



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

_____ 2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Система измерений количества и показателей качества нефтепродуктов № 1252
Резервная схема учета

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 0112/2-311229-2021

г. Казань
2021

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на систему измерений количества и показателей качества нефтепродуктов № 1252. Резервная схема учета (далее – СИКН), заводской № 01, 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 7 февраля 2018 года № 256, 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 СИ, входящих в состав СИКН, подтверждаются сведениями о поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ). Метрологические характеристики СИКН определяются на месте эксплуатации расчетным методом. Допускается определение метрологических характеристик измерительных каналов объемного расхода (объема) (далее – ИК объемного расхода) комплектным методом.

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

1.5 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 ФИФОЕИ. Фактический диапазон измерений СИКН не может превышать диапазон измерений, указанный в описании типа СИКН.

1.6 Допускается проведение поверки СИКН в части отдельного ИК объемного расхода в соответствии с заявлением владельца СИКН.

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки должны быть выполнены операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – 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 При комплектном методе определения метрологических характеристик ИК объемного расхода необходимо выполнить следующие условия:

- определение метрологических характеристик проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами измерительных линий;

- отклонение объемного расхода измеряемой среды от установленного значения в процессе измерений не должно превышать $\pm 2,5\%$;

- изменение температуры измеряемой среды на входе и выходе поверочной установки и в ультразвуковом преобразователе расхода (далее – УПР), входящем в состав ИК объемного расхода, за время измерения не должно превышать $\pm 0,2\text{ }^\circ\text{C}$;

- температура, влажность окружающей среды и физико-химические показатели измеряемой среды соответствуют условиям эксплуатации СИКН;

- отклонение вязкости измеряемой среды за время поверки находится в допустимых пределах для применяемых УПР;

- диапазоны рабочего давления и объемного расхода определяются типоразмером УПР и технологическими требованиями;

- содержание свободного газа не допускается.

3.3 Для обеспечения бескавитационной работы избыточное давление в трубопроводе после УПР P_{\min} , МПа, должно быть не менее значения, вычисленного по формуле

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

где $P_{\text{нп}}$ – давление насыщенных паров, определенное в соответствии с ГОСТ 1756-2000 (ИСО 3007-99) «Нефтепродукты. Определение давления насыщенных паров» при максимально возможной температуре измеряемой среды, МПа;

ΔP – перепад давления на УПР, указанный в технической документации, МПа.

3.4 Регулирование объемного расхода проводят при помощи регулятора расхода, расположенного на выходе измерительной линии. 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, входящих в состав СИКН, и средств 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 2.

Таблица 2 – 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	<p>СИ температуры окружающей среды, диапазон измерений от 15 до 30 °С, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5$ °С</p> <p>СИ относительной влажности окружающей среды, диапазон измерений от 30 до 80 %, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений ± 5 %</p> <p>СИ атмосферного давления, диапазон измерений от 84 до 107 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 0,5$ кПа</p>	Термогигрометр ИВА-6 (регистрационный номер 46434-11 в ФИФОЕИ)
10.2	Рабочий эталон единицы объемного расхода жидкости 1-го или 2-го разряда в соответствии с частью 2 приказа Росстандарта от 7 февраля 2018 года № 256	Установка поверочная трубопоршневая двунаправленная OGSB (регистрационный номер в ФИФОЕИ 62207-15) (далее – ПУ)

5.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик СИКН с требуемой точностью.

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;

- 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 нефтепродуктом 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 нефтепродуктов. При обнаружении следов нефтепродуктов 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 нефтепродуктов данным, отраженным в описании типа СИКН.

8.6 Результаты опробования считают положительными, если отсутствуют сообщения об ошибках и текущие измеренные СИКН значения измеряемых параметров находятся внутри диапазонов измерений, отраженных в описании типа СИКН.

9 Проверка программного обеспечения средства измерения

9.1 Проверка идентификационных данных программного обеспечения

9.1.1 Проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) СИКН, реализованном в измерительно-вычислительном комплексе (далее – ИВК), проводят в следующей последовательности:

– вызвать экранную форму «Основное окно» нажатием одноименной кнопки в верхнем меню экрана панели оператора;

– вызвать экранную форму «Сведения о ПО» с помощью одноименной кнопки, расположенной на экранной форме «Основное меню»;

– на экранной форме «Сведения о ПО» в виде таблицы отображаются идентификационные данные метрологически значимой части ПО ИВК. Метрологически значимая часть ПО представлена набором программных модулей, выполняющих определенные вычислительные операции;

– идентификация каждого модуля производится по идентификационному наименованию номеру версии и цифровому идентификатору.

9.1.2 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 Проверяют наличие сведений о поверке СИ, входящих в состав СИКН. СИ, входящие в состав СИКН, на момент проведения поверки СИКН должны быть поверены в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории РФ. При наличии сведений о поверке СИКН в части отдельных ИК объемного расхода сведения о поверке УПР из их состава не требуются. При наличии действующих сведений о поверке СИКН в части отдельного и/или отдельных ИК объемного расхода метрологические характеристики этого и/или этих ИК объемного расхода при текущей поверке СИКН не определяются.

10.2 Определение метрологических характеристик ИК объемного расхода комплектным методом

10.2.1 Подготовка к выполнению определения метрологических характеристик ИК объемного расхода (объема) нефтепродуктов комплектным методом

10.2.1.1 Проверяют правильность монтажа СИ.

10.2.1.2 Подготавливают СИ согласно указаниям технической документации.

10.2.1.3 Проводят чистку фильтров на измерительной линии (далее – ИЛ).

10.2.1.4 Вводят в память ИВК или проверяют введенные ранее данные, необходимые для обработки результатов определения метрологических характеристик.

10.2.1.5 Проверяют отсутствие газа в ИЛ и ПУ, а также в верхних точках трубопроводов. Для этого устанавливают расход измеряемой среды в пределах рабочего диапазона измерений и открывают краны, расположенные в высших точках ИЛ и ПУ. Проводят 1 - 3 раза запуск поршня, удаляя после каждого запуска газ. Считают, что газ (воздух) отсутствует полностью, если из кранов вытекает струя измеряемой среды без газовых пузырьков.

10.2.1.6 При рабочем давлении проверяют герметичность схемы, состоящей из УПР и ПУ. При этом не допускается появление капель или утечек измеряемой среды через сальники, фланцевые, резьбовые или сварные соединения при наблюдении в течение пяти минут.

10.2.1.7 Проверяют герметичность задвижек, через которые возможны утечки измеряемой среды, влияющие на результаты измерений при поверке.

10.2.1.8 Проверяют герметичность устройства пуска и приема поршня ПУ в соответствии с технической документацией.

10.2.1.9 Проводят установку нуля УПР согласно технической документации.

10.2.1.10 Проверяют стабильность температуры измеряемой среды. Температуру измеряемой среды считают стабильной, если ее изменение в ПУ и УПР не превышает $\pm 0,2$ °С за время измерения.

10.2.1.11 Определяют плотность измеряемой среды за время поверки с помощью поточного плотномера или в испытательной лаборатории по ГОСТ 3900-85 с учетом Р 50.2.075-2010 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нефть и нефтепродукты. Лабораторные методы измерения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API».

10.2.1.12 Определяют вязкость измеряемой среды за время поверки с помощью поточного вискозиметра или в испытательной лаборатории по ГОСТ 33-2016 «Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости».

10.2.2 Опробование УПР, входящего в состав ИК объемного расхода (объема) нефтепродуктов

10.2.2.1 Устанавливают объемный расход измеряемой среды в пределах рабочего диапазона измерений расхода УПР.

10.2.2.2 Результаты опробования считают положительными, если при увеличении (уменьшении) расхода измеряемой среды соответственно изменяются показания СИКН.

10.2.3 Определение метрологических характеристик ИК объемного расхода (объема) нефтепродуктов

10.2.3.1 При определении метрологических характеристик ИК объемного расхода (объема) нефтепродуктов определяют следующие метрологические характеристики:

– коэффициент преобразования УПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода или коэффициенты преобразования УПР в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода;

– границу относительной погрешности ИК объемного расхода (объема) нефтепродуктов в рабочем диапазоне измерений объемного расхода.

10.2.3.2 Определение метрологических характеристик УПР проводят не менее чем в трех точках рабочего диапазона измерений объемного расхода. Значения объемного расхода

(точки рабочего диапазона) выбирают с интервалом не более 20 % от максимального значения объемного расхода УПР. В каждой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода проводят не менее пяти измерений.

10.2.3.3 Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

10.2.3.4 Определение метрологических характеристик УПР по ПУ

10.2.3.5 Для определения коэффициента преобразования устанавливают выбранное значение объемного расхода по показаниям УПР и проводят предварительное измерение для уточнения значения установленного объемного расхода.

10.2.3.6 Запускают поршень ПУ. После прохождения поршнем второго детектора регистрируют время прохождения поршнем от одного детектора до другого, количество импульсов выходного сигнала УПР.

10.2.3.7 Объемный расход рабочей жидкости через УПР вычисляют по формуле (7).

10.2.3.8 При необходимости проводят корректировку значения объемного расхода регулятором расхода или запорной арматурой.

10.2.3.9 После стабилизации объемного расхода и температуры рабочей жидкости в соответствии с 3.2 проводят необходимое количество измерений.

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

10.2.3.11 Если количество импульсов выходного сигнала УПР за время прохождения поршня ПУ между детекторами меньше 10000, то ИВК должен определять количество импульсов с долями импульсов.

10.2.3.12 Для определения средних значений за время измерения ИВК периодически фиксирует значения следующих параметров:

- температуры измеряемой среды на входе и выходе ПУ;
- давления измеряемой среды на входе и выходе ПУ;
- температуры измеряемой среды в УПР;
- давления измеряемой среды в УПР;
- плотности измеряемой среды, измеренную поточным преобразователем плотности (далее – ПП);
- температуры измеряемой среды в ПП;
- давления измеряемой среды в ПП;
- кинематической вязкости измеряемой среды, измеренной преобразователем вязкости (при наличии).

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

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

10.2.3.15 Если для двунаправленной ПУ определена вместимость калиброванного участка как сумма вместимостей в обоих направлениях, то за одно измерение принимают движение поршня в прямом и обратном направлении, количество импульсов и время прохождения поршня в прямом и обратном направлениях суммируют.

10.2.3.16 Если для двунаправленной ПУ определена вместимость калиброванного участка для каждого направления, то за одно измерение принимают движение поршня в каждом направлении.

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

10.2.3.18 Результаты измерений заносят в протокол

10.2.3.19 При заполнении протокола полученные результаты измерений и вычислений округляют в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Округление полученных результатов измерений и вычислений

Параметр	Единица измерения	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр, не менее
Объем	м ³	–	6
Температура	°С	2	–
Давление	МПа	2	–
Плотность	кг/м ³	1	–
Вязкость	мм ² /с	1	–
Количество импульсов	импульс	–	5
Интервал времени	с	2	–
Погрешность, среднеквадратическое отклонение (далее – СКО)	%	3	–
Коэффициент преобразования	импульс/м ³	–	5
Коэффициент объемного расширения	1/°С	6	–

Примечание – Если количество цифр в целой части числа больше рекомендованного количества значащих цифр, то число округляют до целого.

10.2.4 Обработка результатов измерений

10.2.4.1 Объем измеряемой среды, прошедшей через УИР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода V_{ji} , м³, вычисляют по формулам

$$V_{ji} = V_0 \cdot CTS_{ji} \cdot CPS_{ji} \cdot \frac{CTL_{ПУji} \cdot CPL_{ПУji}}{CTL_{УИРji} \cdot CPL_{УИРji}}, \quad (2)$$

$$CTS_{ji} = 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot (t_{ПУji} - 20), \quad (3)$$

$$CPS_{ji} = 1 + 0,95 \cdot \frac{P_{ПУji} \cdot D}{E \cdot S}, \quad (4)$$

$$t_{ПУji} = \frac{t_{ВхПУji} + t_{ВыхПУji}}{2}, \quad (5)$$

$$P_{ПУji} = \frac{P_{ВхПУji} + P_{ВыхПУji}}{2}, \quad (6)$$

- где V_0 – вместимость калиброванного участка ПУ при стандартных условиях ($t_0 = 20^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа), м³;
- CTS_{ji} – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ПУ, для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- CPS_{ji} – коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ПУ, для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- $CTL_{ПУji}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для температуры рабочей жидкости в ПУ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению А);
- $CPL_{ПУji}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для давления рабочей жидкости в ПУ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению А);
- $CTL_{УИРji}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для температуры рабочей жидкости в УИР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению А);

$CPL_{УПР\ ji}$	– коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для давления рабочей жидкости в УПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению А);
α_t	– коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ПУ (согласно технической документации ПУ или определяют по таблице Б.2 приложения Б), $1/^\circ\text{C}$;
$t_{ПУ\ ji}$	– температура рабочей жидкости в ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, $^\circ\text{C}$;
$P_{ПУ\ ji}$	– давление рабочей жидкости в ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, МПа;
D	– внутренний диаметр калиброванного участка ПУ (согласно технической документации ПУ), мм;
E	– модуль упругости материала стенок калиброванного участка ПУ (согласно технической документации ПУ или определяют по приложению Б), МПа;
S	– толщина стенок калиброванного участка ПУ (согласно технической документации ПУ), мм;
$t_{ВхПУ\ ji}, t_{ВыхПУ\ ji}$	– температура рабочей жидкости на входе и выходе ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, $^\circ\text{C}$;
$P_{ВхПУ\ ji}, P_{ВыхПУ\ ji}$	– давление рабочей жидкости на входе и выходе ПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, МПа.

10.2.4.2 Объемный расход измеряемой среды через поверяемый УПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода Q_{ji} , $\text{м}^3/\text{ч}$, вычисляют по формуле

$$Q_{ji} = \frac{V_{ji}}{T_{ji}} \cdot 3600, \quad (7)$$

- где V_{ji} – объем рабочей жидкости, прошедшей через УПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, м^3 ;
- T_{ji} – время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, с.

10.2.4.3 Объемный расход рабочей жидкости через УПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода Q_j , $\text{м}^3/\text{ч}$, вычисляют по формуле

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

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

10.2.4.4 Частоту выходного сигнала УПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода f_{ji} , Гц, вычисляют по формуле

$$f_{ji} = \frac{N_{ji}}{T_{ji}}, \quad (9)$$

- где N_{ji} – количество импульсов от УПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, импульс.

10.2.4.5 Частоту выходного сигнала УПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода f_j , Гц, вычисляют по формуле

$$f_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} f_{ji}}{n_j}. \quad (10)$$

10.2.4.6 Коэффициент преобразования УПР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода K_j , импульс/м³, вычисляют по формулам

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} K_{ji}}{n_j}, \quad (11)$$

$$K_{ji} = \frac{N_{ji}}{V_{ji}}, \quad (12)$$

где K_{ji} – коэффициент преобразования УПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, импульс/м³.

10.2.4.7 Коэффициент преобразования поверяемого УПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода K , импульс/м³, вычисляют по формуле

$$K = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m K_j, \quad (13)$$

где m – количество точек объемного расхода в рабочем диапазоне измерений объемного расхода.

10.2.4.8 Оценка СКО результатов измерений

СКО результатов измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода S_j , %, вычисляют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ji} - K_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_j} \cdot 100. \quad (14)$$

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \leq 0,05 \%. \quad (15)$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

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

10.2.4.9 Границу неисключенной систематической погрешности ИК Θ_Σ , %, вычисляют по формулам

$$\Theta_\Sigma = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V 0}^2 + \Theta_A^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{ИВК}^2}, \quad (16)$$

$$\Theta_A = \begin{cases} \max \left(0,5 \cdot \left| \frac{K_j - K_{j+1}}{K_j + K_{j+1}} \right| \cdot 100 \right) & \text{при кусочно-линейной аппроксимации} \\ \max \left(\left| \frac{K_j - K}{K} \right| \cdot 100 \right) & \text{при постоянном коэффициенте преобразования} \end{cases}, \quad (17)$$

$$\Theta_t = \beta \sqrt{\Delta t_{ПУ}^2 + \Delta t_{УПР}^2}_{\max}, \quad (18)$$

$$\beta_{\max} = \max(\beta_{ji}), \quad (19)$$

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

где $\Theta_{\Sigma 0}$ – граница суммарной неисключенной систематической

	погрешности ПУ (значение, полученное по результатам поверки ПУ), %;
Θ_{v0}	– граница неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ПУ (значение, полученное по результатам поверки ПУ), %;
Θ_{Δ}	– граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью аппроксимации градуировочной характеристики, %;
Θ_t	– граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры рабочей жидкости в ПУ и УПР, %;
$\Theta_{ИВК}$	– граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК, %;
K_j, K_{j+1}	– коэффициенты преобразования УПР в j-ой и (j+1)-ой точках рабочего диапазона измерений объемного расхода, импульс/м ³ ;
K	– коэффициент преобразования УПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, импульс/м ³ ;
β_{max}	– максимальное значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости, 1/°С;
$\Delta t_{ПУ}$	– пределы допускаемой абсолютной погрешности датчиков температуры, установленных в ПУ (берут из сведений о поверке), °С;
$\Delta t_{УПР}$	– предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры, установленных около УПР (берут из сведений о поверке), °С;
β_{ji}	– коэффициент объемного расширения рабочей жидкости при температуре $t_{пуji}$ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению А), 1/°С;
$\delta_{ИВК}$	– пределы допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования ИВК (согласно описанию типа ИВК), %.

10.2.4.10 СКО среднего значения результатов измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода S_{0j} , %, вычисляют по формуле

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}, \quad (21)$$

10.2.4.11 Границу случайной погрешности УПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода при доверительной вероятности $P = 0,95$ ε, %, вычисляют по формулам

$$\varepsilon = \max(\varepsilon_j), \quad (22)$$

$$\varepsilon_j = t_{0,95j} \cdot S_{0j}, \quad (23)$$

где ε_j – граница случайной погрешности УПР в j-ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;

$t_{0,95j}$ – квантиль распределения Стьюдента для количества измерений n_j в j-ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (определяют по таблице Б.1 приложения Б).

10.2.4.12 СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода S_0 принимают равным значению СКО среднего значения результатов измерений S_{0j} в точке рабочего диапазона измерений объемного расхода с максимальным значением границы случайной погрешности ε_j .

10.2.4.13 Границу относительной погрешности ИК объемного расхода (объема) нефтепродуктов в рабочем диапазоне измерений объемного расхода δ , %, определяют по формулам

$$\delta = \begin{cases} \varepsilon, & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_0} < 0,8 \\ t_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma}, & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_0} \leq 8 \\ \Theta_{\Sigma}, & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_0} > 8 \end{cases} \quad (24)$$

$$t_{\Sigma} = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_0 + S_{\Theta}}, \quad (25)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_0^2}, \quad (26)$$

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V 0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{ИВК}^2}{3}}, \quad (27)$$

- где ε – граница случайной погрешности УПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;
- Θ_{Σ} – граница неисключенной систематической погрешности УПР, %;
- t_{Σ} – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;
- S_{Σ} – суммарное СКО результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;
- S_{Θ} – СКО суммы неисключенных систематических погрешностей, %;
- S_0 – СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %.

Проверяют выполнение условия

$$\delta \leq 0,15 \%. \quad (28)$$

Если условие (28) не выполняется, то рекомендуется:

- увеличить количество точек в рабочем диапазоне измерений объемного расхода;
- увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- уменьшить рабочий диапазон измерений объемного расхода.

Проводят повторную проверку выполнения условия (28). При повторном невыполнении условия (28) поверку прекращают.

10.2.5 Операции по 10.2 проводят в автоматизированном режиме по алгоритмам в соответствии с МИ 3265–2010, реализованным в ИВК.

10.2.6 Результаты измерений заносят в протокол. Допускается использовать форму протокола, приведенную в приложении А МИ 3265–2010.

10.2.7 Относительная погрешность измерений объемного расхода нефтепродуктов с применением ИК объемного расхода принимается равной относительной погрешности УПР, входящего в состав соответствующего ИК объемного расхода.

10.2.8 Относительная погрешность измерений объемного расхода нефтепродуктов СИКН принимается равной относительной погрешности измерений объемного расхода нефтепродуктов ИК объемного расхода нефтепродуктов.

10.3 Определение относительной погрешности измерений массы нефтепродуктов

10.3.1 Относительную погрешность измерений массы нефтепродуктов при косвенном методе динамических измерений δ_M , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_M = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_V^2 + G^2 \cdot (\delta_p^2 + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta_{T_p}^2) + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta_{T_v}^2 + \delta_N^2}, \quad (29)$$

где δ_v – относительная погрешность измерений объема нефтепродуктов, %;
 G – коэффициент, вычисляемый по формуле

$$G = \frac{1 + 2 \cdot \beta \cdot T_v}{1 + 2 \cdot \beta \cdot T_p}, \quad (30)$$

β – коэффициент объемного расширения нефтепродуктов, $1/^\circ\text{C}$;
 T_v – температура нефтепродуктов при измерениях объема, $^\circ\text{C}$, принимают равной температуре нефтепродуктов в ИЛ в момент проведения поверки;
 T_p – температура нефтепродуктов при измерениях плотности, $^\circ\text{C}$, принимают равной температуре нефтепродуктов в блоке измерений показателей качества в момент проведения поверки;
 δ_p – пределы допускаемой относительной погрешности измерений плотности нефтепродуктов, %;
 Δ_{T_v} – абсолютная погрешность измерений температуры нефтепродуктов при измерениях объема, $^\circ\text{C}$;
 Δ_{T_p} – абсолютная погрешность измерений температуры нефтепродуктов при измерениях плотности, $^\circ\text{C}$. Принимают равной значению абсолютной погрешности измерений температуры преобразователями температуры, установленными в блоке измерений показателей качества (из свидетельства о поверке преобразователей температуры);
 δ_N – пределы допускаемой относительной погрешности комплекса измерительно-вычислительного ТН-01 при преобразовании сигналов от первичных преобразователей в значение массы нефтепродуктов (из свидетельства о поверке комплекса измерительно-вычислительного ТН-01), %.

10.3.2 Относительную погрешность измерений плотности нефтепродуктов δ_p , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_p = \frac{\Delta_p \cdot 100}{\rho}, \quad (31)$$

где Δ_p – абсолютная погрешность измерений плотности нефтепродуктов, $\text{кг}/\text{м}^3$. Используют данные из свидетельства о поверке на преобразователь плотности, входящий в состав СИКН;
 ρ – плотность нефтепродуктов 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 РФ и имеют положительные результаты поверки;
- диапазон измерений расхода не выходит за пределы диапазона измерений, установленного при утверждении типа СИКН;
- относительная погрешность измерений объемного расхода нефтепродуктов ИК объемного расхода и СИКН не выходит за пределы $\pm 0,15$ %;
- относительная погрешность СИКН при измерении массы нефтепродуктов не выходит за пределы $\pm 0,25$ %.

12 Оформление результатов поверки средства измерений

12.1 Оформление результатов поверки СИКН

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

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

12.1.3 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 РФ.

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

12.1.5 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке СИКН.

Примечание – При определении метрологических характеристик ИК объемного расхода нефти, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, наносит знак поверки на УПР, входящий в состав ИК объемного расхода, в соответствии с описанием типа СИКН.

12.1.6 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 РФ.

12.2 Оформление результатов поверки СИКН в части отдельного ИК объемного расхода

12.2.1 Результаты поверки СИКН в части отдельного ИК объемного расхода оформляют протоколом поверки произвольной формы с указанием даты проведения поверки, условий проведения поверки, применяемых средств поверки, заключения по результатам поверки.

12.2.2 Аккредитованным на поверку лицом, проводившим поверку СИКН в части отдельного ИК объемного расхода, в ФИФОЕИ передаются сведения о результатах поверки.

12.2.3 При положительных результатах поверки, по письменному заявлению владельца или лица, представившего СИКН в части отдельного ИК объемного расхода на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, оформляет свидетельство о поверке СИКН в части отдельного ИК объемного расхода в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории РФ. Срок действия свидетельства о поверке СИКН в части отдельного ИК объемного расхода определяется интервалом между поверками СИКН.

12.2.4 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке СИКН в части отдельного ИК объемного расхода и на УПР, входящий в состав отдельного ИК объемного расхода, в соответствии с описанием типа СИКН.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Определение коэффициентов CTL, CPL и β

А.1 Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL, учитывающего влияние температуры на объем рабочей жидкости для диапазона плотности рабочей жидкости (при $t = 15\text{ °C}$ и $P = 0\text{ МПа}$) от 611 до 1164 кг/м³ определяют по формулам

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

$$\alpha_{15} = \frac{K_0 + K_1 \cdot \rho_{15}}{\rho_{15}^2}, \quad (A.2)$$

$$\Delta t = t - 15, \quad (A.3)$$

- где α_{15} – значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости при $t = 15\text{ °C}$ и $P = 0\text{ МПа}$, 1/°C;
 ρ_{15} – значение плотности рабочей жидкости при $t = 15\text{ °C}$ и $P = 0\text{ МПа}$, кг/м³;
 t – значение температуры рабочей жидкости, °C;
 K_0, K_1 – коэффициенты выбираются из таблицы А.1

Таблица А.1 – Значения коэффициентов K_0 и K_1 в зависимости от типа рабочей жидкости

Тип измеряемой среды	ρ_{15} , кг/м ³	K_0	K_1
Нефтепродукты:			
Бензины	от 611 до 779	346,42278	0,43884
Реактивные топлива	от 779 до 839	594,54180	0,00000
Нефтяные топлива	от 839 до 1164	186,96960	0,48618

Примечание – Для нефтепродуктов коэффициенты K_0, K_1 выбираются не по названию типа измеряемой среды, а в зависимости от значения ρ_{15} .

А.2 Определение коэффициента CPL

Значение коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем рабочей жидкости для диапазона плотности рабочей жидкости (при $t = 15\text{ °C}$ и $P = 0\text{ МПа}$) от 611 до 1164 кг/м³ определяют по формулам

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

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

- где P – значение избыточного давления рабочей жидкости, МПа;
 10 – коэффициент перевода единиц измерения давления МПа в бар.

А.3 Определение коэффициента β

Значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости β , 1/°C:

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

А.4 Определение плотности ρ_{15}

Значение плотности рабочей жидкости при $t = 15\text{ }^\circ\text{C}$ и $P = 0\text{ МПа}$ ρ_{15} , кг/м^3 определяют по формуле

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

- где $\rho_{\text{ПП}}$ – значение плотности рабочей жидкости в ПП, кг/м^3 ;
 $\text{CTL}_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для $t_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} ;
 $\text{CPL}_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для $t_{\text{ПП}}$, $P_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} .

Для определения ρ_{15} необходимо определить значения $\text{CTL}_{\text{ПП}}$ и $\text{CPL}_{\text{ПП}}$, а для определения $\text{CTL}_{\text{ПП}}$ и $\text{CPL}_{\text{ПП}}$, в свою очередь, необходимо определить значение плотности при стандартных условиях ρ_{15} . Поэтому значение ρ_{15} определяют методом последовательного приближения:

1) Определяют значения $\text{CTL}_{\text{ПП}(1)}$ и $\text{CPL}_{\text{ПП}(1)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{\text{ПП}}$.

2) Определяют значения $\rho_{15(1)}$, кг/м^3 , по формуле

$$\rho_{15(1)} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{\text{CTL}_{\text{ПП}(1)} \cdot \text{CPL}_{\text{ПП}(1)}}. \quad (\text{A.8})$$

3) Определяют значения $\text{CTL}_{\text{ПП}(2)}$ и $\text{CPL}_{\text{ПП}(2)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{15(1)}$.

4) Определяют значение $\rho_{15(2)}$, кг/м^3 по формуле

$$\rho_{15(2)} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{\text{CTL}_{\text{ПП}(2)} \cdot \text{CPL}_{\text{ПП}(2)}}. \quad (\text{A.9})$$

5) Аналогично пунктам (3) и (4), определяют значения $\text{CTL}_{\text{ПП}(i)}$, $\text{CPL}_{\text{ПП}(i)}$ и $\rho_{15(i)}$ для i -го цикла вычислений и проверяют выполнение условия:

$$|\rho_{15(i)} - \rho_{15(i-1)}| \leq 0,001, \quad (\text{A.10})$$

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Справочные материалы

Б.1 Квантиль распределения Стьюдента

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

Таблица Б.1 – Значения квантиля распределения Стьюдента при доверительной вероятности $P=0,95$

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

Б.2 Коэффициенты расширения и модули упругости

Значения коэффициентов линейного расширения, квадратичных коэффициентов расширения и модули упругости материалов стенок калиброванного участка ПУ, в зависимости от материала приведены в таблице Б.2.

Таблица Б.2 – Коэффициенты линейного расширения и модули упругости материалов стенок калиброванного участка ПУ, материала планки крепления детекторов

Материал	$\alpha_t, 1/^\circ\text{C}$	$\alpha_{kl}, 1/^\circ\text{C}$	$\alpha_d, 1/^\circ\text{C}$	E, МПа
Сталь углеродистая	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$2,23 \cdot 10^{-5}$	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$2,07 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 304	$1,73 \cdot 10^{-5}$	$3,46 \cdot 10^{-5}$	$1,73 \cdot 10^{-5}$	$1,93 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 316	$1,59 \cdot 10^{-5}$	$3,18 \cdot 10^{-5}$	$1,59 \cdot 10^{-5}$	$1,93 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 17-4	$1,08 \cdot 10^{-5}$	$2,16 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-5}$	$1,97 \cdot 10^5$

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

Методика анализа результатов измерений на наличие промахов

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

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

$$S_{kj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ji} - K_j)^2}{n_j - 1}}, \quad (\text{B.1})$$

- где K_j – значение коэффициента преобразования в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, импульс/м³;
- K_{ji} – значение коэффициента преобразования для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, импульс/м³;
- n_j – количество измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

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

Наиболее выделяющееся соотношение U :

$$U = \max \left(\left| \frac{K_{ji} - K_j}{S_{kj}} \right| \right). \quad (\text{B.2})$$

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

Таблица В.1 - Критические значения для критерия Граббса

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