

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
И.о. директора филиала
_____ А.С. Тайбинский
М.П.
«05» августа 2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений
СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
НЕФТЕПРОДУКТОВ № 1217 ЛПДС «ПРИБОЙ»

Методика поверки

МП 1460-14-2021

Начальник научно-
исследовательского отдела



Р.Р. Нурмухаметов

Тел.: (843) 299-72-00

Казань
2021

РАЗРАБОТАНА

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

ИСПОЛНИТЕЛИ

Груздев Р.Н.

СОГЛАСОВАНО

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

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на систему измерений количества и показателей качества нефтепродуктов № 1217 ЛПДС «Прибой» (далее – СИКН) и устанавливает методику первичной поверки при вводе в эксплуатацию, а также после ремонта и периодической поверки при эксплуатации.

Поверка СИКН в соответствии с настоящей методикой поверки обеспечивает передачу единицы массы от рабочего эталона 1-го или 2-го разряда в соответствии с требованиями Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта № 256 от 07 февраля 2018 г. «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости», что обеспечивает прослеживаемость к ГЭТ 3-2020 Государственному первичному эталону единицы массы - килограмма.

Поверка СИКН осуществляется косвенным методом измерений.

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

Таблица 1 – Метрологические требования

Диапазон измерений массового расхода измеряемой среды (нефтепродукта), т/ч	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы измеряемой среды (нефтепродукта), %
От 430 до 1300	$\pm 0,25$

В случае необходимости проведения периодической или внеочередной поверки измерительного компонента (средства измерений) в составе СИКН поверяют только этот измерительный компонент, при этом внеочередную поверку СИКН не проводят.

Допускается проведение поверки СИКН в части отдельного измерительного канала (ИК) в соответствии с заявлением владельца СИКН с обязательным указанием в свидетельстве о поверке СИКН в части отдельного ИК информации об объеме проведенной поверки.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	6.1
Подготовка к поверке	Да	Да	7.1
Опробование	Да	Да	7.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	9
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	10

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

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Поверку СИКН проводят на месте эксплуатации в диапазоне измерений расхода, указанном в описании типа, или в фактически обеспечиваемом диапазоне измерений расхода при поверке. Информация о фактически обеспечиваемом диапазоне измерений расхода при поверке в обязательном порядке заносится в протокол поверки СИКН. Фактический диапазон измерений расхода не может превышать диапазона измерений расхода, указанного в описании типа СИКН.

3.2 Диапазоны давления и массового расхода нефти через измерительные линии определяются типоразмером счетчика-расходомера массового Micro Motion модификации CMF 400 с преобразователями серии 2700, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта (далее – СРМ).

3.3 Диапазон расхода измеряемой среды через блок измерений показателей качества нефтепродукта (далее – БИК) должен обеспечивать равенство скоростей потока измеряемой среды в трубопроводе и на входе в пробозаборное устройство в БИК.

3.4 Изменение температуры измеряемой среды в поверочной установке, измерительных линиях, преобразователях плотности жидкости измерительных 7835 (далее – ПП) за время одного измерения не должно превышать по абсолютной величине 0,2 °С.

3.5 Содержание свободного газа не допускается.

3.6 Изменение расхода измеряемой среды от установленного значения (в точке диапазона расхода) не должно превышать по абсолютной величине 2,5 %.

3.7 Основные характеристики СИКН и измеряемой среды представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики СИКН и измеряемой среды

Наименование характеристики	Значение
Измеряемая среда	топливо дизельное ЕВРО
Диапазон измерений массового расхода измеряемой среды, т/ч	от 430 до 1300
Условия эксплуатации: - диапазон температуры окружающего воздуха, °С - температура воздуха в помещениях, где установлено оборудование, °С, не менее	от –45 до +40 +5
Диапазон температуры измеряемой среды, °С	от –6 до +40
Диапазон избыточного давления измеряемой среды, МПа	от 0,15 до 4
Вязкость кинематическая измеряемой среды, мм ² /с (сСт)	от 3 до 6
Плотность измеряемой среды, кг/м ³	от 800 до 860

3.8 При соблюдении условий раздела 3 факторы, которые могут оказать влияние на точность результатов измерений при поверке, отсутствуют.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки применяют средства поверки, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень средств поверки их метрологические и технические характеристики

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
П. 7.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне измерений температуры от минус 45 до 40 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °С	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – регистрационный №) 71394-18

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
П. 9 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 1-го или 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 № 256 с верхним пределом диапазона измерений объемного расхода измеряемой среды не менее 475 м ³ /ч и пределами допускаемой относительной погрешности измерений объема и объемного расхода $\pm 0,05$ % (рабочий эталон 1-го разряда) или $\pm 0,1$ % (рабочий эталон 2-го разряда)	Установка поверочная трубопоршневая двусторонняя OGSB (далее – ПУ) регистрационный № 62207-15
	Преобразователь плотности жидкости измерительный с диапазоном измерений плотности измеряемой среды от 800 до 860 кг/м ³ , и пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности $\pm 0,3$ кг/м ³ в составе СИКН	Преобразователь плотности жидкости измерительный 7835 (далее – ПП), регистрационный № 15644-01
	Преобразователи давления (датчики давления) с диапазоном измерений избыточного давления измеряемой среды от 0,15 до 4 МПа и пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5$ % в составе СИКН	Преобразователи давления измерительные 3051, регистрационный № 14061-15
	Преобразователи температуры (датчики температуры) с диапазоном измерений температуры измеряемой среды от минус 6 до 40 °С и пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С в составе СИКН	Датчики температуры Rosemount 3144P, регистрационный № 63889-16

Окончание таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
П. 9 Определение метрологических характеристик средства измерений	Измерительно-вычислительный комплекс (контроллер) с пределами допускаемой относительной погрешности при вычислении коэффициентов преобразования и поправочных коэффициентов преобразователей расхода $\pm 0,025\%$	Контроллер измерительный модели FloBoss S600+ (далее – ИВК), регистрационный № 38623-11
<i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i>		

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки СИКН соблюдают требования, определяемые документами:

- в области охраны труда;
- в области промышленной безопасности;
- в области пожарной безопасности;
- в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок;
- в области охраны окружающей среды.

5.2 Площадка СИКН должна содержаться в чистоте без следов нефтепродукта и должна быть оборудована первичными средствами пожаротушения согласно Правилам противопожарного режима в Российской Федерации.

5.3 Измерительные компоненты и вспомогательные устройства, применяемые при проведении поверки на месте эксплуатации, должны иметь взрывозащищенное исполнение в соответствии с требованиями ГОСТ 31610.0-2019 «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования».

5.4 Вторичную аппаратуру и щиты управления относят к действующим электроустановкам с напряжением до 1000 В, на которые распространяются Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, Правила устройства электроустановок.

5.5 Выполнение работ прекращают при обнаружении течи нефтепродукта в сварных и фланцевых соединениях оборудования СИКН.

6 Внешний осмотр средства измерений

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

- комплектность СИКН должна соответствовать ее описанию типа и эксплуатационной документации;

- на компонентах СИКН не должно быть механических повреждений, препятствующих ее применению и проведению поверки;

- надписи и обозначения на компонентах СИКН должны быть четкими и читаемыми без применения технических средств, соответствовать эксплуатационной документации.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если выполняются все вышеперечисленные требования. СИКН, непрошедшая внешний осмотр, к поверке не допускается.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Подготовка к поверке

Подготовку средств поверки и СИКН осуществляют в соответствии с их эксплуатационной документацией.

Проверяют наличие в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФ ОЕИ) наличие информации о положительных результатах поверки средств поверки, а также наличие на средствах поверки действующих знаков поверки, если это предусмотрено их описанием типа.

Для средств поверки, аттестованных в качестве эталонов, в ФИФ ОЕИ проверяют информацию об аттестации.

Подготавливают СРМ, входящие в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в соответствии с эксплуатационной документацией, устанавливают или проверяют установленные коэффициенты, в том числе:

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

Проверяют правильность монтажа средств поверки и измерительных компонентов, входящих в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта.

Условия поверки должны соответствовать условиям измерений, указанным в таблице 3

7.2 Опробование

При опробовании СИКН проверяют действие и взаимодействие компонентов в соответствии с инструкцией по эксплуатации СИКН, возможность получения отчетов следующим образом:

- проверяют наличие электропитания на компонентах СИКН и средствах поверки;
- проверяют наличие связи между первичными преобразователями, вторичной

аппаратурой и ИВК, ИВК и АРМ оператора СИКН путем визуального контроля меняющихся значений измеряемых величин на дисплее компьютера АРМ оператора;

- используя принтер компьютера АРМ оператора СИКН, распечатывают пробные протоколы поверки и отчетные документы, формируемые АРМ оператора.

Опробование СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, проводят совместно со средствами поверки.

Устанавливают массовый расход измеряемой среды в пределах рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта.

Наблюдают на дисплее ИВК значения следующих параметров:

- частоты выходного сигнала СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта;

- массового расхода измеряемой среды в СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта;

- температуры и давления измеряемой среды на входе и выходе поверочной установки;

- плотности, температуры и давления измеряемой среды в ПП.

Запускают поршень поверочной установки. При прохождении поршня через первый детектор наблюдают за началом отсчета импульсов выходного сигнала СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, при прохождении поршня через второй детектор - за окончанием отсчета импульсов.

Результаты опробования считают положительными, если измерительные компоненты СИКН исправны и работоспособны, а на дисплее ИВК отображаются значения вышеуказанных параметров. При получении отрицательных результатов опробования поверку прекращают. Выявляют и устраняют причины, вызвавшие получение отрицательного результата опробования. Повторно проводят опробование. При повторном получении отрицательных результатов опробования поверку прекращают, СИКН к эксплуатации не допускают.

7.3 Проверка герметичности

Проверку герметичности СИКН проводят согласно эксплуатационной документации на СИКН. СИКН считается выдержавшей проверку, если на элементах и измерительных компонентах СИКН отсутствуют следы протечек нефтепродукта или снижения давления.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

При проверке идентификационных данных ПО должно быть установлено соответствие идентификационных данных ПО СИКН сведениям, приведенным в описании типа на СИКН.

Определение идентификационных данных ПО ИВК проводят в соответствии с его руководством пользователя в следующей последовательности:

- включить питание ИВК, если питание было выключено;
- дождаться появления на дисплее ИВК главного меню и войти в главное меню;
- в главном меню нажатием клавиши «5» выбрать пункт «5.SYSTEM SETTINGS»;
- нажатием клавиши «7» выбрать пункт меню «7.SOFTWARE VERSION»;
- нажатием клавиш «→» («Стрелка вправо») и «←» («Стрелка влево») получить идентификационные данные ПО с дисплея:

1) «VERSION CONTROL FILE CSUM» - цифровой идентификатор ПО, отображаемый в виде SW: ZZZZ, где ZZZZ – значение цифрового идентификатора, представленного в шестнадцатеричной системе счисления;

2) «VERSION CONTROL APPLICATION SW» - номер версии (идентификационный номер) ПО.

Определение идентификационных данных ПО автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора СИКН с ПО АРМ оператора «Форвард Про» проводят в следующей последовательности:

- в основном меню, расположенном в верхней части экрана АРМ оператора, выбрать пункт меню «О программе»;
- нажать кнопку «Модули», на экране появится окно с информацией о идентификационных данных ПО.

Полученные результаты идентификации ПО СИКН (ПО ИВК и ПО АРМ оператора СИКН) должны соответствовать данным, указанным в описании типа на СИКН.

В случае, если идентификационные данные ПО СИКН не соответствуют данным, указанным в описании типа на СИКН, поверку прекращают. Выясняют и устраняют причины, вызвавшие несоответствие. После чего повторно проверяют идентификационные данные ПО СИКН.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Проводят проверку наличия действующих свидетельств о поверке и сведений о положительных результатах поверки средств измерений (измерительных компонентов), фактически установленных на СИКН, в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений и действующих знаков поверки, если нанесение знаков поверки на измерительные компоненты предусмотрено их описаниями типа: датчики температуры 3144Р (регистрационный № 39539-08), датчики температуры Rosemount 3144Р (регистрационный № 63889-16), преобразователи давления измерительные 3051 (регистрационные №№ 14061-94, 14061-04,

14061-15), преобразователи давления измерительные 2088 (регистрационный № 16825-08), датчики давления Метран-150 (регистрационный № 32854-13), датчики давления 2051С (регистрационный № 39531-08), преобразователи плотности жидкости измерительные 7835 (регистрационный № 15644-01), расходомер ультразвуковой UFM 3030 (регистрационный № 48218-11), термопреобразователей сопротивления платиновых 65 (регистрационный № 22257-01), преобразователей измерительных к датчикам температуры 244 (регистрационный № 14684-00), ИВК (регистрационный № 38623-11), показывающие средства измерений температуры и давления утвержденных типов.

9.2 Определение метрологических характеристик ИК массы и массового расхода нефтепродукта проводят в соответствии с Приложением А.

Примечания:

1 Показывающие средства измерений температуры и давления должны быть поверены в соответствии с методиками поверки, указанными Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

Результат определения метрологических характеристик считают положительным, если имеются сведения о положительных результатах поверки измерительных компонентов, фактически входящих в состав СИКН, в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений и действующие знаки поверки, а также выполняются условия (А.37) и (А.38) приложения А, или имеется свидетельство о поверке СИКН в части отдельного ИК массы и массового расхода нефтепродукта.

9.3 При получении положительных результатов поверки согласно п. 9.2 настоящей методики поверки относительная погрешность измерений массы нефтепродукта не превышает установленные пределы: $\pm 0,25$ %, и результаты определения метрологических характеристик считают положительными.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

При получении положительных результатов по п. 9, а именно:

- измерительные компоненты, входящие в состав СИКН, имеют действующие свидетельства о поверке и/или запись в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о положительных результатах поверки, а также действующие знаки поверки;
- полученное значение относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродукта с рабочим СРМ и контрольно-резервным СРМ, применяемым в качестве резервного, не превышает $\pm 0,25$ %;

- полученное значение относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродукта с контрольно-резервным СРМ, применяемым в качестве контрольного, не превышает $\pm 0,20$ %;

- значение относительной погрешности измерений массы нефтепродукта с применением СИКН не превышает установленные пределы $\pm 0,25$ %.

СИКН считают соответствующей метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, а результат поверки положительным.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки СИКН оформляют протоколом согласно Приложению Б. Допускается оформлять протокол поверки СИКН в измененном виде. Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений лицом, проводившим поверку СИКН.

11.2 При положительных результатах поверки СИКН признается пригодной к применению.

11.3 Результаты поверки оформляют в соответствии с действующим порядком проведения поверки средств измерений на территории Российской Федерации.

11.4 При оформлении свидетельства о поверке СИКН на бумажном носителе на оборотной стороне свидетельства о поверке указывают диапазон измерений расхода, пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы нефтепродукта. Знак поверки наносят на свидетельство о поверке СИКН.

11.5 В протоколе поверки СИКН приводят перечень автономных измерительных блоков (измерительных компонентов) с указанием их заводских номеров, регистрационных номеров, сведений о результатах поверки.

Согласно эксплуатационной документации устанавливают в преобразователе серии 2700 полученный коэффициент коррекции (MF).

Для исключения возможности несанкционированных настройки и вмешательства, которые могут повлиять на результат измерений, конструкцией СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, предусмотрены места установки пломб, несущих на себе оттиск клейма поверителя, который наносится методом давления на две свинцовые (пластмассовые) пломбы, установленные на контрольных проволоках, пропущенных через отверстия в шпильках, расположенных на противоположных фланцах первичного измерительного преобразователя СМФ 400 и пломбу, установленную на контрольной проволоке, охватывающей корпус преобразователя серии 2700.

В случае периодической или внеочередной поверки измерительного компонента приложенное свидетельство о поверке измерительного компонента заменяют на новое.

В случае необходимости определения метрологических характеристик отдельного ИК массы и массового расхода нефтепродукта оформляют свидетельство о поверке СИКН в части отдельного ИК массы и массового расхода нефтепродукта, при этом срок действия свидетельства о поверке СИКН в части отдельных ИК определяется интервалом между поверками СИКН.

На оборотной стороне свидетельства о поверке СИКН в части отдельного ИК массы и массового расхода нефтепродукта указывают наименование и номер ИК, диапазон измерений расхода и пределы допускаемой относительной погрешности ИК.

При отрицательных результатах поверки СИКН к эксплуатации не допускают, выдают извещение о непригодности в соответствии с действующим порядком проведения поверки средств измерений на территории Российской Федерации.

Приложение А
(обязательное)

Определение метрологических характеристик измерительного канала
массы и массового расхода нефтепродукта

Настоящее приложение устанавливает порядок определения метрологических характеристик ИК массы и массового расхода нефтепродукта.

Проверяют или устанавливают в ИВК значение максимального массового расхода и соответствующее ему значение частоты выходного сигнала СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, или коэффициент преобразования СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, $K_{\text{ПМ}}$, имп/т, соответствующий установленному значению в преобразователе СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта или вычисленный по формуле

$$K_{\text{ПМ}} = \frac{f_M \cdot 3600}{Q_M} \quad (\text{А.1})$$

где f_M - значение частоты, установленное в преобразователе СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, Гц;

Q_M – максимальное значение массового расхода, установленное в преобразователе СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, т/ч.

Вводят в память ИВК или проверяют введенные ранее данные, необходимые для обработки результатов определения относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродукта.

Проверяют отсутствие газа в измерительной линии, ПУ и ПП, а также в верхних точках трубопроводов. Для этого устанавливают массовый расход измеряемой среды в пределах рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта и открывают краны, расположенные в высших точках измерительной линии 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.

При рабочем давлении проверяют герметичность технологической линии, состоящей из СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, ПУ и ПП. При этом не допускается появление капель или утечек измеряемой среды через сальники, фланцевые, резьбовые или сварные соединения при наблюдении в течение 5 мин.

Проверяют герметичность задвижек, через которые возможны утечки измеряемой среды, влияющие на результаты измерений при определении относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродукта.

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

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

Проводят установку нуля СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, согласно технической документации.

Определение относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродукта и обработка результатов измерений соответствует алгоритму, приведенному в МИ 3189-2009 «Рекомендация. ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые Micro Motion фирмы «Emerson Process Management». Методика поверки комплектом трубопоршневой поверочной установки или компакт-прувера и поточного преобразователя плотности».

При определении относительной погрешности СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, определяют следующие метрологические характеристики (МХ):

- коэффициент коррекции СРМ, входящий в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в рабочем диапазоне измерений массового расхода;
- границу относительной погрешности СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в рабочем диапазоне измерений.

Определение МХ СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, проводят не менее чем при трех значениях массового расхода нефтепродукта из диапазона измерений массового расхода, установленного для СРМ (далее - точках расхода), включая минимальное и максимальное значение. В каждой точке расхода для рабочих СРМ, проводят не менее пяти измерений, для контрольно-резервного, применяемого в качестве контрольного СРМ, проводят не менее семи измерений. Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

Устанавливают выбранное значение массового расхода по показаниям СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта.

Проводят предварительное измерение для уточнения значения установленного массового расхода.

Запускают поршень ПУ. После прохождения поршнем второго детектора регистрируют время прохождения поршнем от одного детектора до другого, количество импульсов выходного сигнала СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, температуру, давление и плотность измеряемой среды.

Массовый расход измеряемой среды через СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, вычисляют по формуле (А.7).

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

После стабилизации массового расхода проводят необходимое количество измерений.

Запускают поршень ПУ. При прохождении поршнем первого детектора ИВК начинает отсчет импульсов выходного сигнала СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, 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 измеряемой среды на входе и выходе ПУ;
- давления измеряемой среды на входе и выходе ПУ;
- температуры измеряемой среды в ПП;
- давления измеряемой среды в ПП;
- плотности измеряемой среды 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, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, за время прохождения поршня ПУ между детекторами меньше 10000, то ИВК должен определять количество импульсов с долями импульсов.

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.

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

Результаты измерений заносят в протокол, форма которого приведена в Приложении Б.

При заполнении протокола, полученные результаты измерений и вычислений округляют в соответствии с таблицей А.1.

Таблица А.1 - Точность представления результатов измерений и вычислений

Параметр	Единица измерения	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр, не менее
Массовый расход	т/ч	1	-
Объем	м ³	-	6
Масса	т	-	6
Температура	°С	2	-
Давление	МПа	2	-
Плотность	кг/м ³	2	-
Количество импульсов	имп	-	5
Интервал времени	с	-	4
Погрешность, среднеквадратическое отклонение (СКО)	%	3	-
Коэффициент преобразования	имп/т	-	5
Коэффициент коррекции		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.

Обработка результатов измерений

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

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

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

$$K_{Pji} = 1 + 0,95 \cdot \frac{P_{пуji} \cdot D}{E \cdot S}, \quad (A.4)$$

$$t_{пуji} = \frac{t_{вхПУji} + t_{выхПУji}}{2}, \quad (A.5)$$

$$P_{пуji} = \frac{P_{вхПУji} + P_{выхПУji}}{2}, \quad (A.6)$$

где V_0 - вместимость калиброванного участка ПУ при стандартных условиях ($t = 20$ °С и избыточное давление $P = 0$ МПа), м³;

K_{tji} - коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ПУ, для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, вычисленный по формуле (А.3) для ПУ;

K_{Pji} - коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ПУ, для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

$\rho_{ппji}$ - плотность измеряемой среды за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, кг/м^3 ;

$CTL_{пуji}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в ПУ для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по Приложению В);

$CPL_{пуji}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем измеряемой среды, определенный для давления измеряемой среды в ПУ для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по Приложению В);

$CTL_{ппji}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в ПП для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по Приложению В);

$CPL_{ппji}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем измеряемой среды, определенный для давления измеряемой среды в ПП для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по Приложению В);

α_t - коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ПУ (из технической документации на ПУ или определяют по таблице Г.2 Приложения Г), $1/^\circ\text{C}$;

$t_{пуji}$ - среднее значение температуры рабочей жидкости в ПУ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, $^\circ\text{C}$;

$t_{ВхПУji}$, $t_{ВыхПУji}$ - температура измеряемой среды на входе и выходе ПУ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, $^\circ\text{C}$;

$P_{пуji}$ - среднее значение избыточного давления измеряемой среды в ПУ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, МПа;

$P_{ВхПУji}$, $P_{ВыхПУji}$ - давление измеряемой среды входе и выходе ПУ за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, МПа;

D - внутренний диаметр калиброванного участка ПУ (из технической документации на ПУ), мм;

S - толщина стенок калиброванного участка ПУ (из технической документации на ПУ), мм;

E - модуль упругости материала стенок калиброванного участка ПУ (из технической документации на ПУ или определяют по таблице Г.2 Приложения Г), МПа.

Массовый расход измеряемой среды через СРМ, входящий в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода Q_{ji} , т/ч, вычисляют по формуле

$$Q_{ji} = \frac{M_{пуji}}{T_{ji}} \cdot 3600, \quad (A.7)$$

где $M_{пуji}$ - масса измеряемой среды, определенная с помощью средств поверки за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

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

Массовый расход измеряемой среды через СРМ, входящий в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода Q_j , т/ч, вычисляют по формуле

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

где Q_{ji} - массовый расход измеряемой среды через СРМ, входящий в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т/ч;

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

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

$$Q_{\min} = \min(Q_j), \quad (A.9)$$

$$Q_{\max} = \max(Q_j), \quad (A.10)$$

где Q_j - массовый расход измеряемой среды через СРМ, входящий в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т/ч.

Массу измеряемой среды, определенную с помощью СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода M_{ji} , т, вычисляют по формуле

$$M_{ji} = \frac{N_{ji}}{K_{пм}}, \quad (A.11)$$

где N_{ji} - количество импульсов от СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, имп;

$K_{пм}$ - коэффициент преобразования СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, имп/т.

Коэффициент коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в рабочем диапазоне измерений массового расхода MF , вычисляют по формуле

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

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

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

где MF_j - среднее значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

m - количество точек рабочего диапазона измерений массового расхода;

MF_{ji} - значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

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

$M_{пуji}$ - масса измеряемой среды, определенная с помощью средств поверки за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г;

M_{ji} - масса измеряемой среды, определенная с помощью СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г;

$MF_{уст}$ - коэффициент коррекции, установленный в СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, на момент проведения определения относительной погрешности СРМ.

Оценка СКО результатов измерений в точках рабочего диапазона

СКО результатов измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода

S_j , %, вычисляют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{MF_j} \cdot 100 \quad \text{при определении MF,} \quad (\text{A.15})$$

где MF_j - среднее значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

MF_{ji} - значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

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

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \leq 0,05 \% \quad (\text{A.16})$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении условия (A.16) выявляют наличие промахов в полученных результатах вычислений согласно Приложению Д.

Выявленный промах исключают и проводят дополнительное измерение. При отсутствии промахов выясняют и устраняют причины, обуславливающие невыполнение условия (A.16) и повторно проводят измерения.

Границу неисключенной систематической погрешности СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в рабочем диапазоне измерений расхода, Θ , %, вычисляют по формулам

$$\Theta = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V_0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\rho}^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{\text{ИВК}}^2 + \Theta_Z^2 + \Theta_{Mt}^2 + \Theta_{MP}^2}, \quad (\text{A.17})$$

$$\Theta_t = \beta_{\max} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{\text{ПВ}}^2 + \Delta t_{\text{ПП}}^2}, \quad (\text{A.18})$$

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

$$\Theta_{\rho} = \frac{\Delta \rho_{\text{ПП}}}{\rho_{\text{ПП min}}} \cdot 100, \quad (\text{A.20})$$

$$\rho_{\text{ПП min}} = \min(\rho_{\text{ППji}}), \quad (\text{A.21})$$

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

$$\Theta_z = 0, \quad (\text{A.23})$$

для СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, с коррекцией стабильности нуля

$$\Theta_{\text{ИВК}} = \delta_{\text{ИВК}}, \quad (\text{A.24})$$

$$\Theta_{Mt} = \frac{\delta_{t_{\text{доп}}} \cdot Q_{\text{max}} \cdot \Delta t}{Q_{\text{min}}}, \quad (\text{A.25})$$

$$\Delta t = \max[(t_{\text{max}} - t_{\text{п}}), (t_{\text{п}} - t_{\text{min}})], \quad (\text{A.26})$$

$$\Theta_{MP} = 10 \cdot \delta_{P_{\text{доп}}} \cdot \Delta P, \quad (\text{A.27})$$

$$\Delta P = \max[(P_{\text{max}} - P_{\text{п}}), (P_{\text{п}} - P_{\text{min}})], \quad (\text{A.28})$$

$$\Theta_{MP} = 0, \quad (\text{A.29})$$

для СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, с коррекцией по давлению,

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

Θ_{Vo} - граница неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ПУ (из свидетельства о поверке ПУ; для ПУ с двумя парами детекторов берут наибольшее значение), %;

Θ_t - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры измеряемой среды в ПУ и ПП, %;

Θ_p - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ПП, %;

Θ_A - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией градуировочной характеристики СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в рабочем диапазоне измерений массового расхода СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, %;

$\Theta_{\text{ИВК}}$ - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК, %;

$\delta_{\text{ИВК}}$ - предел допустимой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, ИВК (из свидетельства о поверке ИВК), %;

Θ_Z - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной нестабильностью нуля СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта ($\Theta_Z = 0$ при применении преобразователя серии 2700), %;

Θ_{M_i} - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения температуры измеряемой среды в условиях эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, от температуры измеряемой среды при определении относительной погрешности, %;

Θ_{MP} - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения давления измеряемой среды в условиях эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, от давления измеряемой среды при определении относительной погрешности, %;

β_{max} - максимальное значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды за время относительной погрешности, $1/^\circ\text{C}$;

β_{ji} - коэффициент объемного расширения измеряемой среды для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (определяют по Р 50.2.076-2010 «ГСИ. Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программы и таблицы приведения»), $1/^\circ\text{C}$;

$\Delta t_{пу}$ - предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры, установленных в ПУ (из свидетельства о поверке преобразователя температуры), $^\circ\text{C}$;

$\Delta t_{пп}$ - предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленного около ПП (из свидетельства о поверке преобразователя температуры), $^\circ\text{C}$;

$\Delta \rho_{пп}$ - предел допускаемой абсолютной погрешности ПП (из свидетельства о поверке ПП), кг/м^3 ;

$\rho_{ппmin}$ - минимальное значение плотности измеряемой среды за время поверки, кг/м^3 ;

$\rho_{ппji}$ - плотность измеряемой среды за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, кг/м^3 ;

Q_{min} - нижний предел рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, т/ч ;

$\delta_{дон}$ - значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением температуры измеряемой среды при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, от температуры измеряемой среды при определении относительной погрешности (из описания типа или технической документации на СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта), $\%/^\circ\text{C}$;

$Q_{ном}$ - номинальное значение массового расхода СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта (из технической документации на СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта), т/ч ;

Δt - максимальное отклонение температуры измеряемой среды при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, от температуры измеряемой среды, при определении относительной погрешности, °С;

t_{Π} - среднее значение температуры измеряемой среды при определении относительной погрешности (допускается использовать среднее значение температуры измеряемой среды в ПУ), °С;

$t_{\min}, t_{\max}$ - нижний и верхний предел рабочего диапазона температуры измеряемой среды при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, °С;

$\delta_{P\partial on}$ - значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением давления измеряемой среды при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, от давления измеряемой среды при определении относительной погрешности (из описания типа или технической документации на СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта), %/0,1 МПа;

ΔP - максимальное отклонение давления измеряемой среды при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, от давления измеряемой среды при определении относительной погрешности, МПа;

$P_{\min}, P_{\max}$ - нижний и верхний предел рабочего диапазона давлений измеряемой среды при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, МПа;

P_{Π} - среднее значение давления измеряемой среды при определении относительной погрешности (допускается использовать среднее значение давления измеряемой среды в ПУ), МПа.

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

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

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

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

Границу случайной погрешности СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в рабочем диапазоне измерений массового расхода при доверительной вероятности $P = 0,95$ ε, %, вычисляют по формулам

$$\varepsilon = \max(\varepsilon_j), \quad (A.31)$$

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

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

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

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 ε_j).

Границу относительной погрешности СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в рабочем диапазоне измерений массового расхода δ , %, определяют по формулам

$$\delta = \begin{cases} K \cdot S_{\Sigma} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta}{S_0} \leq 8 \\ \Theta & \text{если } \frac{\Theta}{S_0} > 8 \end{cases} \quad (\text{A.33})$$

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta}{S_0 + S_{\Theta}}, \quad (\text{A.34})$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_0^2}, \quad (\text{A.35})$$

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V 0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\rho}^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{\text{ИВК}}^2 + \Theta_Z^2 + \Theta_{Mt}^2 + \Theta_{MP}^2}{3}}, \quad (\text{A.36})$$

где ε - граница случайной погрешности СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %;

Θ - граница неисключенной систематической погрешности СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %;

K - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

S_{Σ} - суммарное СКО результата измерений, %;

S_{Θ} - СКО суммы неисключенных систематических погрешностей, %;

S_0 - СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %.

Оценивание границы относительной погрешности

Для ИК массы и массового расхода нефтепродукта с рабочим СРМ и контрольно-резервным СРМ, применяемым в качестве резервного должно выполняться условие

$$\delta \leq 0,25 \% \quad (A.37)$$

При выполнении условия (A.37) СРМ, входящий в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, допускается к применению в качестве рабочего и контрольно-резервного, применяемого в качестве резервного.

Для ИК массы и массового расхода нефтепродукта с контрольно-резервным СРМ, применяемым в качестве контрольного, должно выполняться условие

$$\delta \leq 0,20 \% \quad (A.38)$$

При выполнении условия (A.38) СРМ, входящий в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, допускается к применению в качестве контрольно-резервного, применяемого в качестве контрольного.

Если условия (A.37) и (A.38) не выполняются, то рекомендуется:

- увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений массового расхода;
- уменьшить рабочий диапазон измерений массового расхода;
- установить коррекцию СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, по давлению (при отсутствии коррекции).

При повторном невыполнении данных условий, определения относительной погрешности ИК массового расхода прекращают.

Приложение Б
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки СИКН

Стр. _ из _

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____

Наименование средства измерений: _____
Тип, модель, изготовитель: _____
Заводской номер: _____
Наименование и адрес заказчика: _____
Методика поверки: _____
Место проведения поверки: _____
Поверка выполнена с применением: _____
Условия проведения поверки: _____
Температура окружающего воздуха: _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

Измеряемая среда: _____
Количество измерительных линий: _____
Диапазон измерений массового расхода
измеряемой среды: _____

1 Внешний осмотр: _____
(соответствует/не соответствует)

2 Подготовка к поверке: _____
(соответствует/не соответствует)

3 Опробование: _____
(соответствует/не соответствует)

4 Проверка герметичности: _____
(соответствует/не соответствует)

5 Подтверждение соответствия программного обеспечения: _____
(соответствует/не соответствует)

6 Определение метрологических характеристик средства измерений:

(соответствует/не соответствует)

Таблица 6 - Перечень автономных измерительных блоков (измерительных компонентов)

Наименование	Заводской номер	Регистрационный номер	Сведения о результатах поверки

6.1 Определение метрологических характеристик измерительных каналов массы и массового расхода нефтепродукта (ИК)

ИК: Первичный
измерительный
преобразователь: Тип _____ Зав. № _____

Преобразователь: Тип _____ Зав. № _____

Вторичная часть:

ИВК в комплекте с барьером искробезопасности.

Таблица 6.1 - Исходные данные

Детекторы	$V_0, \text{м}^3$	$D, \text{мм}$	$S, \text{мм}$	$E, \text{МПа}$	$\alpha_{t1}, 1/^\circ\text{C}$	$\Theta_{\Sigma 0}, \%$	$\Theta_{V0}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8

$\Delta t_{пу}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{пп}, ^\circ\text{C}$	$\Delta \rho_{пп}, \text{кг/м}^3$	$\delta_{ивк}, \%$	$K_{ГМ}, \text{имп/т}$	$K_{муст}, \text{г/с/мкс}$	$MF_{уст}$	$Q_{ном}, \text{т/ч}$
9	10	11	12	13	14	15	16

$ZS, \text{т/ч}$	$\delta_{удоп}, \%/^\circ\text{C}$	$\delta_{Рдоп}, \%/0,1 \text{ МПа}$	$t_{min}, ^\circ\text{C}$	$t_{max}, ^\circ\text{C}$	$P_{min}, \text{МПа}$	$P_{max}, \text{МПа}$
17	18	19	20	21	22	23

Таблица 6.2 - Результаты измерений и вычислений

№ точ./№ изм.	$Q_{ji}, \text{т/ч}$	Детекторы	$T_{ji}, \text{с}$	$t_{пуji}, ^\circ\text{C}$	$P_{пуji}, \text{МПа}$	$\rho_{ппji}, \text{кг/м}$	$t_{ппji}, ^\circ\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1/1							
...	...	...	...	...	...	...	...
1/n ₁							
...	...	...	...	...	...	...	...
m/1							
...	...	...	...	...	...	...	...
m/n _m							

№ точ./№ изм.	$P_{ппji}$, МПа	β_{ji} , 1/°C	N_{ji} , имп	$M_{пуji}$, Т	M_{ji} , Т	$MF_{ji} (K_{Mji})$, (г/с/мкс)
1	9	10	11	12	13	14
1/1						
...	...	...	...	...	...	...
1/ n_1						
...	...	...	...	...	...	...
$m/1$						
...	...	...	...	...	...	...
m/n_m						

Таблица 6.3 - Результаты вычислений в точках рабочего диапазона

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

Таблица 6.4 - Результаты вычислений в рабочем диапазоне

Q_{min} , т/ч	Q_{max} , т/ч	$MF (K_M)$, (г/с/мкс)	S_0 , %	ε , %	Θ_A , %	Θ_Z , %	Θ_p , %
1	2	3	4	5	6	7	8

Θ_t , %	$t_{п}$, °C	Θ_{Mt} , %	$P_{п}$, МПа	Θ_{MP} , %	Θ , %	δ , %
9	10	11	12	13	14	15

Значение относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродукта (с контрольно-резервным/рабочим СРМ): _____
(соответствует/не соответствует)

Значение относительной погрешности измерений
массы нефтепродукта СИКН: _____
(соответствует/не соответствует)

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

Дата проведения поверки «___» _____ 20__ г.

Приложение В
(обязательное)
Определение коэффициентов CTL и CPL

В.1 Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL, учитывающего влияние температуры на объем нефтепродукта для диапазона плотности нефтепродукта (при $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 0\text{ МПа}$) определяют по формулам

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

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

$$\Delta t = t - 15, \quad (\text{В.3})$$

где ρ_{15} - значение плотности нефтепродукта при $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 0\text{ МПа}$, кг/м^3 ;

t - значение температуры нефтепродукта, $^{\circ}\text{C}$;

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

K_0, K_1 - коэффициенты выбираются из таблицы В.1.

Таблица В.1 - Значения коэффициентов K_0 и K_1 в зависимости от типа нефтепродукта

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

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

В.2 Определение коэффициента CPL

Значение коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем нефтепродукта для диапазона плотности нефтепродукта (при $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 0\text{ МПа}$) определяют по формулам

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

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

где ρ_{15} - значение плотности нефтепродукта при $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 0\text{ МПа}$, кг/м^3 ;

t - значение температуры нефтепродукта, $^{\circ}\text{C}$;

P - значение избыточного давления нефтепродукта, МПа;

10 - коэффициент перевода единиц измерения давления МПа в бар.

В.3 Определение плотности нефтепродукта при стандартных условиях

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

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

где $\rho_{\text{ПП}}$ - значение плотности нефтепродукта в ПП, кг/м^3 ;

$CTL_{\text{ПП}}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем нефтепродукта, опре-

деленный для $t_{пп}$ и ρ_{15} ;

$CPL_{пп}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем нефтепродукта, определенный для $t_{пп}$, $P_{пп}$ и ρ_{15} .

Для определения ρ_{15} необходимо определить значения $CTL_{пп}$ и $CPL_{пп}$, а для определения $CTL_{пп}$ и $CPL_{пп}$, в свою очередь, необходимо определить значение плотности при стандартных условиях ρ_{15} . Поэтому значение ρ_{15} определяют методом последовательного приближения.

1) Определяют значения $CTL_{пп(1)}$ и $CPL_{пп(1)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{пп}$.

2) Определяют значения $\rho_{15(1)}$, кг/м³:

$$\rho_{15(1)} = \frac{\rho_{пп}}{CTL_{пп(1)} \cdot CPL_{пп(1)}}, \quad (B.7)$$

3) Определяют значения $CTL_{пп(2)}$ и $CPL_{пп(2)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{15(1)}$.

4) Определяют значение $\rho_{15(2)}$, кг/м³:

$$\rho_{15(2)} = \frac{\rho_{пп}}{CTL_{пп(2)} \cdot CPL_{пп(2)}}, \quad (B.8)$$

5) Аналогично пунктам (3) и (4), определяют значения $CTL_{пп(i)}$ и $CPL_{пп(i)}$ и $\rho_{15(i)}$ для i -го цикла вычислений и проверяют выполнение условия:

$$|\rho_{15(i)} - \rho_{15(i-1)}| \leq 0,01 \text{ кг/м}^3 \quad (B.9)$$

где $\rho_{15(1)}$, $\rho_{15(i-1)}$ - значения ρ_{15} , определенные, соответственно, за последний и предпоследний цикл вычислений, кг/м³.

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

Приложение Г
(справочное)
Справочные материалы

Г.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 Г.1.

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

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

Г.2 Коэффициенты расширения и модули упругости

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

Таблица Г.2 - Коэффициенты линейного расширения, квадратичные коэффициенты расширения и модули упругости материалов

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

Приложение Д
(обязательное)

Методика анализа результатов измерений на наличие промахов

Проверка результатов измерений на один промах по критерию Граббса при определении метрологических характеристик СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, СКО результатов измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, S_{kj} определяют по формуле

$$S_{kj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}} \quad \text{при определении } MF, \quad (\text{Д.1})$$

где MF_j - среднее значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

MF_{ji} - значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

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

Примечание - При $S_{kj} < 0,001$ принимаем $S_{kj} = 0,001$.

Наиболее выделяющееся соотношение U :

$$U = \max \left(\left| \frac{MF_{ji} - MF_j}{S_{kj}} \right| \right) \quad \text{при определении } MF, \quad (\text{Д.2})$$

где MF_j - среднее значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

MF_{ji} - значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродукта, для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

S_{kj} - СКО результатов измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода.

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

Таблица Д.1 - Критические значения для критерия Граббса

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