящего в состав ИК объемного расхода в рабочем диапазоне

№ точки (j)	Q_j , м³/ч	f_j , Гц (f_j / v_j , Гц/сСт)	K_j , импульс/м³	№ поддиапазона (k)	$Q_{k \min}$, м³/ч	$Q_{k \max}$, м³/ч	$S_{пл k}$, %	$\varepsilon_{пл k}$, %	$\Theta_{апл k}$, %	$\Theta_{\Sigma пл k}$, %	$\delta_{пл k}$, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1				1							
2				...							
....				m-1							
m											

Таблица 5 – Результаты определения метрологических характеристик ТПР, входящего в состав контрольно-резервного ИК объемного расхода в рабочем диапазоне

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

Закключение: ТПР, входящий в состав ИК объемного расхода, к дальнейшей эксплуатации

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

Дата проведения измерений «__» _____ 20 __ г.