

**СОГЛАСОВАНО**

**Директор ОП ГНМЦ  
АО «Нефтеавтоматика»**

  
**M.V. Крайнов**

  
**«05.10.2023 г.**



**Государственная система обеспечения единства измерений**

**Система измерений количества и показателей качества нефти**

**№ 268 ПСП «Ножовка»**

**Методика поверки**

**НА.ГНМЦ.0766-23 МП**

**г. Казань  
2023 г.**

**РАЗРАБОТАНА**

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

**ИСПОЛНИТЕЛИ:**

Стеряков О.В.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящий документ распространяется на систему измерений количества и показателей качества нефти № 268 ПСП «Ножовка» (далее – СИКН) и устанавливает методику первичной поверки при вводе в эксплуатацию, а также после ремонта и периодической поверки при эксплуатации.

1.2 Метрологические характеристики (МХ) СИКН подтверждаются расчетно-экспериментальным методом в соответствии с разделом 9 настоящего документа.

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы массового расхода жидкости, в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному специальному эталону ГЭТ 63-2019.

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

Таблица 1

Диапазон измерений массового расхода, т/ч	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы нефти, %	
от 60 до 200	±0,25 (брутто)	±0,35 (нетто)

1.5 Поверку СИКН проводят в диапазоне измерений, указанном в описании типа СИКН, или фактически обеспечивающимся при поверке диапазоне измерений, с обязательной передачей сведений об объеме проведенной поверки в ФИФ ОЕИ. Фактический диапазон измерений не может превышать диапазона измерений, указанного в описании типа СИКН.

1.6 Допускается проведение поверки СИКН в части отдельных автономных блоков (АБ).

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	6
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	7
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	8

## Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9

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 определения МХ расходомеров массовых Promass (далее – РМ) соблюдают следующие условия:

3.1.1 Определение МХ РМ проводят в комплекте: сенсор совместно с первичным электронным преобразователем (ПЭП).

3.1.2 Определение МХ РМ проводят в рабочем диапазоне расхода (далее по тексту – рабочий диапазон). Рабочий диапазон для РМ определяет владелец СИКН и оформляет в виде справки произвольной формы перед каждым определением МХ. Справку, согласованную принимающей (сдающей) стороной, владелец представляет представителю сервисной организации и поверителю.

3.1.3 ТПУ допускается устанавливать как до РМ по потоку рабочей жидкости, так и после него.

3.1.4 Изменение температуры рабочей жидкости за время одного измерения не должно превышать 0,2°C.

Время одного измерения: время одного прохождения шаровым поршнем калиброванного участка ТПУ.

3.1.5 Изменение расхода рабочей жидкости в процессе поверки от установленного значения (в точке расхода) не должно превышать 2,5 %.

3.1.6 Содержания свободного газа в рабочей жидкости не допускают.

3.1.7 Избыточное давление рабочей жидкости в конце технологической схемы поверки рекомендуется устанавливать не менее 0,3 МПа.

3.1.8 Требуемую величину расхода устанавливают с помощью регулятора расхода, установленного в конце технологической схемы поверки по потоку рабочей жидкости.

3.2 Условия определения МХ контроллеров измерительных FloBoss S600+ (далее – ИВК):

- температура окружающего воздуха, °C от плюс 18 до плюс 28;
  - относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
  - атмосферное давление, кПа от 84 до 106.

3.3 При проведении поверки характеристики измеряемой среды и условия эксплуатации должны соответствовать описанию типа СИКН.

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

4.1 Основные и вспомогательные средства поверки приведены в таблице 3.

Таблица 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 2-го разряда (установки трубопоршневые) (далее по тексту – ТПУ) в соответствии с ГПС (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356, с пределами допускаемой относительной погрешности не более $\pm 0,1\%$	установка поверочная трубопоршневая двунаправленная фирмы "FMC Technologies"
9.2	преобразователь плотности поточный (далее по тексту – ПП) с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3 \text{ кг}/\text{м}^3$	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 Cerabar M (PMP) модели PMP51
9.2	термопреобразователи сопротивления с унифицированным выходным сигналом с абсолютной погрешности $\pm 0,2^\circ\text{C}$	датчики температуры TMT142R
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 (ИВК) с пределами допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования РМ $\pm 0,05\%$	контроллер измерительный FloBoss S600+
9.3	рабочий эталон 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений силы постоянного электрического тока, утвержденной приказом Росстандарта от 1.10.2018г. № 2091 в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А, с относительной погрешностью $1,6 \cdot 10^{-2} \div 2 \cdot 10^{-3}$ , с допускаемой относительной погрешностью от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-2}$	калибратор давления DPI

Номер пункта на методику поверки	Наименование и тип основных и вспомогательных средств поверки; обозначение нормативного документа и МХ средства поверки	Пример возможного средства поверки
9.3	Внешние токосъемные резисторы со следующими характеристиками: - номинальное сопротивление: 250 Ом; - отклонение от номинального сопротивления, не более 0,03%; - номинальная мощность, не менее 0,125 Вт	преобразователи измерительные постоянного тока ПТН-Е2Н
9.4 и 9.5	рабочий эталон 4 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерения времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 31.07.2018г. № 1621	генератор сигналов специальной формы АКИП-3409/2А

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 При использовании передвижной ТПУ для её технологической обвязки с СИКН, используют оборудование, имеющее соответствующие разрешительные документы на его применение и свидетельство о гидроиспытаниях с действующим сроком.

5.3 СИ и электрооборудование, установленные на технологической части СИКН и на ТПУ, имеют взрывозащищенное исполнение и обеспечивают уровень взрывозащиты, соответствующий классу зоны В-1а, вид взрывозащиты - по категории взрывоопасной смеси соответствует группе Т3 по ГОСТ Р 51330.0 (МЭК 60079-0).

5.4 К средствам поверки, установленным на технологической части и требующим обслуживания при поверке, обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы, площадки и переходы, соответствующие требованиям безопасности.

5.5 Управление средствам поверки выполняют лица, прошедшие соответствующее обучение и допущенные к эксплуатации перечисленного оборудования на основании проверки знаний.

5.6 К проведению поверки допускают лиц, аттестованных в качестве поверителя, изучивших эксплуатационную документацию на средства поверки, настоящую инструкцию, и прошедших инструктаж по технике безопасности.

5.7 При появлении течи рабочей жидкости, загазованности и других ситуаций, препятствующих нормальному ходу работ, поверку прекращают.

## 6 Внешний осмотр

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 Проверяется пломбирование СИ, входящих в состав СИКН, исключающее возможность несанкционированного вмешательства, которое может влиять на показания СИ и СИКН.

## 7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Подготовку СИКН к поверке проводят в соответствии с эксплуатационной документацией.

7.1.1 При опробовании проверяют работоспособность СИКН в соответствии с инструкцией по эксплуатации путем просмотра отображения измеренных СИ значений на экране автоматизированного рабочего места оператора (далее по тексту – АРМ оператора) и формирования отчета СИКН (двухчасового или сменного).

7.1.2 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.

7.2 Перед проведением определения МХ РМ выполняют следующее:

7.2.1 При первичном определении характеристик РМ после ремонта, после замены сенсора или ПЭП, используя соответствующие коммуникатор или ПО, проводят конфигурирование ПЭП и сенсора в соответствии с инструкцией по эксплуатации на ПЭП.

7.2.2 Последовательно к РМ подключают ТПУ и подготавливают технологическую схему к гидравлическим испытаниям и проверке на герметичность.

7.2.3 Включают в работу поточный ПП.

7.2.4 Технологические переключения по 7.2.2 и 7.2.3 проводят с соблюдением требований «Инструкции по эксплуатации СИКН».

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

7.2.6 Устанавливают любое значение расхода в пределах рабочего диапазона, в технологической схеме определения МХ РМ создают максимальное рабочее давление, которое может быть при определении МХ РМ. СИКН считают испытанной на герметичность, если в течение 10 минут после создания давления не наблюдается течи рабочей жидкости через фланцевые соединения, через сальники технологических задвижек (шаровых кранов), дренажных и воздушных вентилей (кранов).

7.2.7 Проверяют отсутствие протечек рабочей жидкости через запорные органы задвижек (шаровых кранов), дренажных и воздушных вентилей (кранов) при их закрытом положении. В случае отсутствия возможности проверки герметичности запорных органов задвижек, вентилей (кранов) или при установлении наличия протечек, во фланцевые соединения устанавливают металлические заглушки («блины»).

7.2.8 Проводят проверку герметичности (отсутствия протечек рабочей жидкости) узла переключения направления потока рабочей жидкости (крана-манипулятора) согласно эксплуатационной документации ТПУ.

7.2.9 Устанавливают (монтируют) остальные средства поверки и проводят необходимые электрические соединения, проверяют правильность соединений.

7.2.10 Проверяют отсутствие воздуха (газа) в технологической схеме. При любом значении расхода (в рабочем диапазоне) проводят несколько пусков шарового поршня ТПУ. Открывая воздушные вентили, установленные на ТПУ, на верхних точках технологической схемы, в БИК, проверяют наличие воздуха (газа), при необходимости воздух (газ) выпускают.

7.2.11 Контролируют стабилизацию температуры рабочей жидкости в технологической схеме, для чего при любом расходе проводят несколько последовательных пусков шарового поршня ТПУ. Температуру считают стабильной, если за один проход поршня изменение температуры не превышает 0,2 °С.

7.2.12 Подготавливают средства поверки к проведению работ согласно инструкциям по их эксплуатации.

7.2.13 При первичном определении МХ РМ (при вводе РМ в эксплуатацию) или при применении отдельного контроллера-вычислителя в качестве средства поверки (дополнительно к ИВК) проводят операции по 7.2.13.1 - 7.2.13.3.

7.2.13.1 Выполняют конфигурирование импульсного выхода ПЭП РМ: используя коммуникатор или соответствующее ПО в память ПЭП вводят максимальное значение диапазона расхода, установленного заводом-изготовителем для РМ  $Q_{\max}^{\text{зав}}$ , т/ч, и значение частоты  $f$ , Гц, условно соответствующее  $Q_{\max}^{\text{зав}}$ .

Принимают:

$$f \leq f_{\text{вх max}} \leq f_{\text{вых}}^{\max}, \quad (1)$$

где  $f_{\text{вх max}}$  - максимальная входная частота ИВК - из технического описания, Гц;  
 $f_{\text{вых}}^{\max}$  - максимальная выходная частота РМ согласно техническому описанию, Гц.

При конфигурировании вместо  $Q_{\max}^{\text{зав}}$ , т/ч, допускается использовать максимальное значение рабочего диапазона по п. 3.1.2.

В выражении (1) используют минимальное из двух значений  $f_{\text{вх max}}$ , указанных для ИВК.

7.2.13.2 В память ИВК вводят значение коэффициента преобразования РМ по импульсному выходу  $KF_{конф}$ , имп/т (далее по тексту – К-фактор), вычисляемое по формуле

$$KF_{конф} = \frac{f \cdot 3600}{Q_{max}^{зав}}, \quad (2)$$

где  $f_{вх\ max}$  – максимальная входная частота ИВК - из технического описания.

7.2.13.3 Выполняют конфигурирование каналов измерений температуры, давления, плотности ИВК.

7.2.14 При очередном (внеочередном) определении МХ с использованием ИВК проверяют выполнение условий, изложенных в пунктах 7.2.13.1 – 7.2.13.3.

7.2.15 Проводят установку нуля РМ согласно заводской (фирменной) инструкции по эксплуатации данной модели РМ.

7.2.16 При использовании АРМ оператора, имеющего аттестованные алгоритмы для автоматической обработки результатов измерений при определении МХ и автоматического формирования (оформления) протокола определения МХ, в АРМ оператора вводят исходные данные согласно протоколу определения МХ (приложение Б) или проверяют достоверность и правильность ранее введенных исходных данных.

## 8 Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1 Проверка идентификационных данных ПО ИВК (основного и резервного).

Проверка идентификационных данных ПО ИВК проводится по номеру версии ПО и цифровому идентификатору ПО.

При определении идентификационных данных ПО ИВК выполняют нижеперечисленные процедуры.

С помощью кнопок на передней панели ИВК выбирают на дисплее пункт меню №5 «SYSTEM SETTINGS», далее №7 «SOFTWARE VERSION». В открывшемся меню необходимо найти страницы со следующими заголовками:

- APPLICATION SW (Номер версии (идентификационный номер) ПО);
- FILE CSUM (Цифровой идентификатор ПО).

8.2 Проверка идентификационных данных ПО автоматизированного рабочего места оператора СИКН (далее – АРМ оператора) (основного и резервного).

При определении идентификационных данных ПО АРМ оператора выполняют нижеперечисленные процедуры.

В верхней строчке основной мнемосхемы монитора АРМ оператора нажимают «О программе». В появившемся окне «О программе...» нажимают «Модули», после чего появится окно с идентификационными данными АРМ оператора.

8.3 Если идентификационные данные, указанные в описании типа СИКН и полученные в ходе выполнения п. 8.1 и п. 8.2 идентичны, то делают вывод о подтверждении соответствия ПО СИКН ПО, зафиксированному во время проведения испытаний в целях утверждения типа, в противном случае результаты поверки признают отрицательными. Сведения о подтверждении соответствия/не соответствия ПО СИКН приводятся в протоколе поверки (Приложение А).

## 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Проверка результатов поверки СИ, входящих в состав СИКН.

Проверяют соответствие фактически установленных средств измерений, СИ указанным в описании типа СИКН, наличие сведений о поверке в ФИФ ОЕИ с действующим сроком поверки у проверяемых СИ. В случае отсутствия сведений о поверке на расходомеры массовые Promass (с датчиком F и электронным преобразователем 83) (регистрационный № 15201-05) выполняют операции по п.п. 9.2 настоящей методики поверки. В случае отсутствия сведений о поверке на контроллеры измерительные FloBoss S600+ (регистрационный № 64224-16) выполняют операции по п.п. 9.3, 9.4 и 9.5 настоящей методики поверки.

Сведения результатов проверки указанных СИ заносят в таблицу А.1 протокола поверки (Приложение А).

Если очередной срок поверки СИ из состава СИКН наступает до очередного срока поверки СИКН, или необходимости внеочередной поверки СИ в результате ремонта или замены, поверяются только эти СИ, при этом поверку СИКН не проводят.

#### 9.2 Определение МХ РМ.

9.2.1 Определение МХ РМ проводят комплектным способом с применением ТПУ.

При определении МХ РМ 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 РМ устанавливают:

- соответствие его комплектности перечню, указанному в заводской (фирменной) эксплуатационной документации (формуляре, паспорте);
- отсутствие механических повреждений, препятствующих его применению, дефектов внешних покрытий, ухудшающих его внешний вид;
- четкость, целостность надписей и обозначений, нанесенных на корпусе («шильдике»), их соответствие требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие нарушений герметичности кабельных вводов в ПЭП, отсутствие видимых повреждений кабеля(ей);
- соответствие заземлений сенсора и ПЭП требованиям заводской (фирменной) инструкции по эксплуатации РМ, целостность заземляющих проводов.

##### 9.2.3 Опробование.

9.2.3.1 Проверяют индикацию на дисплее ИВК или на мониторе АРМ оператора текущих значений:

- плотности рабочей жидкости, измеряемой поточным ПП ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );
- температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) и давления (МПа) рабочей жидкости в ТПУ, в поточном ПП, измеряемых соответствующими датчиками температуры и преобразователями давления.

9.2.3.2 Устанавливают любое значение расхода в пределах рабочего диапазона, запускают шаровой поршень ТПУ и проводят пробное(ые) измерение(я).

При прохождении шаровым поршнем детектора «старт» в ИВК начинается отсчет нарастающих значений:

- количества импульсов, выдаваемых РМ (имп);
- времени прохождения поршнем калиброванного участка ТПУ (с).

При прохождении поршнем детектора «стоп» в ИВК отсчет нарастающих значений перечисленных параметров прекращается.

##### 9.2.4 Определение МХ РМ.

9.2.4.1 МХ РМ определяют при крайних значениях расхода рабочего диапазона и значениях, установленных с интервалом от 25 до 30 % от

максимального расхода рабочего диапазона.

Допускается определение МХ проводить в трех точках рабочего диапазона: при минимальном ( $Q_{\min}$ ), среднем [ $0,5 \cdot (Q_{\min} + Q_{\max})$ ] и максимальном ( $Q_{\max}$ ) значениях расхода (т/ч).

Требуемые значения расхода устанавливают, начиная от  $Q_{\min}$  в сторону увеличения или от  $Q_{\max}$  в сторону уменьшения.

Рабочий диапазон РМ, используемого в качестве контрольного, должен охватить рабочие диапазоны каждого из рабочих РМ.

В случае изменения в интервале между определениями МХ нижнего предела рабочего диапазона в сторону уменьшения или верхнего предела в сторону увеличения от установленных значений (или и то, и другое одновременно) РМ подлежит внеочередному проведению определения МХ.

9.2.4.2 Требуемое значение расхода  $Q_j$ , т/ч, устанавливают, используя результаты измерений поверяемого РМ.

Запускают шаровый поршень ТПУ. При срабатывании второго детектора регистрируют время между срабатываниями первого и второго детекторов, количество импульсов выходного сигнала поверяемого РМ, температуру, давление и плотность поверочной жидкости.

Проверяют значение устанавливаемого массового расхода через поверяемый РМ по условию  $\left| \frac{Q_j - Q_{ij}}{Q_j} \right| \cdot 100 \leq 1,5\%$ .

В случае невыполнения условия корректируют расход, контролируя его значение.

9.2.4.3 После стабилизации расхода и температуры рабочей жидкости в  $j$ -й точке расхода проводят серию измерений, последовательно запуская поршень ТПУ.

Количество измерений в каждой  $j$ -й точке расхода  $n_j$ : не менее 5-ти.

9.2.4.4 Для каждого  $i$ -го измерения в каждой  $j$ -й точке расхода регистрируют (отсчитывают) и записывают в протокол определения МХ (приложение Б):

- время прохождения поршнем калиброванного участка ТПУ ( $T_{ij}$ , с);
- значение массового расхода ( $Q_{ij}$ , т/ч) (расход  $Q_{ij}$  измеряют поверяемым РМ. При реализации ГХ РМ в ИВК в виде линейно-кусочной аппроксимации рекомендуется дополнительно регистрировать выходную частоту РМ (Гц));
- количество импульсов, выдаваемое РМ за время одного измерения, ( $N_{ij}^{CPM}$ , имп);

- значения температуры ( $\bar{t}_{ij}^{\text{TPU}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) и давления ( $\bar{P}_{ij}^{\text{TPU}}$ , МПа) в ТПУ вычисляют по алгоритму

$$\bar{a} = 0,5 \cdot (a_{\text{вх}} + a_{\text{вых}}), \quad (3)$$

где  $\bar{a}$  - среднее арифметическое значение параметра,  
 $a_{\text{вх}}$   $a_{\text{вых}}$  - значения параметров (температуры и давления), измеренные соответствующими СИ, установленными на входе и выходе ТПУ;

- значение плотности рабочей жидкости, измеренное поточным ПП ( $\rho_{ij}^{\text{ПП}}$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ );

- значения температуры и давления рабочей жидкости в поточном ПП ( $t_{ij}^{\text{ПП}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$  и  $P_{ij}^{\text{ПП}}$ , МПа соответственно).

## 9.2.5 Обработка результатов измерений

### 9.2.5.1 Определение параметров ГХ РМ.

При любом способе реализации ГХ (в ПЭП или ИВК) проводят операции по 9.2.5.1.1.

9.2.5.1.1 Для каждого  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке расхода вычисляют значение массы рабочей жидкости  $M_{ij}^{p3}$ , т, используя результаты измерений рабочих эталонов (ТПУ и поточного ПП), по формуле

$$M_{ij}^{p3} = V_{\text{приj}}^{\text{ТПУ}} \cdot \rho_{\text{приj}}^{\text{ПП}} \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

где  $V_{\text{приj}}^{\text{ТПУ}}$  - вместимость калиброванного участка ТПУ, приведенная к рабочим условиям (температуре и давлению рабочей жидкости) в ТПУ при  $i$ -м измерении в  $j$ -й точке расхода ( $\text{m}^3$ ) по 9.2.5.1.1.1;

$\rho_{\text{приj}}^{\text{ПП}}$  - плотность рабочей жидкости, измеренная поточным ПП и приведенная к рабочим условиям в ТПУ при  $i$ -м измерении в  $j$ -й точке расхода ( $\text{kg/m}^3$ ) по 9.2.5.1.1.2.

9.2.5.1.1.1 Значение  $V_{\text{приj}}^{\text{ТПУ}}$ ,  $\text{m}^3$ , вычисляют по формуле

$$V_{\text{приj}}^{\text{ТПУ}} = V_0^{\text{ТПУ}} \cdot [1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot (\bar{t}_{ij}^{\text{ТПУ}} - 20)] \cdot \left(1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot s} \cdot \bar{P}_{ij}^{\text{ТПУ}}\right), \quad (5)$$

где  $\alpha_t$  - коэффициент линейного расширения материала стенок ТПУ,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  (из эксплуатационной документации на ТПУ, при отсутствии - из таблицы В.1 приложения В);

$E$  - модуль упругости материала стенок ТПУ, МПа (из эксплуатационной документации на ТПУ, при отсутствии - из таблицы В.1 приложения В);

$D$  и  $s$  - диаметр и толщина стенок калиброванного участка ТПУ соответственно, мм (из эксплуатационной документации на ТПУ).

9.2.5.1.1.2 Значение  $\rho_{\text{приj}}^{\text{ПП}}$ ,  $\text{kg/m}^3$ , вычисляют по формуле

$$\rho_{\text{приj}}^{\text{ПП}} = \rho_{ij}^{\text{ПП}} \cdot [1 + \beta_{\text{жij}} \cdot (\bar{t}_{ij}^{\text{ПП}} - \bar{t}_{ij}^{\text{ТПУ}})] \cdot (1 + \gamma_{\text{жij}} \cdot (\bar{P}_{ij}^{\text{ТПУ}} - \bar{P}_{ij}^{\text{ПП}})), \quad (6)$$

где  $\beta_{\text{жij}}$  - коэффициент объемного расширения ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) рабочей жидкости, значение которого определяют по приложению Г;

$\gamma_{\text{жij}}$  - коэффициент сжимаемости ( $\text{МPa}^{-1}$ ) рабочей жидкости, значение которого определяют по приложению Г.

При обработке результатов измерений, используя персональный компьютер (ПК) и электронные таблицы, вычисление значений  $V_{\text{приj}}^{\text{ТПУ}}$  и  $\rho_{\text{приj}}^{\text{ПП}}$  допускается проводить по приложению Д.

9.2.5.1.2 Дальнейшую обработку результатов измерений проводят по 9.2.5.1.3 или 9.2.5.1.4 в зависимости от способа реализации ГХ.

9.2.5.1.3 ГХ реализуют в ПЭП.

9.2.5.1.3.1 Для каждого  $i$ -го измерения в  $j$ -й точке расхода определяют значение массы рабочей жидкости, измеренное СРМ  $M_{ij}^{\text{mac}}$ , т, по формуле

$$M_{ij}^{\text{mac}} = \frac{N_{ij}^{\text{mac}}}{K F_{\text{конф}}}. \quad (7)$$

9.2.5.1.3.2 Определяют коэффициент коррекции измерений массы (mass-factor) (далее по тексту – коэффициент коррекции) при  $i$ -м измерении в  $j$ -й точке расхода  $MF_{ij}$  по формуле

$$MF_{ij} = \frac{M_{ij}^{p3}}{M_{ij}^{\text{mac}}} \cdot MF_{\text{диап}}^{\text{уст}}, \quad (8)$$

где  $MF_{\text{диап}}^{\text{уст}}$  - коэффициент коррекции измерений массы, установленный в ПЭП по результатам предыдущего определения МХ.

Для РМ, оснащенного с ПЭП без функции ввода в его память значения коэффициента коррекции измерений массы:  $MF_{\text{диап}}^{\text{уст}} = 1$ .

Перед вводом РМ в эксплуатацию или после замены ПЭП значение  $MF_{\text{диап}}^{\text{уст}}$  принимают равным 1.

9.2.5.1.3.3 Вычисляют среднее арифметическое значение коэффициента коррекции в j-й точке расхода  $\bar{MF}_j$  по формуле

$$\bar{MF}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} MF_{ij}}{n_j}, \quad (9)$$

где  $n_j$  - количество измерений в j-й точке расхода.

9.2.5.1.3.4 Оценивают среднее квадратическое отклонение (СКО) результатов определений средних арифметических значений коэффициентов коррекции для точек расхода в рабочем диапазоне  $S_{\text{диап}}^{\text{MF}}$ , %, по формуле

$$S_{\text{диап}}^{\text{MF}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \left( \frac{MF_{ij} - \bar{MF}_j}{\bar{MF}_j} \right)^2}{\sum n_j - 1}} \cdot 100, \quad (10)$$

где  $\sum n_j$  - суммарное количество измерений в рабочем диапазоне;

$m$  - количество точек разбиения рабочего диапазона.

9.2.5.1.3.5 Проверяют выполнение условия

$$S_{\text{диап}}^{\text{MF}} \leq 0,03 \%. \quad (11)$$

9.2.5.1.3.6 В случае невыполнения условия (11) в какой-либо точке расхода дальнейшую обработку результатов измерений прекращают, выясняют и устраниют причины, вызвавшие невыполнение условия (11). Повторно проводят операции по пунктам 9.2.4.1 - 9.2.4.4, 9.2.5.1.3.1 - 9.2.5.1.3.5.

При выполнении условия (11) проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

9.2.5.1.3.7 Вычисляют среднее арифметическое значение коэффициента коррекции измерений массы для РМ в рабочем диапазоне расхода  $MF_{\text{диап}}$  по формуле

$$MF_{\text{диап}} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{MF}_j}{m}. \quad (12)$$

9.2.5.1.3.8 Вычисляют новое значение градуировочного коэффициента  $K_{\text{гр}}$  по формуле

$$K_{\text{гр}} = K_{\text{гр}}^{\text{ПЭП}} \cdot MF_{\text{диап}}, \quad (13)$$

где  $K_{\text{гр}}^{\text{ПЭП}}$  - градуировочный коэффициент, определенный при предыдущем определении МХ или заводской калибровке и установленный в ПЭП.

Новое значение  $K_{\text{гр}}$  определяют только для ПЭП, не имеющего функцию ввода коэффициента коррекции  $MF_{\text{диап}}$ .

При первичном определении МХ следует иметь в виду, что значение  $K_{\text{гр}}^{\text{ПЭП}}$  в фирменном (заводском) калибровочном сертификате соответствует значению реквизита Flow Cal (первые пять значащих цифр).

9.2.5.1.4 ГХ реализуют в ИВК.

9.2.5.1.4.1 Вычисляют значение К-фактора для i-го измерения в j-й точке расхода  $KF_{ij}$ , имп/т, по формуле

$$KF_{ij} = \frac{K_{ij}^{\text{mac}}}{M_{ij}^{\text{pr}}}. \quad (14)$$

9.2.5.1.4.2 Вычисляют среднее значение К-фактора для  $j$ -й точки расхода  $\overline{KF}_j$ , имп/т, по формуле

$$\overline{KF}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} KF_{ij}}{n_j}. \quad (15)$$

9.2.5.1.4.3 В зависимости от вида реализации ГХ в ИВК оценивают СКО результатов определений средних арифметических значений К-фактора для точек расхода:

а) в рабочем диапазоне  $S_{\text{диап}}^{\text{KF}}$ , %, если ГХ реализуют в виде постоянного значения К-фактора в рабочем диапазоне, по формуле

$$S_{\text{диап}}^{\text{KF}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \left( \frac{KF_{ij} - \overline{KF}_j}{\overline{KF}_j} \right)^2}{\sum n_j - 1}} \cdot 100; \quad (16)$$

б) в каждом  $k$ -м поддиапазоне расхода  $S_k^{\text{KF}}$ , %, если ГХ реализуют в виде кусочно-линейной аппроксимации, по формуле

$$S_k^{\text{KF}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{k+1} \sum_{i=1}^{n_j} \left( \frac{KF_{ij} - \overline{KF}_j}{\overline{KF}_j} \right)^2}{(n_j + n_{j+1} - 1)_k}} \cdot 100. \quad (17)$$

9.2.5.1.4.4 Оценивают значение  $S_{\text{диап}}^{\text{KF}}$  или  $S_k^{\text{KF}}$  по аналогии с 9.2.5.1.3.5. При необходимости проводят операции по 9.2.5.1.3.6.

При положительных результатах оценки  $S_{\text{диап}}^{\text{KF}}$  или  $S_k^{\text{KF}}$  проводят дальнейшую обработку результатов измерений.

9.2.5.1.4.5 Если ГХ РМ реализуют в виде постоянного значения К-фактора в рабочем диапазоне, то вычисляют среднее значение К-фактора для рабочего диапазона  $KF_{\text{диап}}$ , имп/т, по формуле

$$KF_{\text{диап}} = \frac{\sum_{j=1}^m \overline{KF}_j}{m}. \quad (18)$$

#### 9.2.5.1.5 Определение погрешностей.

9.2.5.1.5.1 Случайную и систематическую составляющие погрешности и относительную погрешность определяют по 9.2.5.2 - 9.2.5.4 в зависимости от способа и вида реализации ГХ.

9.2.5.1.5.2 Составляющие погрешности и относительную погрешность РМ, используемого как в качестве контрольного, так и рабочего, определяют при доверительной вероятности  $P = 0,95$ .

#### 9.2.5.2 Определение погрешностей при реализации ГХ РМ в ПЭП.

9.2.5.2.1 При реализации ГХ в ПЭП составляющие погрешности и относительную погрешность определяют для рабочего диапазона.

#### 9.2.5.2.2 Определение случайной составляющей погрешности.

Случайную составляющую погрешности  $\epsilon$ , %, определяют по формуле

$$\epsilon = t_{(P,n)} \cdot S_{\text{диап}}^{\text{MF}}, \quad (19)$$

где  $t_{(P,n)}$  - квантиль распределения Стьюдента (коэффициент, зависящий от доверительной вероятности  $P$  и количества измерений  $n$  ( $n = \sum n_j$ ) значение которого определяют из таблицы Е.1 приложения Е);

$S_{\text{диап}}^{\text{MF}}$  - значение СКО, определенное по формуле (10).

#### 9.2.5.2.3 Определение систематической составляющей погрешности.

9.2.5.2.3.1 Систематическую составляющую погрешности РМ  $\theta_{\Sigma}$ , %, определяют по формуле

$$\theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_{\text{ТПУ}})^2 + (\delta_{\text{ПП}})^2 + (\theta_t)^2 + (\delta_k^{\text{УОИ}})^2 + (\theta_{\text{диап}}^{\text{MF}})^2 + (\delta_0^{\text{mac}})^2}, \quad (20)$$

где  $\delta_{\text{ТПУ}}$  - пределы допускаемой относительной погрешности ТПУ, % (из свидетельства о поверке);

$\delta_{\text{ПП}}$  - пределы допускаемой относительной погрешности поточного ПП, % (из свидетельства о поверке);

$\theta_t$  - дополнительная составляющая систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры, % (определяют по 9.2.5.2.3.2);

$\delta_k^{\text{УОИ}}$  - пределы допускаемой относительной погрешности ИВК при вычислении К-фактора РМ, % (из свидетельства о поверке);

$\theta_{\text{диап}}^{\text{MF}}$  - составляющая систематической погрешности РМ, вызванная усреднением (аппроксимацией) коэффициента коррекции ( $MF_{\text{диап}}$ ) в рабочем диапазоне, % (определяют по 9.2.5.2.3.3);

$\delta_0^{\text{mac}}$  - значение относительной погрешности стабильности нуля РМ, определенное по 9.2.5.2.3.4, %.

9.2.5.2.3.2 Значение дополнительной составляющей систематической погрешности  $\theta_t$  вычисляют по формуле

$$\theta_t = \beta_{\text{жmax}} \cdot \sqrt{(\Delta t_{\text{ТПУ}})^2 + (\Delta t_{\text{ПП}})^2} \cdot 100, \quad (21)$$

где  $\beta_{\text{жmax}}$  - максимальное из ряда значений  $\beta_{\text{жij}}$ , определенных по приложению Г,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$\Delta t_{\text{ТПУ}}$  и  $\Delta t_{\text{ПП}}$  - пределы допускаемых абсолютных погрешностей датчиков температуры (или термометров), используемых в процессе определения МХ для измерений температуры рабочей жидкости в ТПУ и поточном ПП, соответственно,  $^{\circ}\text{C}$  (из действующих свидетельств о поверке).

9.2.5.2.3.3 Составляющую систематической погрешности  $\theta_{\text{диап}}^{\text{MF}}$ , %, определяют по формуле

$$\theta_{\text{диап}}^{\text{MF}} = \left| \frac{MF_j - MF_{\text{диап}}}{MF_{\text{диап}}} \right|_{\text{max}} \cdot 100. \quad (22)$$

9.2.5.2.3.4 Относительную погрешность стабильности нуля  $\delta_0^{\text{mac}}$  определяют по формуле

$$\delta_0^{\text{mac}} = \frac{2 \cdot ZS}{Q_{\text{min}} + Q_{\text{max}}} \cdot 100, \quad (23)$$

где  $ZS$  - значение стабильности нуля, т/ч (из описания типа РМ).

При определении ОП АБ на месте эксплуатации дополнительной систематической погрешностью РМ, вызванной изменением давления рабочей жидкости при эксплуатации от значения, имеющего место при определении ОП АБ, пренебрегают.

Относительную погрешность стабильности нуля  $\delta_0^{\text{mac}}$  определяют только для тех РМ, для которых  $\delta_0^{\text{mac}}$  является составляющей относительной погрешности РМ (согласно описанию типа, учитывая тип ПЭП).

К примеру, для массомеров Micro Motion, оснащенных ПЭП моделей 1500, 1700, 2400, 2500, 2700, 3500, 3700, относительную погрешность стабильности нуля не определяют и принимают равной нулю.

#### 9.2.5.2.4 Определение относительной погрешности.

Относительную погрешность РМ  $\delta$ , %, определяют по формуле

$$\delta = Z_{(P)} \cdot (\theta_{\Sigma} + \varepsilon), \text{ если } 0,8 \leq \theta_{\Sigma}/S_{\text{диап}}^{\text{MF}} \leq 8, \quad (24a)$$

$$\delta = \theta_{\Sigma}, \text{ если } \theta_{\Sigma}/S_{\text{диап}}^{\text{MF}} > 8, \quad (24b)$$

где  $Z_{(P)}$  - коэффициент, зависящий от доверительной вероятности Р и величины соотношения  $\theta_{\Sigma}/S_{\text{диап}}^{\text{MF}}$ , значение которого берут из таблицы Е.2 приложения Е.

#### 9.2.5.3 Определение погрешностей при реализации ГХ РМ в ИВК в виде постоянного значения К-фактора (имп/т).

9.2.5.3.1 При таком виде реализации ГХ в ИВК составляющие погрешности и относительную погрешность определяют для рабочего диапазона.

##### 9.2.5.3.2 Определение случайной составляющей погрешности.

Случайную составляющую погрешности РМ  $\varepsilon$ , %, определяют по формуле (с учетом 9.2.5.2.2)

$$\varepsilon = t_{(P,n)} \cdot S_{\text{диап}}^{\text{KF}}, \quad (25)$$

где  $S_{\text{диап}}^{\text{KF}}$  - значение СКО, определенное по формуле (16).

При определении  $t_{(P,n)}$  принимают:  $n = \sum n_j$ .

##### 9.2.5.3.3 Определение систематической составляющей погрешности.

9.2.5.3.3.1 Систематическую составляющую погрешности РМ  $\theta_{\Sigma}$ , %, определяют (с учетом 9.2.5.2.3) по формуле

$$\theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_{\text{тп}})^2 + (\delta_{\text{пп}})^2 + (\theta_t)^2 + (\delta_{\text{уoi}})^2 + (\theta_{\text{диап}}^{\text{KF}})^2 + (\delta_0^{\text{mac}})^2}, \quad (26)$$

где  $\theta_{\text{диап}}^{\text{KF}}$  - составляющая систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией ГХ РМ в рабочем диапазоне расхода, %, определяемая по 9.2.5.3.3.2.

9.2.5.3.3.2 Составляющую систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией ГХ РМ в рабочем диапазоне расхода  $\theta_{\text{диап}}^{\text{KF}}$ , %, определяют по формуле

$$\theta_{\text{диап}}^{\text{KF}} = \left| \frac{K F_j - K F_{\text{диап}}}{K F_{\text{диап}}} \right|_{\max} \cdot 100. \quad (27)$$

##### 9.2.5.3.4 Определение относительной погрешности.

Относительную погрешность РМ  $\delta$ , %, определяют по формулам

$$\delta = Z_{(P)} \cdot (\theta_{\Sigma} + \varepsilon), \text{ если } 0,8 \leq \theta_{\Sigma}/S_{\text{диап}}^{\text{KF}} \leq 8, \quad (28a)$$

$$\delta = \theta_{\Sigma}, \text{ если } \theta_{\Sigma}/S_{\text{диап}}^{\text{KF}} > 8, \quad (28b)$$

где  $Z_{(P)}$  - коэффициент, зависящий от доверительной вероятности Р и величины соотношения  $\theta_{\Sigma}/S_{\text{диап}}^{\text{KF}}$ , значение которого берут из таблицы Е.2 приложения Е.

#### 9.2.5.4 Определение погрешностей при реализации ГХ РМ в ИВК в виде кусочно-линейной аппроксимации.

9.2.5.4.1 При таком виде реализации ГХ составляющие погрешности и относительную погрешность определяют для каждого k-го поддиапазона расхода.

##### 9.2.5.4.2 Определение случайной составляющей погрешности.

Случайную составляющую погрешности РМ  $\varepsilon_k$ , %, определяют по формуле

$$\varepsilon_k = t_{(P,n)} \cdot S_k^{\text{KF}}, \quad (29)$$

где  $S_k^{\text{KF}}$  - значение СКО, определенное по формуле (17), %.

При определении  $t_{(P,n)}$  принимают:  $n = (n_j + n_{j+1})_k$ .

##### 9.2.5.4.3 Определение систематической составляющей погрешности.

9.2.5.4.3.1 Систематическую составляющую погрешности РМ  $\theta_{\Sigma k}$ , %, определяют (с учетом 9.2.5.2.3) по формуле

$$\theta_{\Sigma k} = 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_{\text{тп}})^2 + (\delta_{\text{пп}})^2 + (\theta_t)^2 + (\delta_k^{\text{уoi}})^2 + (\theta_k^{\text{KF}})^2 + (\delta_{0k}^{\text{mac}})^2}, \quad (30)$$

где  $\theta_k^{\text{KF}}$  - составляющая систематической погрешности, обусловленная аппроксимацией ГХ РМ в k-м поддиапазоне расхода, %, определяемая по 9.2.5.4.3.2;

$\delta_{0k}^{\text{mac}}$  - относительная погрешность стабильности нуля в k-м поддиапазоне, %, определяемая по 9.2.5.4.3.3.

9.2.5.4.3.2 Составляющую систематической погрешности, обусловленную аппроксимацией ГХ РМ в k-м поддиапазоне расхода  $\theta_k^{\text{KF}}$ , %, определяют по формуле

$$\theta_k^{\text{KF}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{|\bar{KF}_j - \bar{KF}_{j+1}|}{|\bar{KF}_j + \bar{KF}_{j+1}|} \cdot 100. \quad (31)$$

9.2.5.4.3.3 Относительную погрешность стабильности нуля  $\delta_{0k}^{\text{mac}}$ , %, определяют по формуле

$$\delta_{0k}^{\text{mac}} = \frac{2 \cdot ZS}{Q_{k\min} + Q_{k\max}} \cdot 100, \quad (32)$$

где  $Q_{k\min}$  и  $Q_{k\max}$  - минимальное и максимальное значения расхода в k-м поддиапазоне (в начале и в конце k-го поддиапазона) соответственно, т/ч.

#### 9.2.5.4.4 Определение относительной погрешности.

Относительную погрешность РМ  $\delta_k$ , %, определяют по формулам

$$\delta_k = Z_{(P)} \cdot (\theta_{\Sigma k} + \varepsilon_k), \text{ если } 0,8 \leq \theta_{\Sigma k} / S_k^{\text{KF}} \leq 8, \quad (33a)$$

$$\delta_k = \theta_{\Sigma k}, \text{ если } \theta_{\Sigma k} / S_k^{\text{KF}} > 8, \quad (33b)$$

где  $Z_{(P)}$  - коэффициент, зависящий от доверительной вероятности Р и величины соотношения  $\theta_{\Sigma k} / S_k^{\text{KF}}$ , значение которого берут из таблицы Е.2 приложения Е.

9.2.6 Результаты поверки по п. 9.2 считаются положительными, если значения относительных погрешностей, определенных по 9.2.5.2.4 (или 9.2.5.3.4, или 9.2.5.4.4) - в зависимости от способа и вида реализации ГХ:

- для РМ, используемого в качестве контрольного  
 $(|\delta|, |\delta_k|) \leq 0,20\%;$  (34)

- для РМ, используемого в качестве рабочего  
 $(|\delta|, |\delta_k|) \leq 0,25\%.$  (35)

9.2.6.1 Если для РМ, применяемого (эксплуатируемого) в качестве контрольного, не выполняется условие (34) и для РМ, эксплуатируемого в режиме рабочего, не выполняется условие (35) - в зависимости от вида реализации ГХ, то выясняют причины, устраняют их и проводят повторные операции согласно разделам 9.2.5.

9.2.6.2 При невыполнении одного из условий (34) или (35) рекомендуется:

- увеличить количество измерений в точках расхода;
- уменьшить рабочий диапазон, если ГХ РМ реализуется в ПЭП в виде постоянного значения градуировочного коэффициента  $K_{\text{гр}}$  или коэффициента коррекции (meter-factor -  $MF_{\text{диап}}$ ), или в ИВК в виде постоянного значения К-фактора в рабочем диапазоне  $KF_{\text{диап}}$ , имп/т;

- увеличить количество точек разбиения рабочего диапазона (уменьшить поддиапазон расхода), если ГХ РМ реализуется в ИВК в виде кусочно-линейной аппроксимации значений  $\bar{KF}_j$ , имп/т.

При повторном невыполнении данных условий определение ОП АБ прекращают.

#### 9.2.6.3 Проводят реализацию ГХ или в ПЭП, или в ИВК.

По результатам одного и того же проведения определения МХ реализацию ГХ РМ одновременно и в ПЭП, и в ИВК не допускают.

9.2.7 Относительную погрешность автономного блока принимают равной максимальному из значений относительной погрешности измерений массы ИЛ №1 или №2.

#### 9.3 Определение МХ ИВК в части силы тока.

Чтобы определить МХ, необходимо выполнить нижеперечисленные процедуры для ИВК.

Переходят на страницу данных индикации измеренного значения на дисплее в следующей последовательности:

1 Из основного меню выбирают пункт:

4\* PLANT I/O

2 В открывшемся меню выбирают пункт:

1\* ANALOG INPUTS

3 Далее выбирают пункт с требуемым номером измерительного канала, например:

1. ADC 05 - ADC05

4 Нажимают стрелку «►» на навигационной клавише до появления страницы данных индикации измеренного значения.

Для определения приведенной к диапазону измерений погрешности при измерении силы постоянного тока аналоговых входов ИВК используются внешние шунтирующие резисторы. В качестве внешних шунтирующих резисторов допускается применять преобразователи измерительные постоянного тока ПТН-Е2Н.

На вход преобразователя измерительного постоянного тока ПТН-Е2Н, подключенного к поверяемому каналу ИВК, при помощи эталона задают значение входного сигнала силы постоянного тока  $I_{зад}$ , мА, соответствующего проверяемой точке диапазона измерений, и считывают значение входного сигнала с дисплея ИВК  $I_{изм}$ , мА. Задается не менее пяти значений измеряемого параметра, равномерно распределенных в пределах диапазона измерений, включая крайние точки диапазона (4-20 мА).

Операции повторяют для используемых измерительных каналов (для возврата в предыдущий пункт меню нажимают клавишу «Menu», для уменьшения или увеличения номера измерительного канала нажимают соответственно стрелки «▲» и «▼» на навигационной клавише).

Погрешность, приведенную к диапазону измерений  $L$ ,  $\gamma$ , %, вычисляют по формуле

$$\gamma = \frac{I_{зад} - I_{изм}}{L} \cdot 100. \quad (36)$$

Результаты определения МХ считаются положительными, если погрешность при измерении силы постоянного тока не превышает  $\pm 0,04\%$ .

#### 9.4 Определение МХ ИВК в части частоты.

Чтобы определить МХ, необходимо выполнить нижеперечисленные процедуры для ИВК.

Переходят на страницу данных индикации измеренного значения на дисплее в следующей последовательности:

1 Из основного меню выбирают пункт:

4\* PLANT I/O

2 В открывшемся меню выбирают пункт:

4\* FREQUENCY INPUTS

3 Далее выбирают пункт с требуемым номером измерительного канала, например:

1. FREQ 01 - FRQ01

4 Нажимают стрелку «►» на навигационной клавише до появления страницы данных индикации измеренного значения.

На вход измерительного канала частоты при помощи эталона задают значения выходного сигнала частоты  $f_{зад}$ , соответствующего проверяемой точке диапазона измерений, и считывают значение выходного сигнала с дисплея контроллера  $f_{изм}$ . Задается не менее пяти значений измеряемого параметра, равномерно распределенных в пределах диапазона измерений, включая крайние точки диапазона.

Операции повторяют для используемых измерительных каналов (для возврата в предыдущий пункт меню нажимают клавишу «Menu», для уменьшения или увеличения номера измерительного канала нажимают соответственно стрелки «▲» и «▼» на навигационной клавише).

Относительную погрешность измерения частоты  $\delta_f$ , %, вычисляют по формуле:

$$\delta_f = \frac{f_{зад} - f_{изм}}{f_{зад}} \cdot 100. \quad (37)$$

Результаты определения МХ считаются положительными, если рассчитанная погрешность при измерении не превышает  $\pm 0,001\%$ .

#### 9.5 Определение МХ ИВК в части количества импульсов.

Чтобы определить МХ, необходимо выполнить нижеперечисленные процедуры для ИВК.

Переходят на страницу данных индикации измеренного значения на дисплее в следующей последовательности:

1 Из основного меню выбирают пункт:

4\* PLANT I/O

2 В открывшемся меню выбирают пункт:

5\* PULSE INPUTS

3 Далее выбирают пункт с требуемым номером измерительного канала, например:

1. PIP 01 - PIP01

4 Нажимают стрелку «►» на навигационной клавише до появления страницы данных индикации измеренного значения.

Операции повторяют для используемых измерительных каналов (для возврата в предыдущий пункт меню нажимают клавишу «Menu», для уменьшения или увеличения номера измерительного канала нажимают соответственно стрелки «▲» и «▼» на навигационной клавише).

На вход измерительного канала счета импульсов при помощи эталона задают пачку импульсов  $N_{зад}$  не менее 10000 импульсов при частоте соответствующей рабочей частоте контроллера. Проверку проводят для трех частот: 50, 5000 и 10000 Гц. Считывают значение измеренного количества импульсов с дисплея контроллера  $N_{изм}$ .

Рассчитывают абсолютную погрешность измерения количества импульсов по формуле:

$$\Delta_N = N_{изм} - N_{зад}. \quad (38)$$

Результаты определения МХ считаются положительными, если рассчитанная погрешность при измерении количества импульсов не превышает  $\pm 1$  на 10000 импульсов.

## 9.6 Определение относительной погрешности измерений массы брутто нефти.

Относительную погрешность измерений массы брутто нефти  $\delta M$ , %, при применении прямого метода динамических измерений в соответствии с ГОСТ 8.587-2019 принимают равной максимальному значению относительной погрешности РМ, входящих в состав СИКН.

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

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

## 9.7 Определение относительной погрешности измерений массы нетто нефти.

Относительную погрешность измерений массы нетто нефти  $\delta M_n$ , %, вычисляют по формуле

$$\delta M_n = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{(\Delta W_b)^2 + (\Delta W_{mp})^2 + (\Delta W_{xc})^2}{\left(1 - \frac{W_b + W_{mp} + W_{xc}}{100}\right)^2}\right)}, \quad (39)$$

где  $\Delta W_b$  - абсолютная погрешность измерений массовой доли воды в нефти, вычисленная по формуле (41), %;

$\Delta W_{mp}$  - абсолютная погрешность измерений массовой доли механических примесей в нефти, вычисленная по формуле (41), %;

$\Delta W_{xc}$  - абсолютная погрешность измерений массовой доли хлористых солей в нефти, вычисленная по формуле (41), %;

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

$W_{mp}$  - 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

$$W_{xc} = 0,1 \cdot \frac{\varphi_{xc}}{\rho}, \quad (40)$$

где  $\varphi_{xc}$  - массовая концентрация хлористых солей в нефти,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ , принимают равной значению, указанному в паспорте качества нефти, сформированном во время проведения поверки;

$\rho$  - плотность нефти, приведенная к условиям измерений массовой концентрации хлористых солей,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

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

$$\Delta = \pm \sqrt{\frac{R^2 - r^2}{2}}, \quad (41)$$

где  $R$  и  $r$  - воспроизводимость и сходимость (повторяемость) метода определения соответствующего показателя качества нефти, значения которых приведены в ГОСТ 2477-2014, ГОСТ 6370-2018, ГОСТ 21534-2021.

Воспроизводимость метода определения массовой концентрации хлористых солей по ГОСТ 21534-2021 принимают равной удвоенному значению сходимости (повторяемости) г, % массы. Значение сходимости (повторяемости)  $\Gamma_{xc}$ , выраженное по ГОСТ 21534-2021 в мг/дм<sup>3</sup>, переводят в массовые доли, %, по формуле

$$r = 0,1 \cdot \frac{\Gamma_{xc}}{\rho}, \quad (42)$$

где  $\Gamma_{xc}$  - сходимость (повторяемость) метода по ГОСТ 21534-2021, мг/дм<sup>3</sup>.

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

## 10 Оформление результатов поверки

10.1 При положительных результатах поверки СИКН оформляется свидетельство о поверке. Результаты поверки оформляют протоколом по форме, приведенной в приложении А.

10.2 Сведения о результатах поверки СИКН направляют в ФИФ ОЕИ в соответствии с документом «Порядок проведения поверки средств измерений», утвержденным приказом Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020 г.

10.3 При проведении поверки СИКН в фактически обеспечивающемся диапазоне измерений, менее указанного в описании типа, информация об объеме проведенной поверки передается в ФИФ ОЕИ.

10.4 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке СИКН.

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

Приложение А  
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_  
проверки системы измерений количества и показателей качества нефти  
№ 268 ПСП «Ножовка»  
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: \_\_\_\_\_

Проверка выполнена с применением эталонов: \_\_\_\_\_

регистрационный № \_\_\_\_\_

Методика поверки: \_\_\_\_\_

Условия проведения поверки СИКН: \_\_\_\_\_

**Результаты поверки:**

1. Внешний осмотр СИ (раздел 6 МП) \_\_\_\_\_  
(соответствует/не соответствует)
2. Подготовка к поверке и опробование СИ (раздел 7 МП) \_\_\_\_\_  
(соответствует/не соответствует)
3. Проверка ПО СИ (раздел 8 МП) \_\_\_\_\_  
(соответствует/не соответствует)
4. Проверка результатов поверки СИ, входящих в состав СИКН (п. 9.1 МП)

Таблица А.1 - Сведения о поверке СИ, входящих в состав СИКН

Средство измерения	Регистрационный №	Заводской №	Сведения о поверке

5. Определение относительной погрешности МХ РМ (п. 9.2 МП)

6. Определение относительной погрешности МХ ИВК (п. 9.3 – п. 9.5 МП)

МХ ИВК в части силы тока

Аналоговый вход \_\_\_\_\_

№ п/п	X, мА	Y, мА	γ, %
1	4,000		
2	8,000		
3	12,000		
4	16,000		
5	20,000		

МХ ИВК в части частоты

Частотный вход \_\_\_\_\_

№ п/п	задаваемая частота X, Гц	частота на ИВК Y, Гц	погрешность δ <sub>f</sub> , Гц
1	50		
2	2000		
3	5000		

4	8000		
5	10000		

МХ ИВК в части количества импульсов

Импульсный \_\_\_\_\_

№ п/п	Частота, Гц	Заданное, имп.	Действ., имп.	$\Delta_N$ , имп.
1	50,000	10000		
	5000,000	10000		
	10000,000	10000		

7. Определение относительной погрешности измерений массы брутто нефти (п. 9.6 МП)

8. Определение относительной погрешности измерений массы нетто нефти (п. 9.7 МП)

**Заключение:** система измерений количества и показателей качества нефти № 268 ПСП «Ножовка» признана \_\_\_\_\_ к дальнейшей эксплуатации.  
пригодной/не пригодной

Должность лица проводившего поверку: \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

Дата поверки: «\_\_\_\_\_» 20\_\_\_\_ г.

**Приложение Б**  
**(рекомендуемое)**

**Форма протокола определения относительной погрешности АБ с помощью  
рабочего эталона**

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_  
 определения относительной погрешности АБ

Место проведения определения МХ: \_\_\_\_\_

РМ: сенсор: \_\_\_\_\_ модель, DN \_\_\_\_\_ мм, зав. № \_\_\_\_\_, ПЭП \_\_\_\_\_ модель, зав. № \_\_\_\_\_  
 установлен на \_\_\_\_\_ сикн ИЛ № \_\_\_\_\_

Рабочая жидкость \_\_\_\_\_

Средства определения МХ:

ТПУ типа \_\_\_\_\_, разряд \_\_\_\_\_, зав. № \_\_\_\_\_, дата поверки \_\_\_\_\_

Поточный ПП типа \_\_\_\_\_, зав. № \_\_\_\_\_, дата поверки \_\_\_\_\_

**Т а б л и ц а Б.1 – Исходные данные**

ТПУ							
Детекторы	$V_0^{\text{ТПУ}}$ , м <sup>3</sup>	$\delta_{\text{ТПУ}}$ , %	D, мм	s, мм	E, МПа	$\alpha_t$ , °C <sup>-1</sup>	$\Delta t_{\text{ТПУ}}$ , °C
1	2	3	4	5	6	7	8

Окончание таблицы Б.1

Поточного ПП		ИВК		РМ
$\delta_{\text{пп}}$ , %	$\Delta t_{\text{пп}}$ , °C	$\delta_k^{\text{уoi}}$ , %	$KF_{\text{конф}}$ , имп/т	ZS, т/ч
9	10	11	12	13

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

№ точ / № изм. (i/j)	$Q_{ij}$ , т/ч	Результаты измерений						
		по ТПУ				по ПП		
		детекторы	$T_{ij}$ , с	$\bar{t}_{ij}^{\text{ТПУ}}$ , °C	$\bar{P}_{ij}^{\text{ТПУ}}$ , МПа	$\rho_{ij}^{\text{пп}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$t_{ij}^{\text{пп}}$ , °C	$P_{ij}^{\text{пп}}$ , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/1								
...								
1/n <sub>1</sub>								
...								
m/1								
...								
m/n <sub>m</sub>								

Окончание таблицы Б.2

№ точ / № изм. (i/j)	Результаты измерений по РМ	Результаты вычислений				
		$N_{ij}^{mac}$ , имп	$V_{npij}^{TPU}$ , м <sup>3</sup>	$\rho_{npij}^{\text{пп}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$M_{ij}^{po}$ , Т	$M_{ij}^{mac}$ , Т
		10	11	12	13	14
1						15
1/1						
...						
1/n <sub>1</sub>						
...						
m/1						
...						
m/n <sub>m</sub>						

Таблица Б.3 – Значения коэффициентов, использованных при вычислениях

$t_{(P,n)}$	$Z_{(P)}$
1	2

Таблица Б.4 – Результаты определения МХ (при реализации ГХ в ПЭП)

Точка расхода (j)	$\bar{Q}_j$ , т/ч	$\bar{MF}_j$	$S_{\text{диап}}^{MF}$ , %	$\delta_0^{mac}$ , %	$MF_{\text{диап}}$ , имп/т	$K_{\text{гр}}$	$\varepsilon$ , %	$\theta_{\Sigma}$ , %	$\delta$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
...									
m									

Таблица Б.4 – Результаты определения МХ (при реализации ГХ в ИВК в виде постоянного значения К-фактора в рабочем диапазоне)

Точка расхода (j)	$\bar{Q}_j$ , т/ч	$\bar{KF}_j$ , имп/т	$S_{\text{диап}}^{KF}$ , %	$\delta_0^{mac}$ , %	$KF_{\text{диап}}$ , имп/т	$\theta_{\text{диап}}^{KF}$ , %	$\varepsilon$ , %	$\theta_{\Sigma}$ , %	$\delta$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
...									
m									

Таблица Б.4 – Результаты определения МХ (при реализации ГХ в ИВК в виде кусочно-линейной аппроксимации значений  $\bar{KF}_j$ )

Точка расхода (j)	$\bar{Q}_j$ , т/ч	$\bar{KF}_j$ , имп/т	№ поддиона пазона (k)	$Q_{kmin}$ , т/ч	$Q_{kmax}$ , т/ч	$S_k^{KF}$ , %	$\delta_{0k}^{mac}$ , %	$\theta_k^{KF}$ , %	$\varepsilon_k$ , %	$\theta_{\Sigma k}$ , %	$\delta_k$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1			1								
2			...								
...			m-1								
m											

Заключение: РМ к дальнейшей эксплуатации \_\_\_\_\_ в качестве \_\_\_\_\_  
(годен, не годен)

рабочего и контрольного, или контрольного, или рабочего

Должностное лицо, проводившее ОП АБ:

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Дата проведения ОП АБ «\_\_\_\_\_» 20\_\_\_\_ г.

**П р и м е ч а н и е -** При формировании (оформлении) протокола определения МХ форму таблицы 4 выбирают в зависимости от способа и вида реализации ГХ РМ.

Значение расхода  $Q_{ij}$ , т/ч, округляют и записывают в протокол определения МХ с четырьмя значащими цифрами.

Количество импульсов  $N_{ij}^{mac}$ , имп, измеряют и его значение записывают в протокол определения МХ с двумя знаками после запятой (т.е. с долями периодов), если  $N_{ij}^{mac} \leq 10000$ . При  $N_{ij}^{mac} > 10\ 000$  допускается количество импульсов измерять и его значение записывать в протокол без долей периодов.

Значения времени прохождения шаровым поршнем калиброванного участка ТПУ  $T_{ij}$ , с, записывают в протокол определения МХ после округления до двух знаков после запятой.

Значения давления  $P_{ij}^{T\mu Y}$ ,  $P_{ij}^{PP}$ , МПа, температуры  $t_{ij}^{T\mu Y}$ ,  $t_{ij}^{PP}$ , °C, рабочей жидкости записывают в протокол определения МХ после округления до двух знаков после запятой - при использовании преобразователей давления и датчиков температуры.

При применении манометров и термометров значения перечисленных параметров записывают в протокол определения МХ с одним знаком после запятой.

Значения вместимости калиброванного участка ТПУ  $V_{prij}^{T\mu Y}$ ,  $m^3$ , в протокол определения МХ записывают после округления до шести значащих цифр.

Значения плотности рабочей жидкости  $\rho_{ij}^{PP}$ ,  $\rho_{prij}^{PP}$ ,  $kg/m^3$ , в протокол определения МХ записывают после округления до пяти значащих цифр.

Значения массы рабочей жидкости  $M_{ij}^{P3}$ ,  $M_{ij}^{mac}$ , т, в протокол определения МХ записывают после округления до шести значащих цифр.

Значения коэффициентов коррекции измерений массы  $MF_{ij}$ ,  $\bar{MF}_j$ ,  $MF_{диап}$  в протокол определения МХ записывают и в память ПЭП вводят значение  $MF_{диап}$  после округления до 5-ти значащих цифр.

Значения К-фактора  $KF_{конф}$ ,  $KF_{ij}$ ,  $\bar{KF}_j$ ,  $KF_{диап}$ , имп/т, округляют, исходя от количества знаков, вводимых в память ИВК (кроме  $KF_{ij}$ ), используемой в составе СИКН. В протокол определения МХ записывают значения после округления.

Значение градуировочного коэффициента  $K_{rp}$  в протокол определения МХ записывают и в память ПЭП вводят значение, округленное до пяти значащих цифр.

Значения СКО  $S_{диап}^{MF}$ ,  $S_{диап}^{KF}$ ,  $S_k^{KF}$ , %, и погрешностей  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon_k$ ,  $\theta_\Sigma$ ,  $\theta_{\Sigma k}$ ,  $\theta_{диап}^{MF}$ ,  $\theta_{диап}^{KF}$ ,  $\delta$ ,  $\delta_k$ , %, записывают в протокол определения МХ после округления их до трех знаков после запятой.

## Приложение В

### Коэффициенты линейного расширения $a_t$ и значения модуля упругости $E$ материала стенок ТПУ

В.1 Коэффициент линейного расширения и значение модуля упругости материала стенок ТПУ определяют из таблицы В.1.

Т а б л и ц а В.1 - Коэффициенты линейного расширения и значения модуля упругости материала стенок ТПУ

Материал стенок ТПУ	$a_t, ^\circ\text{C}^{-1}$	$E, \text{МПа}$
1	2	3
Сталь углеродистая	$11,2 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^5$
Сталь легированная	$11,0 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^5$
Сталь нержавеющая	$16,6 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^5$
Латунь	$17,8 \times 10^{-6}$	-
Алюминий	$24,5 \times 10^{-6}$	-
Медь	$17,4 \times 10^{-6}$	-

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.

## **Приложение Г**

### **Определение коэффициентов объемного расширения и сжимаемости рабочей жидкости**

Г.1 Коэффициенты объемного расширения  $\beta_{ж}$ ,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ , и сжимаемости  $\gamma_{ж}$ ,  $\text{МПа}^{-1}$ , определяют по реализованным в УОИ или АРМ оператора алгоритмам, разработанным согласно МИ 2632-2001.

Г.2 При отсутствии алгоритмов по Г.1 коэффициенты объемного расширения  $\beta_{ж}$ ,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ , и сжимаемости  $\gamma_{ж}$ ,  $\text{МПа}^{-1}$ , определяют для нефти по таблицам Р 50.2.076-2010.

## Приложение Д

### Вычисление значений $V_{\text{приj}}^{\text{TПУ}}$ и $\rho_{\text{приj}}^{\text{ПП}}$ при использовании ПК и электронных таблиц для обработки результатов измерений

Д.1 Значение  $V_{\text{приj}}^{\text{TПУ}}$  вычисляют по формуле

$$V_{\text{приj}}^{\text{TПУ}} = V_0^{\text{TПУ}} \cdot k_{ij}^t \cdot k_{ij}^P, \quad (\text{Д.1})$$

где  $k_{ij}^t$  - коэффициент, учитывающий влияние температуры рабочей жидкости на вместимость ТПУ, значение которого вычисляют по формуле

$$k_{ij}^t = 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot \left( \frac{-T_{\text{ПП}}}{T_{ij}} - 20 \right); \quad (\text{Д.1.1})$$

где  $k_{ij}^P$  - коэффициент, учитывающий влияние давления рабочей жидкости на вместимость ТПУ, значение которого вычисляют по формуле

$$k_{ij}^P = 1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot s} \cdot \frac{T_{\text{ПП}}}{T_{ij}}. \quad (\text{Д.1.2})$$

Д.2 Значение  $\rho_{\text{приj}}^{\text{ПП}}$  вычисляют по формуле

$$\rho_{\text{приj}}^{\text{ПП}} = \rho_{ij}^{\text{ПП}} \cdot k_{ij}^{\Delta t} \cdot k_{ij}^{\Delta P}, \quad (\text{Д.2})$$

где  $k_{ij}^{\Delta t}$  - коэффициент, учитывающий разность температуры рабочей жидкости в поточном ПП и ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода, значение которого вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{\Delta t} = 1 + \beta_{\text{жij}} \cdot \left( \frac{T_{ij}^{\text{ПП}} - T_{ij}^{\text{TПУ}}}{T_{ij}} \right); \quad (\text{Д.2.1})$$

где  $k_{ij}^{\Delta P}$  - коэффициент, учитывающий разность давления рабочей жидкости в поточном ПП и ТПУ при i-м измерении в j-й точке расхода, значение которого вычисляют по формуле

$$k_{ij}^{\Delta P} = 1 + \gamma_{\text{жij}} \cdot \left( \frac{P_{ij}^{\text{TПУ}} - P_{ij}^{\text{ПП}}}{P_{ij}} \right). \quad (\text{Д.2.2})$$

## Приложение Е

### Определение значений квантиля распределения Стьюдента $t_{(P,n)}$ и коэффициента $Z_{(P)}$

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

Таблица Е.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 Е.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

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

Таблица Е.2 - Значения коэффициента  $Z_{(P)}$  при  $P = 0,95$

$\theta_{\Sigma}/S$	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