

СОГЛАСОВАНО

Директор ОП ГНМЦ
АО «Нефтеавтоматика»




М.С. Немиров
« 06 » 04 2021 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Система измерений количества и показателей качества нефти СИКН

№2063 ЦПСН «Просвет» ТПП «РИТЭК-Самара-Нафта»

Методика поверки

НА.ГНМЦ.0572-21 МП

РАЗРАБОТАНА

Обособленным подразделением Головной научный
метрологический центр АО «Нефтеавтоматика» в
г. Казань
(ОП ГНМЦ АО «Нефтеавтоматика»)

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Давыдова Е.Н.,
Стеряков О.В.

1 Общие положения

Настоящая инструкция распространяется на систему измерений количества и показателей качества нефти СИКН №2063 ЦПСН «Просвет» ТПП «РИТЭК-Самара-Нафта» (далее по тексту – СИКН) и устанавливает методику ее первичной и периодической поверки.

Поверку СИКН проводят в диапазоне измерений, указанном в описании типа СИКН, или фактически обеспечиваемым при поверке диапазоне измерений с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведения поверки.

Фактический диапазон измерений не может превышать диапазона измерений, указанного в описании типа СИКН.

Интервал между поверками СИКН: один год.

Метрологические характеристики СИКН подтверждаются расчетно-экспериментальным методом в соответствии с разделом 9 настоящей методики поверки.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы массового расхода жидкости, в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 г. № 256, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному специальному эталону ГЭТ 63-2017.

Реализован метод непосредственного сравнения результата измерения поверяемого средства измерений со значением, определенного эталоном.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют следующие операции, приведенные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование операции	Номер раздела документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	6	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений	9	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да

2.2 Поверку СИКН прекращают при получении отрицательных результатов при проведении той или иной операции.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки соблюдают условия в соответствии с требованиями нормативных документов (НД) на поверку СИ, входящих в состав СИКН.

3.2 При проведении поверки в условиях эксплуатации СИКН, характеристики измеряемой среды и СИКН должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование характеристики	Значение
Измеряемая среда	нефть товарная
Характеристики измеряемой среды:	
- плотность, кг/м ³	от 780 до 970
- давление, МПа	от 0,23 до 0,70
- температура, °С	от +5 до +40
- массовая доля воды, %, не более	0,5
- массовая доля механических примесей, %, не более	0,05
- массовая концентрация хлористых солей, мг/дм ³ , не более	300
- массовая доля парафина, %, не более	6
- массовая доля сероводорода, млн ⁻¹ (ppm), не более	100
- массовая доля метил- и этил-меркаптанов в сумме, млн ⁻¹ (ppm), не более	100
- содержание свободного газа, %, не более	отсутствует
Условия эксплуатации:	
- температура окружающей среды, °С	от -30 до +36
- относительная влажность, %, не более	80
- атмосферное давление, кПа	от 86 до 106

3.3 При проведении определения относительной погрешности (ОП) ИК массы и массового расхода нефти (далее по тексту – ИКМ) соблюдают следующие условия:

3.3.1 Определение ОП ИКМ проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами измерительных линий (ИЛ).

3.3.2 Отклонение массового расхода рабочей жидкости от установленного значения в процессе определения ОП ИКМ не должно превышать 2,5 %.

3.3.3 Изменение температуры рабочей жидкости в ПП и на входе и выходе ТПУ за время измерения не должно превышать 0,2°С.

3.3.4 Температура, влажность окружающей среды и физико-химические показатели рабочей жидкости соответствуют условиям эксплуатации СИКН.

3.3.5 Диапазоны рабочего давления и массового расхода определяются типоразмером счетчика расходомера массового (СРМ) и технологическими требованиями.

3.3.6 Объемная доля воды в нефти не более 10 %.

3.3.7 Содержание свободного газа не допускается.

3.3.8 Регулирование массового расхода проводят при помощи регуляторов расхода, расположенных на выходе ИЛ или на выходе ТПУ. Допускается вместо регуляторов расхода использовать запорную арматуру.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 Основные и вспомогательные средства поверки приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Перечень основных и вспомогательных средств поверки

Номер пункта на методику поверки	Наименование и тип основных и вспомогательных средств поверки; обозначение нормативного документа и МХ средства поверки	Пример возможного средства поверки
9.2	Рабочий эталон 1-го разряда (установки трубопоршневые) (далее по тексту – ТПУ) в соответствии с ГПС (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 г. № 256, с пределами допускаемой относительной погрешности не более $\pm 0,05\%$	Установка трубопоршневая Сапфир МН
9.2	Преобразователь плотности поточный (далее по тексту – ПП) с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3 \text{ кг/м}^3$	Преобразователь плотности жидкости измерительный модели 7835
9.2	Преобразователи избыточного давления с унифицированным выходным сигналом с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5\%$	Преобразователи давления измерительные 3051
9.2	Термопреобразователи сопротивления с унифицированным выходным сигналом с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2^\circ\text{C}$	Датчики температуры Rosemount 644
9.2	Манометр с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,6\%$	Манометр для точных измерений типа МТИ
9.2	Термометр ртутный стеклянный с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2^\circ\text{C}$	Термометры ртутные стеклянные лабораторные ТЛ-4
9.2	Комплекс измерительно-вычислительный с пределами допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования СРМ $\pm 0,05\%$	Комплекс измерительно-вычислительный ИМЦ-03

4.2 Используемые средства поверки должны иметь действующие сведения о поверке (с положительными результатами) в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ФИФОЕИ).

4.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение МХ поверяемой СИКН с требуемой точностью.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки соблюдают требования, определяемые: в области охраны труда и промышленной безопасности:

– «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020г. № 534;

– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ;

в области пожарной безопасности:

– СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;

– «Правила противопожарного режима в Российской Федерации», утверждены постановлением Правительства РФ от 16.09.2020 г. № 1479;

– Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 г. № 533;

в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок:

– «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020г. № 903н;

– ПУЭ «Правила устройства электроустановок»;

в области охраны окружающей среды:

– Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и других законодательных актов по охране окружающей среды, действующих на территории РФ.

5.2 Наибольшее давление рабочей жидкости при поверке не должно превышать значения, указанного в эксплуатационной документации на оборудование и применяемые средства измерений (СИ). Использование элементов монтажа или шлангов, не прошедших гидравлические испытания, запрещается.

5.3 На трубопроводах, заполненных рабочей жидкостью, применяют приборы взрывозащищенного исполнения, на которых нанесены четкие надписи и маркировка, подтверждающие безопасность их применения.

5.4 К средствам поверки и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы и площадки, соответствующие требованиям безопасности.

5.5 Освещенность в СИКН соответствует санитарным нормам согласно СНИП П-4-79.

5.6 Управление оборудованием и средствами поверки производят лица, прошедшие обучение и проверку знаний требований безопасности и допущенные к обслуживанию СИКН.

5.7 При появлении течи рабочей жидкости, загазованности и других ситуаций, нарушающих процесс поверки, поверка должна быть прекращена.

6 Внешний осмотр средства измерений

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

- комплектность СИКН должна соответствовать технической документации;
- на компонентах СИКН не должно быть механических повреждений и дефектов покрытия, ухудшающих внешний вид и препятствующих применению;
- надписи и обозначения на компонентах СИКН должны быть четкими и соответствующими технической документации.

6.2 Для исключения возможности несанкционированного вмешательства, которое может влиять на показания СИ, входящих в состав СИКН, должна быть обеспечена возможность пломбирования в соответствии с описаниями типа СИ либо в соответствии с МИ 3002-2006 (при отсутствии информации о пломбировании в описании типа СИ).

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Подготовка к поверке СИКН проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации СИКН и НД на поверку СИ, входящих в состав СИКН.

Перед проведением поверки СИКН выполняют следующее:

- проверяют наличие действующих сведений о поверке (с положительным результатом) в ФИФОЕИ на все средства поверки;
- проверяют правильность монтажа средств поверки и СРМ;
- подготавливают средства поверки согласно указаниям технической документации.

7.2 Перед проведением ОП ИКМ выполняют следующее:

7.2.1 Подготавливают преобразователь 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.

7.2.2 Проверяют или устанавливают в ИВК значение массового расхода и соответствующее ему значение частоты выходного сигнала СРМ или коэффициент преобразования СРМ $K_{ПМ}$, имп/т, соответствующий установленному значению в преобразователе СРМ или вычисленный по формуле

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

где f_M - значение частоты, установленное в преобразователе СРМ, Гц;
 Q_M - значение массового расхода, установленное в преобразователе СРМ, т/ч.

7.2.3 Вводят в память ИВК или проверяют введенные ранее данные, необходимые для обработки результатов определения ОП ИКМ.

7.2.4 Проверяют отсутствие газа в ИЛ, ТПУ и ПП, а также в верхних точках трубопроводов. Для этого устанавливают массовый расход рабочей жидкости 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 рабочей жидкости без газовых пузырьков.

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

7.2.6 Проверяют герметичность задвижек, через которые возможны утечки рабочей жидкости, влияющие на результаты измерений при определении ОП ИКМ.

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

7.2.8 Проверяют стабильность температуры рабочей жидкости. Для этого запускают поршень ТПУ и регистрируют температуру в ПП, на входе и выходе ТПУ. Температуру рабочей жидкости 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).

7.2.9 Проводят установку нуля СРМ согласно технической документации.

7.3 При опробовании проверяют работоспособность СИКН в соответствии с инструкцией по эксплуатации путем просмотра отображения измеренных СИ

значений на экране АРМ оператора и формирования отчета СИКН (двухчасового или сменного).

7.3.1 Результаты опробования считают положительными, если на экране АРМ оператора отображаются измеренные СИ значения, отчет (двухчасовой или сменный) формируется и отсутствуют аварийные сообщения о работе СИКН.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1 Проверка идентификационных данных ПО комплексов измерительно-вычислительных ИМЦ-03 (далее по тексту – ИВК).

Чтобы определить идентификационные данные ПО ИВК необходимо в экранной форме «Основное меню» с помощью клавиатуры выбрать пункт «Просмотр 2» и нажать клавишу Enter на клавиатуре. В появившейся экранной форме «Просмотр 2» с помощью клавиатуры выбрать пункт «Версия программы» и нажать клавишу Enter на клавиатуре. На экране в виде текста отобразятся идентификационные данные метрологически значимой части ПО ИВК.

Отображенные идентификационные данные ПО ИВК заносят в таблицу А.1 протокола поверки (Приложение А).

8.2 Проверка идентификационных данных ПО автоматизированного рабочего места оператора на базе комплекса программного обеспечения «ФОРВАРД PRO» (далее – АРМ оператора).

Чтобы определить идентификационные данные АРМ оператора необходимо выполнить следующие действия: в верхней строчке основной мнемосхемы монитора АРМ оператора нажать «О программе»; в появившемся окне «О программе...» нажать «Модули», после чего появится окно с идентификационными данными АРМ оператора.

Отображенные идентификационные данные ПО АРМ оператора заносят в таблицу А.2 протокола поверки (Приложение А).

8.3 Если идентификационные данные, полученные в ходе выполнения п. 8.1 и п. 8.2 идентичны указанным в описании типа СИКН, то делают вывод о подтверждении соответствия ПО СИКН, зафиксированному во время проведения испытаний в целях утверждения типа СИКН, в противном случае результаты поверки признают отрицательными.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Проверка результатов поверки СИ, входящих в состав СИКН.

Проверяют наличие действующих сведений о поверке у СИ, входящих в состав СИКН, поверка которых проводится в соответствии с методиками поверки, установленными при утверждении типа данных СИ, кроме счетчиков-расходомеров массовых Micro Motion модели CMF (регистрационный № в ФИФОЕИ 13425-06) и счетчиков-расходомеров массовых Micro Motion модификации CMF (регистрационный № в ФИФОЕИ 45115-10).

Сведения результатов проверки заносят в таблицу А.3 Приложения А методики поверки СИКН.

Если очередной срок поверки СИ из состава СИКН наступает до очередного срока поверки СИКН, поверяется только эти СИ, при этом поверку СИКН не проводят.

9.2 Определение относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефти.

9.2.1 Определение ОП ИКМ проводят комплектным способом с применением ТПУ.

При определении ОП ИКМ выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (п.п. 9.2.2);
- опробование (п.п. 9.2.3);
- определение МХ (п. 9.2.4);
- обработка результатов измерений (п. 9.2.5).

9.2.2 Внешний осмотр.

При внешнем осмотре устанавливают соответствие СРМ 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.

9.2.3 Опробование.

9.2.3.1 Опробование СРМ проводят совместно со средствами поверки.

9.2.3.2 Устанавливают массовый расход рабочей жидкости в пределах рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ.

9.2.3.3 Наблюдают на дисплее ИВК значения следующих параметров:

- частоты выходного сигнала СРМ;
- массового расхода рабочей жидкости в СРМ;
- температуры и давления рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ;
- плотности, температуры и давления рабочей жидкости в ПП.

9.2.3.4 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.

9.2.4 Определение МХ ИК массы и массового расхода нефти.

9.2.4.1 При определении ОП ИКМ 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 СРМ в рабочем диапазоне измерений.

9.2.4.2 Определение МХ СРМ проводят не менее чем при трёх значениях массового расхода рабочей жидкости 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 контрольных СРМ проводят не менее семи измерений. Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

9.2.4.3 Устанавливают выбранное значение массового расхода по показаниям СРМ.

9.2.4.4 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 рабочей жидкости.

Массовый расход рабочей жидкости через СРМ вычисляют по формуле (7).

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

9.2.4.5 После стабилизации массового расхода в соответствии с 3.3.2 проводят необходимое количество измерений.

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

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

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

9.2.4.7 Результаты измерений заносят в протокол. Форма протокола поверки приведена в приложении Б.

При заполнении протокола полученные результаты измерений и вычислений округляют в соответствии с таблицей 4.

Т а б л и ц а 4 – Точность представления результатов измерений и вычислений

Параметр	Единица измерения	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр
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	2	
Погрешность, СКО	%	3	
Коэффициент преобразования	имп/т		5
Коэффициент коррекции		5	
Градуировочный коэффициент	г/с/мкс		5
Коэффициент объемного	1/°С	6	

П р и м е ч а н и е – если количество цифр в целой части числа больше рекомендованного количества значащих цифр, то число округляют до целого.

9.2.5 Обработка результатов измерений

9.2.5.1 Массу рабочей жидкости, определенную с помощью средств поверки за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода $M_{пуji}$, t , вычисляют по формуле

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

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

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

$$t_{пуji} = \frac{t_{Вхпуji} + t_{Выхпуji}}{2}, \quad (5)$$

$$P_{пуji} = \frac{P_{Вхпуji} + P_{Выхпуji}}{2}, \quad (6)$$

- где V_0 - вместимость калиброванного участка ТПУ при стандартных условиях ($t = 20^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа), м^3 ;
- K_{tji} - коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ТПУ, для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;
- K_{Pji} - коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ТПУ, для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;
- $\rho_{ппji}$ - плотность рабочей жидкости за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, $\text{кг}/\text{м}^3$;
- $CTL_{пуji}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для температуры рабочей жидкости в ТПУ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению В);
- $CPL_{пуji}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для давления рабочей жидкости в ТПУ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению В);
- $CTL_{ппji}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для температуры рабочей жидкости в ПП для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению В);
- $CPL_{ппji}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для давления рабочей жидкости в ПП для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по приложению В);
- α_t - коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ТПУ (берут из технической документации на ТПУ или определяют по таблице Д.2 приложения Д), $1/^\circ\text{C}$;

- $t_{пуji}$ - среднее значение температуры рабочей жидкости в ТПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, °С;
- $t_{вхпуji}$,
 $t_{выхпуji}$ - температура рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, °С;
- $P_{пуji}$ - среднее значение избыточного давления рабочей жидкости в ТПУ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, МПа;
- $P_{вхпуji}$,
 $P_{выхпуji}$ - давление рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ за время i -го измерения в j -ой 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 Д.2 приложения Д), МПа.

Вычисление массы рабочей жидкости допускается проводить согласно алгоритму, реализованному в ИВК, прошедшем испытания в целях утверждения типа.

9.2.5.2 Массовый расход рабочей жидкости через СРМ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода Q_{ji} , т/ч, вычисляют по формуле

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

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

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

9.2.5.3 Массовый расход рабочей жидкости через СРМ в j -ой 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 Q_{ji} - массовый расход рабочей жидкости через СРМ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т/ч;

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

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

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

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

где Q_j - массовый расход рабочей жидкости через СРМ в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т/ч.

9.2.5.5 Массу рабочей жидкости, определенную с помощью СРМ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода M_{ji} , т, вычисляют по формуле

$$M_{ji} = \frac{N_{ji}}{K_{ПМ}}, \quad (11)$$

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

$K_{ПМ}$ - коэффициент преобразования СРМ, имп/т.

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

$$K_M = \frac{\sum_{j=1}^m K_{Mj}}{m}, \quad (12)$$

$$K_{Mj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} K_{Mji}}{n_j} \quad (13)$$

$$K_{Mji} = \frac{M_{ПУji}}{M_{ji}} \cdot K_{Муст} \quad (14)$$

где K_{Mj} - среднее значение градуировочного коэффициента СРМ в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;

m - количество точек рабочего диапазона измерений массового расхода;

K_{Mji} - значение градуировочного коэффициента СРМ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;

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

$M_{ПУji}$ - масса рабочей жидкости, определенная с помощью средств поверки за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

M_{ji} - масса рабочей жидкости, определенная с помощью СРМ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

$K_{Муст}$ - градуировочный коэффициент, установленный в СРМ на момент проведения поверки СРМ, г/с/мкс.

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

$$MF = \frac{\sum_{j=1}^m MF_j}{m}, \quad (15)$$

$$MF_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} MF_{ji}}{n_j}, \quad (16)$$

$$MF_{ji} = \frac{M_{ПУji}}{M_{ji}} \cdot MF_{уст}, \quad (17)$$

где MF_j - среднее значение коэффициента коррекции СРМ в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;

- m - количество точек рабочего диапазона измерений массового расхода;
- MF_{ji} - значение коэффициента коррекции СРМ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;
- n_j - количество измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;
- $M_{ПУji}$ - масса рабочей жидкости, определенная с помощью средств поверки за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;
- M_{ji} - масса рабочей жидкости, определенная с помощью СРМ за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;
- $MF_{уст}$ - коэффициент коррекции, установленный в СРМ на момент проведения поверки СРМ.

9.2.5.8 Оценка СКО результатов измерений в поверяемых точках.

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

$$S_j = \begin{cases} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{Mji} - K_{Mj})^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_{Mj}} \cdot 100 & \text{при определении } K_M \\ \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{MF_j} \cdot 100 & \text{при определении } MF \end{cases} \quad (18)$$

- где K_{Mj} - среднее значение градуировочного коэффициента СРМ в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;
- K_{Mji} - значение градуировочного коэффициента СРМ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, г/с/мкс;
- MF_j - среднее значение коэффициента коррекции СРМ в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;
- MF_{ji} - значение коэффициента коррекции СРМ для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода;
- n_j - количество измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода.

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \leq 0,05\%. \quad (19)$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении условия (19) 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 (19) и повторно проводят измерения.

9.2.5.9 Границу неисключенной систематической погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений расхода Θ , %, вычисляют по формулам

$$Q = 1,1 \cdot \sqrt{Q_{\Sigma_0}^2 + Q_{V_0}^2 + Q_t^2 + Q_p^2 + Q_A^2 + Q_{ИВК}^2 + Q_Z^2 + Q_{Mt}^2 + Q_{MP}^2}, \quad (20)$$

$$Q_t = \beta_{max} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{ПУ}^2 + \Delta t_{ПП}^2}, \quad (21)$$

$$\beta_{max} = \max(\beta_{ji}), \quad (22)$$

$$Q_{\rho} = \frac{\Delta\rho_{\text{ПП}}}{\rho_{\text{ППmin}}} \cdot 100, \quad (23)$$

$$\rho_{\text{ППmin}} = \min(\rho_{\text{ППji}}), \quad (24)$$

$$Q_A = \begin{cases} \max\left(\left|\frac{K_{Mj} - K_M}{K_M}\right| \cdot 100\right), & \text{при определении } K_M \\ \max\left(\left|\frac{MF_j - MF}{MF}\right| \cdot 100\right), & \text{при определении } MF \end{cases} \quad (25)$$

$$Q_Z = \begin{cases} 0, & \text{для СРМ с коррекцией стабильности нуля} \\ \frac{ZS}{Q_{\text{min}}} \cdot 100, & \text{для СРМ без коррекции стабильности нуля} \end{cases} \quad (26)$$

$$Q_{\text{ИВК}} = \delta_{\text{ИВК}}, \quad (27)$$

$$Q_{Mt} = \frac{\delta_{t\text{доп}} \cdot Q_{\text{ном}} \cdot \Delta t}{Q_{\text{min}}}, \quad (28)$$

$$\Delta t = \max[(t_{\text{max}} - t_{\text{П}}), (t_{\text{П}} - t_{\text{min}})], \quad (29)$$

$$Q_{MP} = \begin{cases} 0, & \text{для СРМ с коррекцией по давлению} \\ 100 \cdot \delta_{P\text{доп}} \cdot \Delta P, & \text{для СРМ без коррекции по давлению} \end{cases} \quad (30)$$

$$\Delta P = \max[(P_{\text{max}} - P_{\text{П}}), (P_{\text{П}} - P_{\text{min}})], \quad (31)$$

- где $Q_{\Sigma 0}$ - граница суммарной неисключенной систематической погрешности ТПУ (берут из свидетельства о поверке ТПУ; для ТПУ с двумя парами детекторов берут наибольшее значение), %;
- Q_{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), %;
- Q_t - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры рабочей жидкости в ТПУ и ПП, %;
- Q_{ρ} - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ПП, %;
- Q_A - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией градуировочной характеристики СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода СРМ, %;
- $Q_{\text{ИВК}}$ - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК, %;
- $\delta_{\text{ИВК}}$ - предел допустимой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования СРМ ИВК (берут из свидетельства о поверке ИВК), %;
- Q_Z - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной нестабильностью нуля СРМ, %;
- Q_{Mt} - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения температуры рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при поверке, %;
- Q_{MP} - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения давления рабочей жидкости в условиях эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при поверке, %;

β_{\max}	- максимальное значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости за время поверки, $1/^\circ\text{C}$;
β_{ji}	- коэффициент объемного расширения рабочей жидкости для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (определяют по МИ 2632), $1/^\circ\text{C}$;
$\Delta t_{\text{ТПУ}}$	- предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры, установленных в ТПУ (берут из свидетельства о поверке преобразователя температуры), $^\circ\text{C}$;
$\Delta t_{\text{ПП}}$	- предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленного около ПП (берут из свидетельства о поверке преобразователя температуры), $^\circ\text{C}$;
$\Delta \rho_{\text{ПП}}$	- предел допускаемой абсолютной погрешности ПП (берут из свидетельства о поверке преобразователя плотности), $\text{кг}/\text{м}^3$;
$\rho_{\text{ППmin}}$	- минимальное значение плотности рабочей жидкости за время поверки, $\text{кг}/\text{м}^3$;
$\rho_{\text{ПП}ji}$	- плотность рабочей жидкости за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, $\text{кг}/\text{м}^3$;
ZS	- стабильность нуля СРМ (берут из технической документации на СРМ), т/ч;
Q_{min}	- нижний предел рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ, т/ч;
$\delta_{\text{доп}}$	- значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением температуры рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при поверке (берут из описания типа или технической документации на СРМ), $\%/^\circ\text{C}$;
$Q_{\text{ном}}$	- номинальное значение массового расхода СРМ (берут из технической документации на СРМ), т/ч;
Δt	- максимальное отклонение температуры рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от температуры рабочей жидкости при поверке, $^\circ\text{C}$;
$t_{\text{П}}$	- среднее значение температуры рабочей жидкости при поверке (допускается использовать среднее значение температуры рабочей жидкости в ТПУ), $^\circ\text{C}$;
$t_{\text{min}},$ t_{max}	- нижний и верхний предел рабочего диапазона температур рабочей жидкости при эксплуатации СРМ, $^\circ\text{C}$;
$\delta_{\text{Рдоп}}$	- значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением давления рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при поверке (берут из описания типа или технической документации на СРМ), $\%/0,1 \text{ МПа}$;
ΔP	- максимальное отклонение давления рабочей жидкости при эксплуатации СРМ от давления рабочей жидкости при поверке, МПа;
$P_{\text{min}},$ P_{max}	- нижний и верхний предел рабочего диапазона давлений рабочей жидкости при эксплуатации СРМ, МПа;
$P_{\text{П}}$	- среднее значение давления рабочей жидкости при поверке (допускается использовать среднее значение давления рабочей жидкости в ТПУ), МПа.

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

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}} \quad (32)$$

- где S_j - СКО результатов измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода, %;
 n_j - количество измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода.

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

$$\varepsilon = \max(\varepsilon_i), \quad (33)$$

$$\varepsilon_i = t_{0,95j} \cdot S_{0j}, \quad (34)$$

- где ε_j - граница случайной погрешности в j -ой точке рабочего диапазона, %;
 $t_{0,95j}$ - квантиль распределения Стьюдента для количества измерений n_j в j -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода (определяют по таблице Д.1 приложения Д).

9.2.5.12 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 .

9.2.5.13 Границу относительной погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода δ , %, определяют по формулам

$$\delta = \begin{cases} \varepsilon & \text{если } \frac{Q}{S_0} < 0,8 \\ K \cdot S_{\Sigma} & \text{если } 0,8 \leq \frac{Q}{S_0} \leq 8 \\ Q & \text{если } \frac{Q}{S_0} > 8 \end{cases} \quad (35)$$

$$K = \frac{\varepsilon + Q}{S_0 + S_Q}, \quad (36)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_0^2 + S_Q^2}, \quad (37)$$

$$S_Q = \sqrt{\frac{Q_{\Sigma 0}^2 + Q_{V_0}^2 + Q_t^2 + Q_p^2 + Q_A^2 + Q_{ИВК}^2 + Q_z^2 + Q_{M_t}^2 + Q_{MP}^2}{3}}, \quad (38)$$

- где ε - граница случайной погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %;
 Q - граница неисключенной систематической погрешности СРМ в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %;
 K - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;
 S_{Σ} - суммарное СКО результата измерений, %;
 S_Q - СКО суммы неисключенных систематических погрешностей, %;
 S_0 - СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %.

9.2.6 Результаты поверки по п. 9.2 считаются положительными, если значения относительных погрешностей:

- для СРМ, используемого в качестве контрольного

$$\delta \leq 0,20\%, \quad (39)$$

- для СРМ, используемого в качестве рабочего

$$\delta \leq 0,25\%.$$
 (40)

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 определение ОП ИКМ прекращают.

9.3 Определение относительной погрешности измерений массы брутто нефти.

Относительную погрешность измерений массы брутто нефти δM , %, при применении прямого метода динамических измерений в соответствии с ГОСТ 8.587-2019 «ГСИ. Масса нефти и нефтепродуктов. Методики (методы) измерений» принимают равной максимальному значению относительной погрешности измерений СРМ, входящих в состав СИКН.

Относительная погрешность СРМ в диапазоне расходов на рабочей измерительной линии (ИЛ) не должна превышать $\pm 0,25$ %, относительная погрешность СРМ в диапазоне расходов на контрольно-резервной ИЛ не должна превышать $\pm 0,20$ %.

Значения относительной погрешности измерений массы брутто нефти не должны превышать $\pm 0,25$ %.

9.4 Определение относительной погрешности измерений массы нетто нефти.

Относительную погрешность измерений массы нетто нефти δM_n , %, вычисляют по формуле

$$\delta M_n = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\delta M)^2 + \frac{(\Delta W_B)^2 + (\Delta W_{МП})^2 + (\Delta W_{XC})^2}{\left(1 - \frac{W_B + W_{МП} + W_{XC}}{100}\right)^2}}. \quad (41)$$

где δM - относительная погрешность измерений массы брутто нефти, принимают равной максимальному из значений относительной погрешности измерений массы СРМ всех ИЛ, %;

ΔW_B - абсолютная погрешность измерений массовой доли воды в нефти, вычисленная по формуле (43), %;

$\Delta W_{МП}$ - абсолютная погрешность измерений массовой доли механических примесей в нефти, вычисленная по формуле (43), %;

ΔW_{XC} - абсолютная погрешность измерений массовой доли хлористых солей в нефти, вычисленная по формуле (43), %;

W_B - массовая доля воды в нефти, %, принимают равной значению, указанному в паспорте качества нефти, сформированном во время проведения поверки;

$W_{МП}$ - массовая доля механических примесей в нефти, %, принимают равной значению, указанному в паспорте качества нефти, сформированном во время проведения поверки;

W_{XC} - массовая доля хлористых солей в нефти, %, вычисляемая по формуле

$$W_{XC} = 0,1 \cdot \frac{\varphi_{XC}}{\rho}, \quad (42)$$

где φ_{XC} - массовая концентрация хлористых солей в нефти, мг/дм³, принимают равной значению, указанному в паспорте качества нефти, сформированном во время проведения поверки;

ρ - плотность нефти, приведенная к условиям измерений массовой концентрации хлористых солей, кг/м³.

Для доверительной вероятности $P = 0,95$ и двух измерений соответствующего показателя качества нефти абсолютную погрешность измерений Δ , %, в лаборатории массовой доли воды, механических примесей, массовой концентрации хлористых солей вычисляют по формуле

$$\Delta = \pm \frac{\sqrt{R^2 - 0,5 \cdot r^2}}{\sqrt{2}}, \quad (43)$$

где R и r - воспроизводимость и сходимость (повторяемость) метода определения соответствующего показателя качества нефти, значения которых приведены в ГОСТ 2477-2014, ГОСТ 6370-83, ГОСТ 21534-76.

Воспроизводимость метода определения массовой концентрации хлористых солей по ГОСТ 21534-76 принимают равной удвоенному значению сходимости (повторяемости) r , % массы. Значение сходимости (повторяемости) $r_{\text{хс}}$, выраженное по ГОСТ 21534-76 в мг/дм³, переводят в массовые доли, %, по формуле

$$r = 0,1 \cdot \frac{r_{\text{хс}}}{\rho}, \quad (44)$$

где $r_{\text{хс}}$ - сходимость (повторяемость) метода по ГОСТ 21534-76, мг/дм³.

Значения относительной погрешности измерений массы нетто нефти не должны превышать $\pm 0,35$ %.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Относительная погрешность ИКМ в диапазоне расходов на рабочей ИЛ не должна превышать $\pm 0,25$ %, относительная погрешность ИКМ в диапазоне расходов на контрольно-резервной ИЛ не должна превышать $\pm 0,20$ %.

10.2 Значения относительной погрешности измерений массы брутто нефти не должны превышать $\pm 0,25$ %.

10.3 Значения относительной погрешности измерений массы нетто нефти не должны превышать $\pm 0,35$ %.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом по форме, приведенной в приложении А.

11.2 Сведения о результатах поверки СИКН направляют в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с документом «Порядок проведения поверки средств измерений», утвержденным приказом Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020 г.

11.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца СИКН оформляется свидетельство о поверке. На оборотной стороне свидетельства о поверке СИКН указывают:

- наименование измеряемой среды;
- значения относительной погрешности измерений массы брутто нефти и массы нетто нефти.

На свидетельство о поверке СИКН наносится знак поверки.

11.4 При отрицательных результатах поверки СИКН к эксплуатации не допускают и выписывают извещение о непригодности к применению.

Приложение А
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ № _____

поверки системы измерений количества и показателей качества нефти СИКН
№2063 ЦПСН «Просвет» ТПП «РИТЭК-Самара-Нафта»
номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства
измерений _____

Диапазон измерений: _____

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений:

- массы брутто нефти, %, не более _____

- массы нетто нефти, %, не более _____

Заводской номер: _____

Принадлежит: _____ ИНН: _____

Место проведения поверки: _____

Поверка выполнена с применением эталонов:
_____ регистрационный № _____

Методика поверки: _____

Условия проведения поверки: _____

Результаты поверки:

1. Внешний осмотр (раздел 6 МП) _____
(соответствует/не соответствует)

2. Опробование (раздел 7 МП) _____
(соответствует/не соответствует)

3. Подтверждение соответствия ПО (раздел 8 МП)

Таблица А.1 - Идентификационные данные ПО ИВК

Идентификационные данные	Значение, полученное во время поверки	Значение, указанное в описании типа
Идентификационное наименование ПО		
Номер версии (идентификационный номер ПО)		
Цифровой идентификатор ПО		
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора		

Таблица А.2 - Идентификационные данные ПО АРМ оператора

Идентификационные данные	Значение, полученное во время поверки	Значение, указанное в описании типа
Идентификационное наименование ПО		
Номер версии (идентификационный номер ПО)		
Цифровой идентификатор ПО		
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора		

4. Проверка сведений о поверке СИ, входящих в состав СИКН (п. 9.1 МП)

Таблица А.3 - Сведения о поверке СИ, входящих в состав СИКН

Средство измерения	Регистрационный №	Заводской №	Сведения о поверке

5 Определение относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефти (п. 9.2 МП)

6 Определение относительной погрешности измерений массы брутто нефти (п. 9.3 МП)

7 Определение относительной погрешности измерений массы нетто нефти (п. 9.4 МП)

Заключение: система измерений количества и показателей качества нефти СИКН №2063 ЦПСН «Просвет» ТПП «РИТЭК-Самара-Нафта» признана _____ пригодной/не пригодной к дальнейшей эксплуатации

Должность лица проводившего поверку: _____ (подпись) _____ (инициалы, фамилия)

Дата поверки: « _____ » _____ 20__ г.

Приложение Б
(рекомендуемое)

**Форма протокола определения относительной погрешности ИК массы и
массового расхода нефти с помощью ТПУ и ПП**

ПРОТОКОЛ № _____

определения относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефти

Место проведения определения МХ: _____

СРМ: датчик: _____, тип _____, зав. № _____
преобразователь _____, тип _____, зав. № _____

ТПУ: тип _____, зав. № _____

ПП: тип _____, зав. № _____

ИВК: тип _____, зав. № _____

Рабочая жидкость _____

Т а б л и ц а Б.1 – Исходные данные

Детекторы	$V_0, \text{м}^3$	$D, \text{мм}$	$s, \text{мм}$	$E, \text{МПа}$	$\alpha_t, \text{°C}^{-1}$	$Q_{\Sigma 0}, \%$	$Q_{V0}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8

Продолжение таблицы Б.1

$\Delta t_{\text{ТПУ}}, \text{°C}$	$\Delta t_{\text{ПП}}, \text{°C}$	$\Delta \rho_{\text{ПП}}, \text{кг/м}^3$	$\delta_{\text{ИВК}}, \%$	$K_{\text{ПМ}}, \text{имп/т}$	$K_{\text{Муст}}, \text{г/с/мкс}$	$MF_{\text{уст}}$	$Q_{\text{ном}}, \text{т/ч}$
9	10	11	12	13	14	15	16

Окончание таблицы Б.1

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

Т а б л и ц а Б.2 – Результаты единичных измерений и вычислений

№ точ / № изм.	$Q_{ji}, \text{т/ч}$	детекторы	$T_{ji}, \text{с}$	$t_{\text{ТПУ}ji}, \text{°C}$	$P_{\text{ТПУ}ji}, \text{МПа}$	$\rho_{\text{ПП}ji}, \text{кг/м}^3$	$t_{\text{ПП}ji}, \text{°C}$	$P_{\text{ПП}ji}, \text{МПа}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/1								
...								
1/ n_1								
...								
$m/1$								
...								
m/n_m								

Окончание таблицы Б.2

№ точ. / № изм.	$\beta_{ji}, 1/^\circ\text{C}$	N_{ji} , имп	$M_{пуji}$, т	M_{ji} , т	MF_{ji} (K_{Mji}), (г/с/мкс)
1	10	11	12	13	14
1/1					
...					
1/ n_1					
...					
m/1					
...					
m/ n_m					

Т а б л и ц а Б.3 – Результаты поверки 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							

Т а б л и ц а Б.4 – Результаты поверки в рабочем диапазоне

Q_{\min} , т/ч	Q_{\max} , т/ч	MF (K_M), (г/с/мкс)	S_0 , %	ϵ , %	Q_A , %	Q_Z , %	Q_p , %
1	2	3	4	5	6	7	8

Окончание таблицы Б.4

Q_t , %	$t_{п}$, $^\circ\text{C}$	Q_{Mt} , %	$P_{п}$, МПа	Q_{MP} , %	Q , %	δ , %
9	10	11	12	13	14	15

Заключение: СРМ к дальнейшей эксплуатации _____ в качестве _____
(годен, не годен)

_____ рабочего и контрольного, или контрольного, или рабочего

Должностное лицо, проводившее ОП ИКМ:

_____ (подпись)

_____ (инициалы, фамилия)

Дата проведения ОП ИКМ « ____ » _____ 20 ____ г.

П р и м е ч а н и е - при определении коэффициента коррекции в столбец 14 таблицы 2, столбец 3 таблицы 3 и столбец 3 таблицы 4 заносят значения коэффициента коррекции, при определении градуировочного коэффициента - значения градуировочного коэффициента, в шапки таблиц заносят соответствующие названия столбцов.

Приложение В
(справочное)
Определение коэффициентов CTL и CPL.

В.1 Определение коэффициента CTL.

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

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

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

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

где ρ_{15} - значение плотности рабочей жидкости при $t = 15$ °С и $P = 0$ МПа, кг/м³;

t - значение температуры рабочей жидкости, °С;

α_{15} - значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости при $t = 15$ °С и $P = 0$ МПа, 1/°С;

K_0, K_1 - коэффициенты выбираются из таблицы Е.8.1.

Т а б л и ц а В.1 - Значения коэффициентов K_0 и K_1 в зависимости от типа рабочей жидкости

Тип рабочей жидкости	ρ_{15} , кг/м ³	K_0	K_1
Нефть	611 - 1164	613,97226	0,00000
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 рабочей жидкости, а в зависимости от значения ρ_{15} .

В.2 Определение коэффициента CPL.

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

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

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

где P - значение избыточного давления рабочей жидкости, МПа;

10 - коэффициент перевода единиц измерения давления МПа в бар.

В.3 Определение коэффициента β .

Значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости β , 1/°С

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

где α_{15} - значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости при 15 °С, 1/°С;

t - значение температуры рабочей жидкости, при которой определяется коэффициент объемного расширения рабочей жидкости, °С.

В.4 Определение плотности ρ_{15} .

Значение плотности рабочей жидкости при $t = 15$ °С и $P = 0$ МПа ρ_{15} , кг/м³, определяют по формуле

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

- где $\rho_{пп}$ - значение плотности рабочей жидкости в ПП, кг/м³;
 $СТЛ_{пп}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для $t_{пп}$ и ρ_{15} ;
 $CPL_{пп}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для $t_{пп}$, $\rho_{пп}$ и ρ_{15} .

Для определения ρ_{15} необходимо определить значения $СТЛ_{пп}$ и $CPL_{пп}$, а для определения $СТЛ_{пп}$ 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 $СТЛ_{пп(1)}$ и $CPL_{пп(1)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{пп}$.

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

$$\rho_{15(1)} = \frac{\rho_{пп}}{СТЛ_{пп(1)} \cdot CPL_{пп(1)}}. \quad (B.8)$$

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

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

$$\rho_{15(2)} = \frac{\rho_{пп}}{СТЛ_{пп(2)} \cdot CPL_{пп(2)}}. \quad (B.9)$$

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

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

где $\rho_{15(i)}$, - значения ρ_{15} определенные, соответственно, за последний и $\rho_{15(i-1)}$ 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)**

Методика анализа результатов измерений на наличие промахов.

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

СКО результатов измерений в j-ой точке рабочего диапазона измерений расхода $S_{jk(i)}$ определяют по формуле

$$S_{jk(i)} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_j} (K_{jk(i)} - K_{jk(j)})^2}{n_j - 1}}, \quad (\text{Г.1})$$

где $K_{jk(i)}$ - значение коэффициента преобразования в j-ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м^3 ;

$K_{jk(i)}$ - значение коэффициента преобразования для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м^3 ;

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

Примечание - При $S_{jk(i)} < 0,001$ принимаем $S_{jk(i)} = 0,001$.

Наиболее выделяющееся соотношение U

$$U = \max \left(\left| \frac{K_{jk(i)} - K_{jk(j)}}{S_{jk(i)}} \right| \right), \quad (\text{Г.2})$$

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

Таблица Г - Критические значения для критерия Граббса

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

Приложение Д Справочные материалы

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

Т а б л и ц а Д.1 - Значения квантиля распределения Стьюдента $t_{(P,n)}$ при $P = 0,95$

n - 1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$t_{(P,n)}$	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,203	2,179	2,162	2,145	2,132	2,120	2,110

Продолжение таблицы Д.1

n - 1	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$t_{(P,n)}$	2,101	2,093	2,086	2,08	2,07	2,07	2,06	2,06	2,06	2,05	2,05	2,05	2,04

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

Т а б л и ц а Д.2 - Значения коэффициента $Z_{(P)}$ при $P = 0,95$

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

Д.3 Коэффициент линейного расширения и значение модуля упругости материала стенок ТПУ определяют из таблицы Д.3.

Т а б л и ц а Д.3 - Коэффициенты линейного расширения и значения модуля упругости материала стенок ТПУ

Материал стенок ТПУ	$a_t, \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	E, МПа
1	2	3
Сталь углеродистая	$11,2 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^5$
Сталь нержавеющая 304	$1,73 \times 10^{-5}$	$1,93 \times 10^5$
Сталь нержавеющая 316	$1,59 \times 10^{-5}$	$1,93 \times 10^5$
Сталь нержавеющая 17-4	$1,08 \times 10^{-5}$	$1,97 \times 10^5$

П р и м е ч а н и е - Если значения a_t и E приведены в паспорте ТПУ, то в расчетах используют паспортные значения.