

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ  
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ –  
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ  
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора филиала



А.С. Тайбинский

« 03 » марта 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА  
НЕФТЕПРОДУКТОВ № 1211 АЛЬТЕРНАТИВНОГО СКЛАДА ГСМ В АЭРОПОРТУ  
«ШЕРЕМЕТЬЕВО»

Методика поверки

МП 1409-14-2022

Начальник научно-исследовательского  
отдела ВНИИР – филиала  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Р.Р. Нурмухаметов

Тел. отдела: (843) 299-72-00

г. Казань  
2022 г.

РАЗРАБОТАНА

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

ИСПОЛНИТЕЛИ

Загидуллин Р.И.

СОГЛАСОВАНА

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки системы измерений количества и показателей качества нефтепродуктов № 1211 альтернативного склада ГСМ в аэропорту «Шереметьево» (далее – СИКН) и устанавливает объём, порядок и методику проведения первичной и периодической поверок СИКН на месте ее эксплуатации.

Поверка СИКН осуществляется методом косвенных измерений в соответствии с требованиями Государственной поверочной схемы (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256, обеспечивающим передачу единицы массового и объемного расхода жидкости, массы и объема жидкости в потоке от рабочего эталона 2-го разряда и прослеживаемость к Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 и Государственному первичному эталону единицы массы (килограмма) ГЭТ 3-2020.

Если очередной срок поверки средств измерений (СИ) (измерительного компонента) из состава СИКН наступает до очередного срока поверки СИКН, или появилась необходимость проведения периодической или внеочередной поверки СИ (измерительного компонента), то поверяют только это СИ (измерительный компонент), при этом внеочередную поверку СИКН не проводят.

По заявлению владельца СИКН или лица, предоставившего СИКН на поверку, допускается проведение поверки СИКН в части отдельных измерительных каналов (ИК).

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

Таблица 1 – Метрологические требования

| Диапазон измерений | Пределы допускаемой относительной погрешности при применении в качестве рабочего средства измерений                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| от 78 до 234 т/ч   | при измерении массы нефтепродуктов $\pm 0,25$ %                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                    | ИК массового расхода и массы нефтепродуктов:<br>- $\pm 0,25$ % – с рабочим счетчиком-расходомером массовым и контрольно-резервным счетчиком-расходомером массовым, применяемым в качестве резервного;<br>- $\pm 0,20$ % – с контрольно-резервным счетчиком-расходомером массовым, применяемым в качестве контрольного. |

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 2 – Перечень операций поверки

| Наименование операции                                | Проведение операции при |                       | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняются операции поверки |
|------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                      | первичной поверке       | периодической поверке |                                                                                                |
| Внешний осмотр средства измерений                    | Да                      | Да                    | 6                                                                                              |
| Опробование средства измерений                       | Да                      | Да                    | 7.2                                                                                            |
| Проверка программного обеспечения средства измерений | Да                      | Да                    | 8                                                                                              |



Продолжение таблицы 2

| Наименование операции                                                     | Проведение операции при |                       | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняются операции поверки |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                           | первичной поверке       | периодической поверке |                                                                                                |
| Определение метрологических характеристик средства измерений              | Да                      | Да                    | 9                                                                                              |
| Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | Да                      | Да                    | 10                                                                                             |

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

### 3 Требования к условиям проведения поверки

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

3.2 Характеристики СИКН и параметры измеряемой среды (далее – нефтепродукты) при проведении поверки должны соответствовать, приведенным в описании типа СИКН.

3.3 Соответствие параметров нефтепродуктов проверяют по данным паспортов качества нефтепродуктов.

3.4 Определение относительной погрешности ИК массового расхода и массы нефтепродуктов при комплектной поверке проводят при следующих условиях:

3.4.1 Определение относительной погрешности ИК массового расхода и массы нефтепродуктов проводят в рабочем диапазоне расхода счетчика-расходомера массового Micro Motion модификации CMF 400 (далее – СРМ), входящего в состав ИК массового расхода и массы нефтепродуктов. Рабочий диапазон СРМ определяет владелец СИКН и оформляет в виде справки произвольной формы, при этом рабочий диапазон не должен превышать диапазон измерений расхода СИКН. Справку, согласованную принимающей (сдающей) стороной, владелец представляет поверителю.

3.4.2 Отклонение массового расхода нефтепродуктов от установленного значения в процессе поверки не должно превышать 2,5 %.

3.4.3 Изменение температуры нефтепродуктов в поточном плотномере, на входе и выходе трубопоршневой поверочной установки за время одного измерения не должно превышать 0,2 °С.

3.4.4 Избыточное давление измеряемой среды в конце технологической схемы рекомендуется устанавливать не менее 0,3 МПа.

3.4.5 Регулирование массового расхода проводят при помощи регуляторов расхода, расположенных на выходе измерительной линии или на выходе трубопоршневой поверочной установки. Допускается вместо регуляторов расхода использовать запорную арматуру.

#### 4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки применяют средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень средств поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Рекомендуемые типы средств поверки                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Раздел 9<br>Определение метрологических характеристик  | Рабочий эталон 2 разряда по части 2 Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (установка трубопоршневая (далее – ТПУ)), утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 февраля 2018 г. № 256 с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,10\%$ | Установка трубопоршневая «Сапфир МН» (регистрационный номер 41976-09)                                                                                          |
|                                                        | Поточный преобразователь плотности (далее – ПП) с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3 \text{ кг/м}^3$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Преобразователь плотности жидкости измерительный модели 7835 (регистрационный номер 15644-06)                                                                  |
|                                                        | СИ избыточного давления с унифицированным выходным сигналом с диапазоном измерений избыточного давления от 0 до 2,5 МПа и пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5\%$                                                                                                                                                                                                                                                                         | Преобразователи давления измерительные 3051 (регистрационный номер 14061-10);<br>Преобразователи давления измерительные 3051S (регистрационный номер 24116-08) |
|                                                        | Манометры с диапазоном измерений избыточного давления от 0 до 2,5 МПа и классом точности 0,6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Манометры показывающие для точных измерений МПТИ (регистрационный номер 26803-11);<br>Манометры ФТ (регистрационный номер 60168-15)                            |
|                                                        | СИ температуры с унифицированным выходным сигналом с диапазоном измерений температуры от -30 до 60 °С и пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2 \text{ °С}$                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Датчики температуры 644 (регистрационный номер 39539-08)                                                                                                       |



Продолжение таблицы 3

| Средства поверки | Метрологические и технические требования                                                                                                                                                                   | Рекомендуемые типы средств поверки                                                              |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Термометры с диапазоном измерений температуры от -30 до 60 °С и пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С                                                                                  | Термометры ртутные стеклянные лабораторные ТЛ-4 (регистрационный номер 303-91)                  |
|                  | Комплекс измерительно-вычислительный (далее – ИВК) с пределами допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования СРМ $\pm 0,05$ % | Комплекс измерительно-вычислительный «ОКТОПУС-Л» («ОСТОРUS-L») (регистрационный номер 43239-09) |

4.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений (СИ) с требуемой точностью.

## 5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки соблюдают требования, определяемые:

- в области охраны труда:
  - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ;
- в области промышленной безопасности:
  - Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
  - Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 534 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»);
  - Руководство по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (приказ Ростехнадзора от 27.12.2012 № 784 «Об утверждении Руководства по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов»);
  - другие действующие законодательные акты и отраслевые нормативные документы;
- в области пожарной безопасности:
  - Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»;
  - Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
  - Постановление Правительства Российской Федерации от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима»;
- в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок:
  - Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены Приказом Минтруда России от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утверждены Приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 № 6 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей»);

- в области охраны окружающей среды;

- Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;

- Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

## **6 Внешний осмотр средства измерений**

6.1 При внешнем осмотре проверяют комплектность и внешний вид СИКН.

6.1.1 Комплектность СИКН должна соответствовать ее описанию типа и эксплуатационной документации.

6.1.2 При проверке внешнего вида должно быть установлено соответствие СИКН следующим требованиям:

- на компонентах СИКН не должно быть видимых дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки;

- надписи и обозначения на компонентах СИКН должны быть четкими и соответствовать технической документации.

6.2 При внешнем осмотре ИК массового расхода и массы нефтепродуктов устанавливают соответствие СРМ, входящего в состав ИК, следующим требованиям:

- комплектность соответствует указанной в технической документации;

- отсутствуют механические повреждения и дефекты, препятствующие применению;

- надписи и обозначения на СРМ четкие и соответствуют требованиям технической документации.

6.3 СИКН, не прошедшая внешний осмотр, к дальнейшей поверке не допускается до устранения выявленных дефектов.

## **7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

### **7.1 Подготовка к поверке**

7.1.1 При подготовке к поверке проводят работы в соответствии с инструкцией по эксплуатации СИКН.

7.1.2 Проверяют наличие действующих свидетельств об аттестации эталонов и/или наличие сведений о результатах поверки СИ, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и/или знаков поверки, нанесенных на СИ, и (или) свидетельств о поверке, и (или) записей о проведенной поверке в паспортах (формулярах) СИ, заверенных подписью поверителя и знаком поверки с указанием даты поверки, применяемых при проведении поверки.

7.1.3 Проверяют правильность монтажа средств поверки и СРМ.

7.1.4 Подготавливают средства поверки согласно указаниям технической документации.

7.1.5 Подготавливают СРМ в соответствии с технической документацией, устанавливают или проверяют установленные коэффициенты, в том числе:

- градуировочный коэффициент СРМ;

- коэффициент коррекции СРМ;

- значение массового расхода и соответствующее ему значение частоты выходного сигнала СРМ или коэффициент преобразования СРМ.

7.1.6 Проверяют или устанавливают в ИВК значение массового расхода и соответствующее ему значение частоты выходного сигнала СРМ или коэффициент



преобразования СРМ,  $K_{\text{ПМ}}$ , имп/т, соответствующий установленному значению в преобразователе СРМ или вычисленный по формуле

$$K_{\text{ПМ}} = \frac{f_{\text{М}} \cdot 3600}{Q_{\text{М}}}, \quad (1)$$

где  $f_{\text{М}}$  – значение частоты, установленное в преобразователе СРМ, Гц;

$Q_{\text{М}}$  – значение массового расхода, установленное в преобразователе СРМ, т/ч.

7.1.7 Вводят в память ИВК или проверяют введенные ранее данные, необходимые для обработки результатов поверки.

7.1.8 Проверяют отсутствие газа в измерительной линии (ИЛ), ТПУ и ПП, а также в верхних точках трубопроводов. Для этого устанавливают массовый расход нефтепродуктов в пределах рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ и открывают краны, расположенные в высших точках ИЛ и ТПУ. Проводят 1-3 раза запуск поршня, удаляя после каждого запуска газ. Считают, что газ (воздух) отсутствует полностью, если из кранов вытекает струя нефтепродуктов без газовых пузырьков.

7.1.9 При рабочем давлении проверяют герметичность системы, состоящей из СРМ, ТПУ и ПП. При этом не допускается появление капель или утечек нефтепродуктов через сальники, фланцевые, резьбовые или сварные соединения при наблюдении в течение 5 мин.

7.1.10 Проверяют герметичность задвижек, через которые возможны утечки нефтепродуктов, влияющие на результаты измерений при поверке.

7.1.11 Проверяют герметичность устройства пуска и приема поршня ТПУ в соответствии с технической документацией.

7.1.12 Проверяют стабильность температуры нефтепродуктов. Для этого запускают поршень ТПУ и регистрируют температуру в ПП, на входе и выходе ТПУ. Температуру нефтепродуктов считают стабильной, если ее изменение в системе не превышает  $0,2^{\circ}\text{C}$  за время прохождения поршня от одного детектора до другого (в двунаправленных ТПУ – в обоих направлениях).

7.1.13 Проводят установку нуля СРМ согласно технической документации.

## 7.2 Опробование

7.2.1 Проверяют действие и взаимодействие компонентов СИКН в соответствии с инструкцией по эксплуатации СИКН, возможность получения отчетов следующим образом:

- проверяется наличие электропитания элементов СИКН и средств поверки;
- проверяется наличие связи между первичными преобразователями, вторичной аппаратурой и ИВК, ИВК и автоматизированным рабочим местом (АРМ) оператора СИКН путем визуального контроля меняющихся значений измеряемых величин на дисплее компьютера АРМ оператора;
- проверяется работоспособность запорно-регулирующей арматуры путем ее открытия и закрытия;
- используя печатающее устройство с компьютера АРМ оператора СИКН, распечатываются пробные отчеты (протоколы поверки и др. отчеты).

7.2.2 Опробование СРМ, входящего в состав ИК, проводят совместно со средствами поверки.

7.2.2.1 Устанавливают массовый расход нефтепродуктов в пределах рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ.

7.2.2.2 Наблюдают на дисплее ИВК значения следующих параметров:

- частоты выходного сигнала СРМ;



- массового расхода нефтепродуктов в СРМ;
- температуры и давления нефтепродуктов на входе и выходе ТПУ;
- плотности, температуры и давления нефтепродуктов в ПП.

7.2.2.3 Запускают поршень ТПУ. При прохождении поршня через первый детектор наблюдают за началом отсчета импульсов выходного сигнала СРМ, при прохождении поршня через второй детектор - за окончанием отсчета импульсов. Для двунаправленных ТПУ проводят те же операции при движении поршня в обратном направлении.

## **8 Проверка программного обеспечения средства измерений**

8.1 Проверяют соответствие идентификационных данных ПО ИВК и автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора, входящих в состав СИКН, сведениям, приведенным в описании типа СИКН.

8.2 Определение идентификационных данных ПО ИВК проводят в соответствии с руководством по эксплуатации ИВК в следующей последовательности:

- необходимо выбрать пункт меню «СИСТ. ПАРАМЕТРЫ»;
- далее выбрать подпункт «СВЕДЕНИЯ о ПО».

8.3 Определение идентификационных данных ПО АРМ оператора проводят в соответствии с руководством пользователя АРМ оператора в следующей последовательности:

- в верхней части главного окна программы необходимо нажать вкладку «Версия»;
- в открывшемся окне нажать вкладку «Получить данные по библиотеке».

8.4 Результат подтверждения соответствия ПО считается положительным, если полученные идентификационные данные ПО ИВК и АРМ оператора (идентификационное наименование, номер версии (идентификационный номер) и цифровой идентификатор) соответствуют идентификационным данным, указанным в описании типа СИКН.

## **9 Определение метрологических характеристик средства измерений**

9.1 Проверяют наличие сведений о результатах поверки, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и/или знаков поверки, нанесенных на СИ, и (или) свидетельств о поверке, и (или) записей о проведенной поверке в паспортах (формулярах) СИ, заверенных подписью поверителя и знаком поверки с указанием даты поверки, следующих СИ, входящих в состав СИКН: датчиков температуры 644 (регистрационный номер 39539-08), преобразователей давления измерительных 3051 (регистрационный номер 14061-10), преобразователей давления измерительных 3051S (регистрационный номер 24116-08), преобразователей давления AUTROL модели АРТ3100 (регистрационный номер 37667-08), преобразователя плотности жидкости измерительного модели 7835 (регистрационный номер 15644-06), ротаметра Н-250 (регистрационный номер 19712-08), комплекса измерительно-вычислительного «ОКТОПУС-Л» («ОСТОРUS-L») (регистрационный номер 43239-09).

Вышеприведенные СИ (измерительные компоненты) на момент проведения поверки СИКН должны быть поверены в соответствии с документами на поверку, указанными в свидетельствах (сертификатах) об утверждении типа (описаниях типа) данных СИ (измерительных компонентов).

Примечание – Показывающие СИ температуры и давления должны быть поверены в соответствии с методиками поверки, указанными в свидетельствах (сертификатах) об утверждении типа (описаниях типа) данных СИ.



## 9.2 Определение МХ ИК массового расхода и массы нефтепродуктов

### 9.2.1 При определении МХ ИК определяют следующие МХ:

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

- границу относительной погрешности ИК.

9.2.2 Определение МХ проводят не менее чем при трёх значениях массового расхода нефтепродуктов из диапазона измерений массового расхода, установленного для СРМ (далее – точках расхода), включая минимальное  $Q_{\min}$ , т/ч и максимальное значение  $Q_{\max}$ , т/ч. В каждой точке расхода для рабочего СРМ проводят не менее пяти измерений, для контрольного СРМ проводят не менее семи измерений. Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

9.2.3 Устанавливают выбранное значение массового расхода по показаниям СРМ.

9.2.4 Проводят предварительное измерение для уточнения значения установленного массового расхода.

Запускают поршень ТПУ. После прохождения поршнем второго детектора регистрируют время прохождения поршнем от одного детектора до другого, количество импульсов выходного сигнала СРМ, температуру, давление и плотность нефтепродуктов.

Массовый расход нефтепродуктов через СРМ вычисляют по формуле (7).

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

9.2.5 После стабилизации массового расхода в соответствии с 3.4.2 проводят необходимое количество измерений.

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

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

- температуры нефтепродуктов на входе и выходе ТПУ;
- давления нефтепродуктов на входе и выходе ТПУ;
- температуры нефтепродуктов в ПП;
- давления нефтепродуктов в ПП;
- плотности нефтепродуктов в ПП.

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

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

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

Если для двунаправленной ТПУ 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.

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



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

9.2.7 Результаты измерений заносят в протокол. Форма протокола поверки приведена в приложении А. При заполнении протокола полученные результаты измерений и вычислений округляют в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Точность представления результатов измерений и вычислений

| Параметр                         | Единица измерения | Количество цифр после запятой | Количество значащих цифр |
|----------------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Массовый расход                  | т/ч               | 1                             | -                        |
| Объем                            | м <sup>3</sup>    | -                             | 6                        |
| Масса                            | т                 | -                             | 6                        |
| Температура                      | °С                | 2                             | -                        |
| Давление                         | МПа               | 2                             | -                        |
| Плотность                        | кг/м <sup>3</sup> | 2                             | -                        |
| Количество импульсов             | имп.              | -                             | 5                        |
| Интервал времени                 | с                 | 2                             | -                        |
| Погрешность, СКО                 | %                 | 3                             | -                        |
| Коэффициент преобразования       | имп/т             | -                             | 5                        |
| Коэффициент коррекции            | -                 | 5                             | -                        |
| Градуировочный коэффициент       | г/с/мкс           | -                             | 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.

## 9.2.8 Обработка результатов измерений

9.2.8.1 Массу нефтепродуктов, определенную с помощью средств поверки за время  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода  $M_{пуji}$ , т вычисляют по формуле

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

где  $V_0$  – вместимость калиброванного участка ТПУ при стандартных условиях (температуре 20 °С и избыточном давлении 0 МПа), м<sup>3</sup>;

$K_{tji}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ТПУ, для  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, вычисляют по формуле

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

где  $\alpha_t$  – коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ТПУ (берут из технической документации на ТПУ или определяют по таблице Б.2 приложения Б), 1/°С;

$t_{\text{ПУ}ji}$  – среднее значение температуры нефтепродуктов в ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, °С, вычисляют по формуле

$$t_{\text{ПУ}ji} = \frac{t_{\text{ВхПУ}ji} + t_{\text{ВыхПУ}ji}}{2}, \quad (4)$$

где  $t_{\text{ВхПУ}ji}$ ,  $t_{\text{ВыхПУ}ji}$  – температура нефтепродуктов на входе и выходе ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, °С;

$K_{\text{р}ji}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ТПУ, для  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, вычисляют по формуле

$$K_{\text{р}ji} = 1 + 0,95 \cdot \frac{P_{\text{ПУ}ji} \cdot D}{E \cdot S}, \quad (5)$$

где  $P_{\text{ПУ}ji}$  – среднее значение избыточного давления нефтепродуктов в ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, МПа, вычисляют по формуле

$$P_{\text{ПУ}ji} = \frac{P_{\text{ВхПУ}ji} + P_{\text{ВыхПУ}ji}}{2}, \quad (6)$$

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

$D$  – внутренний диаметр калиброванного участка ТПУ (берут из технической документации на ТПУ), мм;

$S$  – толщина стенок калиброванного участка ТПУ (берут из технической документации на ТПУ), мм;

$E$  – модуль упругости материала стенок калиброванного участка ТПУ (берут из технической документации на ТПУ или определяют по таблице Б.2 приложения Б), МПа;

$\rho_{\text{ПП}ji}$  – плотность нефтепродуктов за время  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, кг/м<sup>3</sup>;

$STL_{\text{ПУ}ji}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем нефтепродуктов, определенный для температуры нефтепродуктов в ТПУ для  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению В);

$CPL_{\text{ПУ}ji}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем нефтепродуктов, определенный для давления нефтепродуктов в ТПУ для  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению В);

$STL_{\text{ПП}ji}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем нефтепродуктов, определенный для температуры нефтепродуктов в ПП для  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению В);

$CPL_{\text{ПП}ji}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем нефтепродуктов, определенный для давления нефтепродуктов в ПП для  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению В);

9.2.8.2 Массовый расход нефтепродуктов через СРМ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода  $Q_{ji}$ , т/ч вычисляют по формуле

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



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

9.2.8.3 Массовый расход нефтепродуктов через СРМ в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода  $Q_j$ , т/ч вычисляют по формуле

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

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

9.2.8.4 Массу нефтепродуктов, определенную с помощью СРМ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода  $M_{ji}$ , т вычисляют по формуле

$$M_{ji} = \frac{N_{ji}}{K_{\text{ПМ}}}, \quad (9)$$

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

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

9.2.8.5 Градуировочный коэффициент СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода  $K_M$ , г/с/мкс вычисляют по формуле

$$K_M = \frac{\sum_{i=1}^m K_{Mj}}{m}, \quad (10)$$

где  $K_{Mj}$  – среднее значение градуировочного коэффициента СРМ в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс, вычисляют по формуле

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

где  $K_{Mji}$  – значение градуировочного коэффициента СРМ для  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс, вычисляют по формуле

$$K_{Mji} = \frac{M_{\text{ПУ}ji}}{M_{ji}} \cdot K_{\text{Муст}}, \quad (12)$$

где  $K_{\text{Муст}}$  – градуировочный коэффициент, установленный в СРМ на момент проведения поверки СРМ, г/с/мкс;

$m$  – количество точек рабочего диапазона измерений массового расхода.

9.2.8.6 Коэффициент коррекции СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода  $MF$  вычисляют по формуле

$$MF = \frac{\sum_{i=1}^m MF_j}{m}, \quad (13)$$

где  $MF_j$  – среднее значение коэффициента коррекции СРМ в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, вычисляют по формуле

$$MF_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} MF_{ji}}{n_j}, \quad (14)$$

где  $MF_{ji}$  – значение коэффициента коррекции СРМ для  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, вычисляют по формуле

$$MF_{ji} = \frac{M_{\text{пущ}}}{M_{ji}} \cdot MF_{\text{уст}}, \quad (15)$$

где  $MF_{\text{уст}}$  – коэффициента коррекции, установленный в СРМ на момент проведения поверки.

9.2.8.7 Оценка среднего квадратического отклонения (СКО) результатов измерений в поверяемых точках.

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

$$S_j = \begin{cases} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{Mji} - K_{Mj})^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_{Mj}} \cdot 100 \text{ при определении } K_M \\ \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{MF_j} \cdot 100 \text{ при определении } MF \end{cases}, \quad (16)$$

Проверяют выполнение следующего условия

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

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении условия (17) выявляют наличие промахов в полученных результатах вычислений, согласно приложению Г. Выявленный промах исключают и проводят дополнительное измерение. При отсутствии промахов выясняют и устраняют причины, обуславливающие невыполнение условия (17) и повторно проводят измерения.

9.2.8.8 Границу неисключенной систематической погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений расхода  $\Theta$ , % вычисляют по формуле

$$\Theta = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_p^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{\text{ИБК}}^2 + \Theta_Z^2 + \Theta_{\text{Мт}}^2 + \Theta_{\text{МР}}^2}, \quad (18)$$

где  $\Theta_{\Sigma 0}$  – граница суммарной неисключенной систематической погрешности ТПУ (берут из свидетельства о поверке ТПУ; для ТПУ с двумя парами детекторов берут наибольшее значение), %;

$\Theta_{V0}$  – граница неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ (берут из свидетельства о поверке ТПУ; для ТПУ с двумя парами детекторов берут наибольшее значение), %;

$\Theta_t$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью СИ измерений температуры при измерениях температуры нефтепродуктов в ТПУ и ПП, %, вычисляют по формуле

$$\Theta_t = \beta_{\text{max}} \cdot \sqrt{\Delta t_{\text{ПУ}}^2 + \Delta t_{\text{ПП}}^2} \cdot 100, \quad (19)$$

где  $\beta_{\text{max}}$  – максимальное значение коэффициента объемного расширения нефтепродуктов за время поверки,  $1/^\circ\text{C}$ , вычисляют по формуле



$$\beta_{\max} = \max(\beta_{ji}), \quad (20)$$

где  $\beta_{ji}$  – коэффициент объемного расширения нефтепродуктов за время  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода,  $1/^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t_{\text{ПУ}}$  – пределы допускаемой абсолютной погрешности СИ температуры, установленных в ТПУ (берут из свидетельств о поверки СИ температуры или их описаний типа),  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t_{\text{ПП}}$  – пределы допускаемой абсолютной погрешности СИ температуры, установленного около ПП (берут из свидетельства о поверки СИ температуры или его описания типа),  $^\circ\text{C}$ ;

$\Theta_p$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ПП, %, вычисляют по формуле

$$\Theta_p = \frac{\Delta \rho_{\text{ПП}}}{\rho_{\text{ПП min}}} \cdot 100, \quad (21)$$

где  $\Delta \rho_{\text{ПП}}$  – пределы допускаемой абсолютной погрешности ПП (берут из свидетельства о поверке ПП или его описания типа),  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

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

$\Theta_A$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией градуировочной характеристики СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода СРМ, %, вычисляют по формуле

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

$\Theta_{\text{ИВК}}$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК, %, принимается равной пределам допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования СРМ ИВК (берут из свидетельства о поверке ИВК или его описания типа),  $\delta_{\text{ИВК}}$ , %;

$\Theta_z$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной нестабильностью нуля СРМ, %, вычисляют по формуле

$$\Theta_z = \begin{cases} 0 \text{ для СРМ с коррекцией стабильности нуля} \\ \frac{ZS}{Q_{\min}} \cdot 100 \text{ для СРМ без коррекции стабильности нуля} \end{cases}, \quad (23)$$

где  $ZS$  – стабильность нуля СРМ (берут из технической документации на СРМ),  $\text{т}/\text{ч}$ ;

$Q_{\min}$  – нижний предел рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ,  $\text{т}/\text{ч}$ ;

$\Theta_{\text{Mt}}$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения температуры нефтепродуктов в условиях эксплуатации СРМ от температуры нефтепродуктов при поверке, %, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\text{Mt}} = \frac{\delta_{\text{доп}} \cdot Q_{\text{ном}} \cdot \Delta t}{Q_{\min}}, \quad (24)$$

где  $\delta_{\text{доп}}$  – значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением температуры нефтепродуктов при эксплуатации СРМ от температуры нефтепродуктов при поверке (берут из описания типа или технической документации на СРМ), %/°C;

$Q_{\text{ном}}$  – номинальное значение массового расхода СРМ (берут из технической документации на СРМ), т/ч;

$\Delta t$  – максимальное отклонение температуры нефтепродуктов при эксплуатации СРМ от температуры нефтепродуктов при поверке, °C, вычисляют по формуле

$$\Delta t = \max[(t_{\text{max}} - t_{\text{п}}) \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{min}})], \quad (25)$$

где  $t_{\text{п}}$  – среднее значение температуры нефтепродуктов при поверке (допускается использовать среднее значение температуры нефтепродуктов в ТПУ), °C;

$t_{\text{min}}, t_{\text{max}}$  – нижний и верхний предел рабочего диапазона температуры нефтепродуктов при эксплуатации СРМ, °C;

$\Theta_{\text{MP}}$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения давления нефтепродуктов в условиях эксплуатации СРМ от давления нефтепродуктов при поверке, %, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\text{MP}} = \begin{cases} 0 & \text{для СРМ с коррекцией по давлению} \\ 10 \cdot \delta_{\text{Рдоп}} \cdot \Delta P & \text{для СРМ без коррекции по давлению} \end{cases}, \quad (26)$$

где  $\delta_{\text{Рдоп}}$  – значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением давления нефтепродуктов при эксплуатации СРМ от давления нефтепродуктов при поверке (берут из описания типа или технической документации на СРМ), %/0,1 МПа;

$\Delta P$  – максимальное отклонение давления нефтепродуктов при эксплуатации СРМ от давления нефтепродуктов при поверке, МПа, вычисляют по формуле

$$\Delta P = \max[(P_{\text{max}} - P_{\text{п}}) \cdot (P_{\text{п}} - P_{\text{min}})], \quad (27)$$

где  $P_{\text{п}}$  – среднее значение давления нефтепродуктов при поверке (допускается использовать среднее значение давления нефтепродуктов в ТПУ), МПа;

$P_{\text{min}}, P_{\text{max}}$  – нижний и верхний предел рабочего диапазона давления нефтепродуктов при эксплуатации СРМ, МПа.

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

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}, \quad (28)$$

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

$$\varepsilon_j = \max(\varepsilon_j), \quad (29)$$

где  $\varepsilon_j$  – граница случайной погрешности в  $j$ -й точке рабочего диапазона, %, вычисляют по формуле

$$\varepsilon_j = t_{0,95j} \cdot S_{0j}, \quad (30)$$

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



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

9.2.8.12 Границу относительной погрешности ИК массового расхода и массы нефтепродуктов в рабочем диапазоне измерений массового расхода  $\delta$ , % вычисляют по формуле

$$\delta = \begin{cases} \varepsilon & \text{если } \frac{\Theta}{S_0} < 0,8 \\ K \cdot S_{\Sigma} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta}{S_0} < 8 \\ \Theta & \text{если } \frac{\Theta}{S_0} > 8 \end{cases}, \quad (31)$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей, вычисляют по формуле

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta}{S_0 + S_{\Theta}}, \quad (32)$$

где  $S_{\Sigma}$  – суммарное СКО результата измерений, % вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_0^2}, \quad (33)$$

где  $S_{\Theta}$  – СКО суммы неисключенных систематических погрешностей, %;

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V 0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_p^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{ИВК}^2 + \Theta_Z^2 + \Theta_{Мт}^2 + \Theta_{МР}^2}{3}}, \quad (34)$$

9.2.8.13 Оценивание относительной погрешности ИК массового расхода и массы нефтепродуктов

ИК допускается к применению, если выполняются условия

$\delta \leq 0,25$  % - для рабочего СРМ

$\delta \leq 0,20$  % - для контрольно-резервного СРМ, , (35)

применяемого в качестве контрольного

Если данные условия не выполняются, то рекомендуется:

- увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений массового расхода;

- уменьшить рабочий диапазон измерений массового расхода;

- установить коррекцию СРМ по давлению (при отсутствии коррекции).

При повторном невыполнении данных условий поверку прекращают.

Примечание – Обработку результатов измерений допускается проводить по разделу 9 МИ 3151-2008 «ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые. Методика поверки на месте эксплуатации трубопоршневой поверочной установкой в комплекте с поточным преобразователем плотности»

### 9.3 Контроль относительной погрешности измерений массы нефтепродуктов

При прямом методе динамических измерений относительную погрешность измерений массы нефтепродуктов принимают равной относительной погрешности измерений массы нефтепродуктов ИК массового расхода и массы.

Относительная погрешность измерений массы нефтепродуктов не должна превышать  $\pm 0,25\%$ .

## **10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

При получении положительных результатов по разделу 9 настоящей методики поверки СИКН считают соответствующей метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, а результат поверки СИКН положительным.

### **11 Оформление результатов поверки**

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом поверки, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении А. Допускается оформлять протокол поверки в измененном виде.

При поверке СИКН в части отдельного ИК массового расхода и массы нефтепродуктов результаты поверки оформляют протоколом поверки СИКН в части соответствующего ИК.

11.2 По заявлению владельца СИКН или лица, предоставившего СИКН на поверку, в случае положительных результатах поверки выдают свидетельство о поверке СИКН в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утвержденными Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

На оборотной стороне свидетельства о поверке СИКН указывают диапазон измерений массового расхода нефтепродуктов и пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы нефтепродуктов.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке СИКН и на пломбы, установленные на контрольных проволоках, пропущенных через отверстия в шпильках, расположенных на диаметрально противоположных фланцах СРМ, и контрольной проволоке, установленной на преобразователе серии 2700.

Согласно эксплуатационных документов заносят в ИВК полученные при определении метрологических характеристик СРМ соответствующие коэффициенты.

11.3 По заявлению владельца СИКН или лица, предоставившего СИКН на поверку, в случае отрицательных результатов поверки выдают извещение о непригодности к применению.



**Приложение А  
(рекомендуемое)**

**Форма протокола поверки**

**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № \_\_\_\_\_**

Стр. \_ из \_

Наименование средства измерений: \_\_\_\_\_

Тип, модель, изготовитель: \_\_\_\_\_

Заводской номер: \_\_\_\_\_

Наименование и адрес заказчика: \_\_\_\_\_

Методика поверки: \_\_\_\_\_

Место проведения поверки: \_\_\_\_\_

Поверка выполнена с применением: \_\_\_\_\_

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ**

**1. Внешний осмотр**

соответствует/не соответствует требованиям раздела 6

**2. Опробование средства измерений**

соответствует/не соответствует требованиям подраздела 7.2

**3. Проверка программного обеспечения средства измерений**

соответствует/не соответствует требованиям раздела 8

#### 4. Определение метрологических характеристик

4.1 Проверка сведений о результатах поверки измерительных компонентов (средств измерений), входящих в состав СИКН  
соответствует/не соответствует требованиям подраздела 9.1

4.2 Определение относительной погрешности ИК массового расхода и массы нефтепродуктов № \_\_\_\_

СРМ: Датчик: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

Преобразователь: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

ТПУ: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

ПП: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

ИВК: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

Рабочая жидкость: \_\_\_\_\_

Таблица 4.2.1 – Исходные данные

| Детек-<br>торы | $V_0$ ,<br>м <sup>3</sup> | D,<br>мм | s,<br>мм | E,<br>МПа | $\alpha_t$ ,<br>1/°C | $\Theta_{\Sigma 0}$ ,<br>% | $\Theta_{V0}$ ,<br>% | $\Delta t_{ПУ}$ ,<br>°C | $\Delta t_{ПП}$ ,<br>°C | $\Delta \rho_{ПП}$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | $\delta_{ИВК}$ ,<br>% | $K_{ПМ}$ ,<br>имп/т | $K_{Муст}$ ,<br>г/с/мкс | $MF_{уст}$ | $Q_{ном}$ ,<br>т/ч | ZS,<br>т/ч | $\delta_{доп}$ ,<br>%/°C | $\delta_{Рдоп}$ ,<br>%/0,1 МПа | $t_{min}$ ,<br>°C | $t_{max}$ ,<br>°C | $P_{min}$ ,<br>МПа | $P_{max}$ ,<br>МПа |
|----------------|---------------------------|----------|----------|-----------|----------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|------------|--------------------|------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 1              | 2                         | 3        | 4        | 5         | 6                    | 7                          | 8                    | 9                       | 10                      | 11                                        | 12                    | 13                  | 14                      | 15         | 16                 | 17         | 18                       | 19                             | 20                | 21                | 22                 | 23                 |
|                |                           |          |          |           |                      |                            |                      |                         |                         |                                           |                       |                     |                         |            |                    |            |                          |                                |                   |                   |                    |                    |

Таблица 4.2.2 – Результаты измерений и вычислений

| № точ./<br>№ изм. | $Q_{ji}$ , т/ч | Детек-<br>торы | $T_{ji}$ , °C | $t_{пуji}$ , °C | $P_{пуji}$ ,<br>МПа | $\rho_{ппji}$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | $t_{ппji}$ , °C | $P_{ппji}$ ,<br>МПа | $\beta_{ji}$ , 1/°C | $N_{ji}$ , имп | $M_{пуji}$ , т | $M_{ji}$ , т | $MF_{ji} (K_{мji})$ ,<br>(г/с/мкс) |
|-------------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|---------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|--------------|------------------------------------|
| 1                 | 2              | 4              | 5             | 6               | 7                   | 8                                    | 9               | 10                  | 11                  | 12             | 13             | 14           | 15                                 |
| 1/1               |                |                |               |                 |                     |                                      |                 |                     |                     |                |                |              |                                    |
| ...               |                |                |               |                 |                     |                                      |                 |                     |                     |                |                |              |                                    |
| 1/n <sub>1</sub>  |                |                |               |                 |                     |                                      |                 |                     |                     |                |                |              |                                    |
| ...               |                |                |               |                 |                     |                                      |                 |                     |                     |                |                |              |                                    |
| m/1               |                |                |               |                 |                     |                                      |                 |                     |                     |                |                |              |                                    |
| ...               |                |                |               |                 |                     |                                      |                 |                     |                     |                |                |              |                                    |
| m/n <sub>m</sub>  |                |                |               |                 |                     |                                      |                 |                     |                     |                |                |              |                                    |



Таблица 4.2.3 – Результаты поверки в точках рабочего диапазона

| № точ. | $Q_j$ , т/ч | $MF_j (K_{Mj})$ ,<br>(г/с/мкс) | $n_j$ | $S_j$ , % | $S_{0j}$ , % | $t_{0,95j}$ | $\varepsilon_j$ , % |
|--------|-------------|--------------------------------|-------|-----------|--------------|-------------|---------------------|
| 1      | 2           | 3                              | 4     | 5         | 6            | 7           | 8                   |
| 1      |             |                                |       |           |              |             |                     |
| ...    |             |                                |       |           |              |             |                     |
| m      |             |                                |       |           |              |             |                     |

Таблица 4.2.4 – Результаты поверки в рабочем диапазоне

| $Q_{min}$ , т/ч | $Q_{max}$ ,<br>т/ч | $MF (K_M)$ ,<br>(г/с/мкс) | $S_0$ , % | $\varepsilon$ , % | $\Theta_A$ , % | $\Theta_Z$ , % | $\Theta_p$ , % | $\Theta_t$ , % | $t_{П}$ , °C | $\Theta_{Mt}$ ,<br>% | $P_{П}$ ,<br>МПа | $\Theta_{MP}$ ,<br>% | $\Theta$ , % | $\delta$ , % |
|-----------------|--------------------|---------------------------|-----------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------------|------------------|----------------------|--------------|--------------|
| 1               | 2                  | 3                         | 4         | 5                 | 6              | 7              | 8              | 9              | 10           | 11                   | 12               | 13                   | 14           | 15           |
|                 |                    |                           |           |                   |                |                |                |                |              |                      |                  |                      |              |              |

Примечание – При определении коэффициента коррекции в столбец 14 таблицы 4.2.2, столбец 3 таблицы 4.2.3 и столбец 3 таблицы 4.2.4 заносят значения коэффициента коррекции, при определении градуировочного коэффициента - значения градуировочного коэффициента, в шапки таблиц заносят соответствующие названия столбцов.

Относительная погрешность ИК массового расхода и массы не превышает  $\pm 0,25$  % ( $\pm 0,20$  %).

#### 4.3 Определение относительной погрешности измерений массы нефтепродуктов

Относительная погрешность измерений массы нефтепродуктов не превышает  $\pm 0,25$  %.

\_\_\_\_\_  
должность лица, проводившего поверку

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

Дата поверки \_\_\_\_\_

**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 и модули упругости материалов стенок калиброванного участка ТПУ в зависимости от материала приведены в таблице Б.2.

Таблица Б.2 – Коэффициенты линейного расширения и значения модуля упругости материалов стенок калиброванного участка ТПУ

| Материал стенок ТПУ                                                                                                                                          | $\alpha_t$ , $1/^\circ\text{C}$ | Е, МПа            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Сталь углеродистая                                                                                                                                           | $1,12 \cdot 10^{-5}$            | $2,07 \cdot 10^5$ |
| Сталь нержавеющая 304                                                                                                                                        | $1,73 \cdot 10^{-5}$            | $1,93 \cdot 10^5$ |
| Сталь нержавеющая 316                                                                                                                                        | $1,59 \cdot 10^{-5}$            | $1,93 \cdot 10^5$ |
| Сталь нержавеющая 17-4                                                                                                                                       | $1,08 \cdot 10^{-5}$            | $1,97 \cdot 10^5$ |
| Примечание – Если значения $\alpha_t$ и Е приведены в технической документации на ТПУ, то используют значения, приведенные в технической документации на ТПУ |                                 |                   |



## Приложение В (справочное)

### Определение коэффициентов CTL и CPL

#### В.1 Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL, учитывающего влияние температуры на объем нефтепродуктов, вычисляют по формуле

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

где  $t$  – температура нефтепродуктов, °С;

$\beta_{15}$  – коэффициент объемного расширения при температуре 15 °С, 1/°С, вычисляют по формуле

$$\beta_{15} = \frac{K_0 + K_1 \cdot \rho_{15}}{\rho_{15}^2} + K_2, \quad (B.2)$$

где  $K_0, K_1, K_2$  – коэффициенты, определяемые по таблице Г.1

$\rho_{15}$  – плотность нефтепродуктов, измеренная ПП и приведенная к стандартным условиям (температуре 15 °С и избыточному давлению 0 МПа), кг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле (B.5)

Таблица В.1 – Значения коэффициентов  $K_0, K_1, K_2$

| Наименование группы                                                                                                    | Диапазон плотности при 15 °С, кг/м <sup>3</sup> | $K_0$     | $K_1$   | $K_2$      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|---------|------------|
| Бензины                                                                                                                | $611,2 \leq \rho_{15} < 770,9$                  | 346,4228  | 0,43884 | 0,00000    |
| Топлива, занимающие по плотности промежуточное место между бензинами и керосинами                                      | $770,9 \leq \rho_{15} < 788,0$                  | 2690,7440 | 0,00000 | -0,0033762 |
| Топлива для реактивных двигателей, керосины для реактивных двигателей, авиационное реактивное топливо ДЖЕТ А, керосины | $788,0 \leq \rho_{15} < 838,7$                  | 594,5418  | 0,00000 | 0,00000    |
| Дизельные топлива, печные топлива, мазуты                                                                              | $838,7 \leq \rho_{15} < 1163,9$                 | 186,9696  | 0,4862  | 0,00000    |

#### В.2 Определение коэффициента CPL

Значение коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем нефтепродуктов, вычисляют по формуле

$$CPL = \frac{1}{(1-\gamma \cdot P)}, \quad (B.3)$$

где  $P$  – избыточное давление нефтепродуктов, МПа;

$\gamma$  – коэффициент сжимаемости нефтепродуктов при температуре  $t$ , 1/МПа, вычисляют по формуле

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

#### В.3 Определение плотности нефтепродуктов при стандартных условиях

Плотность нефтепродуктов, измеренную ПП и приведенную к стандартным условиям (температуре 15 °С и избыточному давлению 0 МПа),  $\rho_{15}$ , кг/м<sup>3</sup> вычисляют по формуле

$$\rho_{15} = \frac{\rho_{\text{изм}}^{\text{ПП}}}{\text{CTL}_p \cdot \text{CPL}_p}, \quad (\text{B.5})$$

где  $\rho_{\text{изм}}^{\text{ПП}}$  – плотность нефтепродуктов, измеренную при температуре и давлении нефтепродуктов в ПП, кг/м<sup>3</sup>;

$\text{CTL}_p$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем нефтепродуктов, значение которого вычисляют по формуле

$$\text{CTL}_p = \exp \left[ -\beta_{15} \cdot (t_p - 15) \cdot (1 + 0,8 \cdot \beta_{15} \cdot (t_p - 15)) \right], \quad (\text{B.6})$$

где  $t_p$  – температура нефтепродуктов при условиях измерений  $\rho_{\text{изм}}^{\text{ПП}}$ , °С;

$\text{CPL}_p$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние давления на объем нефтепродуктов, значение которого вычисляют по формуле

$$\text{CPL}_p = \frac{1}{(1 - \gamma_p \cdot P_p)}, \quad (\text{B.7})$$

где  $P_p$  – избыточное давление нефтепродуктов при условиях измерений  $\rho_{\text{изм}}^{\text{ПП}}$ , МПа;

$\gamma_p$  – коэффициент сжимаемости нефтепродуктов при температуре  $t_p$ , МПа<sup>-1</sup>, вычисляют по формуле

$$\gamma_p = 10^{-3} \cdot \exp \left( -1,62080 + 0,00021592 \cdot t_p + \frac{0,87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4,2092 \cdot t_p \cdot 10^3}{\rho_{15}^2} \right), \quad (\text{B.8})$$

Из формул (B.2), (B.5) – (B.8) следует, что для определения  $\text{CTL}_p$  и  $\text{CPL}_p$  необходимо знать значение плотности  $\rho_{15}$ . В свою очередь для определения плотности  $\rho_{15}$  по формуле (B.5) необходимо знать значения  $\text{CTL}_p$  и  $\text{CPL}_p$ .

Для определения значений  $\rho_{15}$ ,  $\text{CTL}_p$  и  $\text{CPL}_p$  используют метод последовательного приближения.

В формулы (B.2) и (B.8) вместо  $\rho_{15}$  подставляют значение  $\rho_{\text{изм}}^{\text{ПП}}$  и вычисляют значения  $\text{CTL}_p(1)$  и  $\text{CPL}_p(1)$ .

Вычисляют значение  $\rho_{15}(1)$ , кг/м<sup>3</sup>, по формуле

$$\rho_{15}(1) = \frac{\rho_{\text{изм}}^{\text{ПП}}}{\text{CTL}_p(1) \cdot \text{CPL}_p(1)}, \quad (\text{B.9})$$

В формулы (B.2) и (B.8) вместо  $\rho_{15}$  подставляют значение  $\rho_{15}(1)$  и вычисляют значения  $\text{CTL}_p(2)$  и  $\text{CPL}_p(2)$ .

Вычисляют значение  $\rho_{15}(2)$ , кг/м<sup>3</sup>, по формуле

$$\rho_{15}(2) = \frac{\rho_{\text{изм}}^{\text{ПП}}}{\text{CTL}_p(2) \cdot \text{CPL}_p(2)}, \quad (\text{B.10})$$

В формулы (B.2) и (B.6) вместо  $\rho_{15}$  подставляют значение  $\rho_{15}(2)$  и вычисляют значения  $\text{CTL}_p(3)$  и  $\text{CPL}_p(3)$ .

Расчет плотности  $\rho_{15}$  продолжают до выполнения условия

$$|\rho_{15(i+1)} - \rho_{15(i)}| \leq 0,01 \text{ кг/м}^3. \quad (\text{B.11})$$



**Приложение Г**  
**(справочное)**

**Методика анализа результатов измерений на наличие промахов**

Проверка результатов измерений на один промах по критерию Граббса при определении метрологических характеристик СРМ СКО результатов измерений в  $j$ -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода,  $S_{Kj}$  определяют по формуле

$$S_{Kj} = \begin{cases} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{Mji} - K_{Mj})^2}{n_j - 1}} & \text{при определении } K_M \\ \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}} & \text{при определении } MF \end{cases}, \quad (Г.1)$$

Примечание – При  $S_{Kj} \leq 0,001$  принимают  $S_{Kj} = 0,001$ .

Для каждого измерения вычисляют соотношение по формуле

$$U = \begin{cases} \max \left( \left| \frac{K_{Mji} - K_{Mj}}{S_{Kj}} \right| \right) & \text{при определении } K_M \\ \max \left( \left| \frac{MF_{ji} - MF_j}{S_{Kj}} \right| \right) & \text{при определении } MF \end{cases}. \quad (Г.2)$$

Из ряда вычисленных значений  $U$  для точки расхода выбирают максимальное значение  $U_{\max}$ , которое сравнивают с величиной  $h$ , взятой из таблицы Г.1 для объема выборки  $n_j$ .

Таблица Г.1- Критические значения для критерия Граббса

| $n_j$ | 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 |

Если  $U_{\max} \geq h$ , то подозреваемый результат исключают из выборки как промах, в противном случае результат не исключают.