

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТРАНСНЕФТЬ»  
(ПАО «ТРАНСНЕФТЬ»)  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТРАНСНЕФТЬ – АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ»  
(АО «ТРАНСНЕФТЬ – АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ»)

**«СОГЛАСОВАНО»**



Главный инженер  
АО «Транснефть – Автоматизация и  
Метрология»

И.Ф. Гибаев

« 27 » июня 2024 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений**

Система измерений количества и показателей качества нефти  
№ 730. Резервная схема учета. ПСП «Козьмино»

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**МП-0038-ТАМ-2024**

г. Москва  
2024

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на систему измерений количества и показателей качества нефти № 730. Резервная схема учета. ПСП «Козьмино» (далее – СИКН РСУ), заводской № 730, и устанавливает методику первичной поверки до ввода в эксплуатацию и после ремонта, а также методику периодической поверки в процессе эксплуатации.

СИКН РСУ соответствует требованиям к средству измерений (далее – СИ), установленным Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной Приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, и прослеживается к Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019.

Метрологические характеристики СИ, входящих в состав СИКН РСУ, подтверждаются сведениями о поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ). Метрологические характеристики СИКН РСУ определяются на месте эксплуатации расчетным методом. Допускается определение метрологических характеристик СИКН РСУ комплектным методом.

Если очередной срок поверки СИ из состава СИКН РСУ наступает до очередного срока поверки СИКН РСУ, или появилась необходимость проведения периодической или внеочередной поверки СИ, то поверяют только это СИ, при этом внеочередную поверку СИКН РСУ не проводят.

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

Таблица 1

Диапазон измерений расхода нефти через СИКН РСУ*, м <sup>3</sup> /ч	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы брутто нефти, %	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы нетто нефти, %
от 1500 до 12000	±0,25	±0,35
*Указаны минимальное и максимальное значения диапазона измерений. Фактический диапазон измерений определяется при проведении поверки СИКН РСУ и не может выходить за пределы приведенного диапазона измерений.		

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки выполняют операции, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции	Обязательность выполнения операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	6
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании СИ)	Да	Да	7.1 7.2
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании СИ)	Да	Да	7.3



Определение метрологических характеристик	Да	Да	9
Подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	Да	Да	10

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

### 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Поверку СИКН РСУ проводят на месте эксплуатации в диапазоне измерений, указанном в описании типа, или фактически обеспечиваемом при поверке диапазоне измерений с обязательной передачей сведений об объеме проведенной поверки в ФИФОЕИ. Фактический диапазон измерений не может превышать диапазона измерений, указанного в описании типа СИКН РСУ.

3.2 Определение метрологических характеристик СИКН РСУ проводят при условиях, предусмотренных 3.4 или 3.5, в зависимости от применяемого способа.

3.3 Условия эксплуатации СИКН РСУ и параметры измеряемой среды при проведении поверки должны соответствовать требованиям, приведенным в описании типа СИКН РСУ.

3.4 Определение метрологических характеристик СИКН РСУ комплектным способом проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами измерительной линии (ИЛ) при следующих условиях:

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

3.4.2 Изменение температуры измеряемой среды на входе и выходе поверочной установки, в преобразователе объемного расхода, используемого в качестве компаратора, и в преобразователе расхода жидкости ультразвукового DFX-MM, DFX-LV, модификации DFX-MM типоразмера DFX28 (далее – УПР), входящего в состав СИКН РСУ, за время измерения не должно превышать  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

3.4.3 Температура, влажность окружающей среды и физико-химические показатели измеряемой среды соответствуют условиям эксплуатации СИКН РСУ;

3.4.4 Отклонение вязкости измеряемой среды за время поверки находится в допускаемых пределах для применяемого преобразователя объемного расхода, используемого в качестве компаратора;

3.4.5 Диапазоны рабочего давления и объемного расхода определяются типоразмером УПР, входящего в состав СИКН РСУ, и технологическими требованиями;

3.4.6 Содержание свободного газа не допускается.

3.4.7 Для обеспечения бескавитационной работы избыточное давление в трубопроводе после УПР, входящего в состав СИКН РСУ, и преобразователя объемного расхода, используемого в качестве компаратора  $P_{\min}$ , МПа, должно быть не менее вычисленного по формуле:

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

где  $P_{\text{нп}}$  – давление насыщенных паров по ГОСТ 1756, при максимальной температуре измеряемой среды, МПа;

$\Delta P$  – перепад давления на УПР, входящего в состав СИКН РСУ, или на преобразователе объемного расхода, используемого в качестве компаратора, МПа. Используется значение из технической документации соответствующего средства измерений.

3.4.8 Регулирование объемного расхода проводят при помощи регуляторов расхода, расположенных на выходе ИЛ.

3.5 Определение метрологических характеристик СИКН РСУ, при поэлементном способе,



проводят при условиях, предусмотренных методиками поверки СИ, входящих в состав СИКН РСУ.

3.6 При соблюдении условий 3.1, 3.3 и 3.4 или 3.1, 3.3 и 3.5 считают, что факторы, которые могут оказать влияние на точность результатов измерений при поверке, отсутствуют.

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

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

Таблица 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения работ	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.7.1, 7.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании СИ)	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 26,5 до +37 °С с абсолютной погрешностью $\pm 0,4$ °С.	Прибор комбинированный, Testo-622, (регистрационный № 53505-13). Термометры лабораторные электронные ЛТ-300, (регистрационный № 61806-15).
п. 9 Определение метрологических характеристик	Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с ГПС часть 2, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 (ТПУ) с диапазоном расхода, соответствующим диапазону измерений преобразователя расхода жидкости ультразвукового DFX-MM (далее – УПР), и пределами допускаемой относительной погрешности не более $\pm 0,05$ %. Преобразователи объемного расхода (далее – ПР) СКО результатов измерений при определении коэффициента преобразования не более $\pm 0,02$ %. Поточный преобразователь плотности (далее – ПП) с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ кг/м <sup>3</sup> . Комплекс измерительно-вычислительный с пределами допускаемой относительной погрешности при преобразовании сигналов от первичных преобразователей и вычислении коэффициентов преобразования преобразователей расхода при определении метрологических характеристик $\pm 0,025$ %, пределы допускаемой относительной погрешности при преобразовании сигналов от первичных преобразователей в значение массы нефти $\pm 0,05$ % (далее – ИВК).	Установка поверочная трубопоршневая двуправленная, (регистрационный № 37248-08). Преобразователи расхода жидкости турбинные геликоидные серии НТМ модели НТМ 16 (основной схемы учета) (регистрационный № 38725-08). Преобразователь плотности жидкости измерительный (мод. 7835) (регистрационный № 15644-06). Комплекс измерительно-вычислительный ТН-01 (регистрационный № 67527-17).



	Преобразователи избыточного давления с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5\%$ . Датчики температуры с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Поточный преобразователь вязкости с пределами допускаемой приведенной погрешности $\pm 1,0\%$ .	Преобразователь давления измерительный 3051 (регистрационный № 14061-04). Термопреобразователь сопротивления платиновый с унифицированным выходным сигналом ТСПУ модели 65-644 (регистрационный № 27129-04). Преобразователь плотности и вязкости жидкости измерительный модели 7829 (регистрационный № 15642-06).
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

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

При проведении поверки должны соблюдаться требования правил безопасности при эксплуатации средств поверки и СИКН РСУ, приведенных в их эксплуатационных документах, и инструкций по охране труда, действующих на объекте.

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, инструкции (руководства) по эксплуатации СИКН РСУ и средств поверки и прошедшие инструктаж по охране труда.

## 6 Внешний осмотр средства измерений

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

- состав СИКН РСУ должен соответствовать эксплуатационной документации;
- на компонентах СИКН РСУ не должно быть механических повреждений и дефектов, препятствующих применению СИКН РСУ;
- надписи и обозначения на компонентах СИКН РСУ должны быть четкими и соответствовать их эксплуатационной документации.

Результат считают положительным, если СИКН РСУ соответствует вышеперечисленным требованиям.

## 7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании СИ) проводят с применением средств поверки в соответствии с таблицей 3. Параметры измеряемой среды контролируем по автоматизированным рабочим местам (АРМ) оператора СИКН с применением соответствующих СИ из состава СИКН.



## 7.2 Подготовка к поверке

Подготовку и установку средств поверки (таблица 3) и СИКН РСУ осуществляют в соответствии с их эксплуатационной документацией.

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

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

Собирают и заполняют нефтью технологическую схему. Оперативным персоналом путем визуального осмотра проверяется отсутствие утечек нефти через фланцевые, резьбовые и уплотнительные соединения элементов технологической схемы СИКН РСУ. На элементах технологической схемы СИКН РСУ не должно наблюдаться следов нефти. При обнаружении следов нефти поверку прекращают и принимают меры по устранению утечки.

7.3 Перед началом определения относительной погрешности СИКН РСУ комплексным способом выполняют следующие подготовительные работы:

Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке или знаков поверки на все средства поверки.

Проверяют правильность монтажа УПР, входящего в состав СИКН РСУ.

Подготавливают средства поверки согласно указаниям технической документации.

Проводят чистку фильтров на ИЛ.

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

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

При рабочем давлении проверяют герметичность схемы, состоящей из УПР, входящего в состав СИКН РСУ, ПР и ТПУ. При этом не допускается появление капель или утечек измеряемой среды через сальники, фланцевые, резьбовые или сварные соединения при наблюдении в течение 5 мин.

Проверяют герметичность задвижек, через которые возможны утечки измеряемой среды, влияющие на результаты измерений при определении метрологических характеристик.

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

Проводят установку нуля УПР, входящего в состав СИКН РСУ согласно технической документации.

Проверяют стабильность температуры измеряемой среды. Температуру измеряемой среды считают стабильной, если ее изменение в ТПУ, ПР и УПР, входящем в состав СИКН РСУ, не превышает  $\pm 0,2$  °C за время измерения.

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

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

## 7.4 Опробование

7.4.1 Проверяют действие и взаимодействие СИ в составе СИКН РСУ в соответствии с



эксплуатационной документацией СИКН РСУ, а также проверяют наличие связи между первичными преобразователями, вторичной аппаратурой и ИВК и компьютером автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора СИКН РСУ путем визуального контроля меняющихся значений измеряемых величин на дисплее компьютера АРМ оператора.

7.4.2 Опробование УПР, входящего в состав СИКН РСУ проводят совместно со средствами поверки.

Устанавливают объемный расход измеряемой среды в пределах текущего диапазона измерений расхода УПР, входящего в состав СИКН РСУ.

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

7.4.3 Результат опробования считают положительным, если получены положительные результаты по п. 7.4.1 методики поверки (при поэлементном способе).

7.4.4 Результат опробования считают положительным, если получены положительные результаты по п. 7.4.1 по п. 7.4.2 методики поверки (при комплектном способе).

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

Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) СИКН РСУ проводят в соответствии с руководством оператора.

Результат считают положительным, если идентификационные данные ПО СИКН РСУ соответствуют указанным в описании типа СИКН РСУ.

## **9 Определение метрологических характеристик**

### **9.1 Проверка результатов поверки СИ, входящих в состав СИКН РСУ**

Проверяют у СИ, входящих в состав СИКН РСУ, наличие информации о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ и действующих знаков поверки, если нанесение знаков поверки на СИ предусмотрено их описаниями типа.

Перечень СИ, входящих в состав СИКН РСУ, приведен в описании типа СИКН РСУ.

Входящие в состав СИКН РСУ СИ на момент проведения поверки СИКН РСУ должны быть поверены в соответствии с документами на поверку, указанными в свидетельствах об утверждении типа (описаниях типа) данных СИ.

Метрологические характеристики СИКН РСУ определяют согласно 9.2 или 9.3 настоящего документа. Первичная поверка и первичная поверка после ремонта УПР, входящего в состав СИКН РСУ, выполняется в соответствии с методиками поверки, установленными при утверждении типа УПР, входящего в СИКН РСУ.

Показывающие СИ температуры и давления должны быть поверены в соответствии с методиками поверки, указанными в свидетельствах об утверждении типа (описаниях типа) данных СИ. Проверку согласно 9.1 проводят для средств измерений, фактически установленных показывающих СИ температуры и давления на момент проведения поверки СИКН РСУ.

При отсутствии информации о положительных результатах поверки в ФИФ ОЕИ и действующих знаков поверки на УПР, входящего в состав СИКН РСУ, допускается определение метрологических характеристик СИКН РСУ по п. 9.3.

### **9.2 Определение метрологических характеристик СИКН РСУ поэлементным методом**

СИ, входящие в состав СИКН РСУ, должны быть поверены в соответствии с документами на поверку, установленными при утверждении типа СИ.

Перечень СИ, входящих в состав СИКН РСУ, приведен в описании типа СИКН РСУ.

Относительная погрешность измерений объемного расхода с применением СИКН РСУ принимается равной верхней границе относительной погрешности УПР, входящего в состав СИКН РСУ.



### 9.3 Определение метрологических характеристик СИКН РСУ комплектным методом

Алгоритм определения метрологических характеристик УПР, входящего в состав СИКН РСУ, соответствует алгоритму поверки преобразователей объемного расхода, приведенному в МИ 3265-2010.

9.3.1 При определении метрологических характеристик УПР, входящего в состав СИКН РСУ определяют следующие метрологические характеристики:

- коэффициент преобразования УПР, входящего в состав СИКН РСУ, в рабочем диапазоне измерений объемного расхода или коэффициенты преобразования УПР в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- границу относительной погрешности УПР, входящего в состав СИКН РСУ, в рабочем диапазоне измерений объемного расхода.

9.3.2 Определение метрологических характеристик УПР, входящего в состав СИКН РСУ, проводят не менее чем в трех точках рабочего диапазона измерений объемного расхода. Значения объемного расхода (точки рабочего диапазона) выбирают с интервалом не более 20 % от максимального значения объемного расхода УПР, входящего в состав СИКН РСУ. В каждой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода проводят не менее пяти измерений.

9.3.3 Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

9.3.4 Определение метрологических характеристик УПР, входящего в состав СИКН РСУ по ТПУ и ПР

9.3.4.1 Для каждой выбранной точки объемного расхода из рабочего диапазона измерений объемного расхода, определяют необходимое значение объемного расхода через ПР для обеспечения заданного объемного расхода через УПР, входящего в состав СИКН РСУ.

9.3.4.2 Определяют коэффициент преобразования ПР при выбранных значениях объемного расхода. При каждом выбранном значении объемного расхода проводят не менее пяти измерений.

Устанавливают выбранное значение объемного расхода через ПР по показаниям ПР и проводят предварительное измерение для уточнения значения установленного объемного расхода.

После стабилизации объемного расхода в соответствии с 3.4.1 и стабилизации температуры измеряемой среды в соответствии с Глава 1496359258 проводят необходимое количество измерений

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

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

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

- температуры измеряемой среды на входе и выходе ТПУ;
- давления измеряемой среды на входе и выходе ТПУ;
- температуры измеряемой среды в ПР;
- давления измеряемой среды в ПР;
- плотность измеряемой среды, измеренную преобразователе плотности (далее – ПП), входящего в состав СИКН № 730 ОСУ;
- температуру измеряемой среды в ПП, входящего в состав СИКН № 730 ОСУ;
- давление измеряемой среды в ПП, входящего в состав СИКН № 730 ОСУ;
- кинематическую вязкость измеряемой среды, измеренную преобразователе вязкости (далее – ПВ), входящего в состав СИКН № 730 ОСУ.



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

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.

Обработку результатов измерений выполняют по Приложению А настоящей методики поверки.

Результаты измерений заносят в отдельный протокол для каждого ПР. Рекомендуемая форма протокола определения коэффициента преобразования ПР приведена в приложении Б. Допускается в таблицах протокола удалять ненужные и добавлять необходимые столбцы и строки. Допускается использовать форму протокола, приведенного в приложении Б МИ 3265–2010.

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

Таблица 4 – Округление результатов измерений

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

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

Полученный коэффициент преобразования ПР устанавливают в ИВК.

#### 9.3.4.3 Определение коэффициента преобразования УПР, входящего в состав СИКН РСУ

Для определения коэффициента преобразования УПР, входящего в состав СИКН РСУ, устанавливают выбранное значение объемного расхода по показаниям выбранных ПР. Значение объемного расхода измеряемой среды через выбранные ПР должно отклоняться не более 2,5 % от расхода, при котором были определены коэффициенты преобразования ПР.

9.3.4.4 После стабилизации объемного расхода в соответствии с Глава 1496359258 и стабилизации температуры измеряемой среды в соответствии с Глава 1496359258 проводят необходимое количество измерений.

9.3.4.5 Начинают измерение. ИВК одновременно начинает отсчет импульсов выходных сигналов ПР и УПР, входящего в состав СИКН РСУ. При достижении заданного количества импульсов выходного сигнала УПР, входящего в состав СИКН РСУ, или истечении заданного времени измерения ИВК одновременно заканчивает отсчет импульсов выходных сигналов выбранных ПР и УПР, входящего в состав СИКН РСУ.

Если количество импульсов выходного сигнала ПР или УПР, входящего в состав СИКН РСУ, за время измерения меньше 10000, то ИВК должен определять количество импульсов с долями.



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

- температуры измеряемой среды в УПР, входящим в состав СИКН РСУ;
- давления измеряемой среды в УПР, входящим в состав СИКН РСУ;
- температуры измеряемой среды в выбранных ПР;
- давления измеряемой среды в выбранных ПР;
- плотность измеряемой среды, измеренную ПП, входящего в состав СИКН

№ 730 ОСУ;

- температуру измеряемой среды в ПП, входящего в состав СИКН № 730 ОСУ;
- давление измеряемой среды в ПП, входящего в состав СИКН № 730 ОСУ;
- кинематическую вязкость измеряемой среды, измеренную ПВ, входящего в состав

СИКН № 730 ОСУ.

### 9.3.5 Обработка результатов измерений

Объем измеряемой среды, прошедший через УПР, входящий в состав СИКН РСУ, за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $V_{ji}$ ,  $\text{м}^3$ , вычисляют по формуле

$$V_{ji} = \sum_{k=1}^{n_k} \left( V_{jik} \cdot \frac{CTL_{ПР_{jik}} \cdot CPL_{ПР_{jik}}}{CTL_{УПР_{ji}} \cdot CPL_{УПР_{ji}}} \right), \quad (2)$$

- где  $V_{jik}$  – объем измеряемой среды, прошедшей через ПР за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $\text{м}^3$ ;
- $CTS_{ji}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ТПУ, для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- $CPS_{ji}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ТПУ, для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- $CTL_{ПР_{jik}}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в ПР для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В);
- $CPL_{ПР_{jik}}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для давления рабочей жидкости в ПР для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В);
- $CTL_{УПР_{ji}}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в УПР, входящего в состав СИКН РСУ, для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В);
- $CPL_{УПР_{ji}}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем измеряемой среды, определенный для давления измеряемой среды в УПР, входящего в состав СИКН РСУ, для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В).

Объем измеряемой среды, прошедшей через ПР за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода  $V_{jik}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , вычисляют по формуле

$$V_{jik} = \frac{N_{jik}}{K_{jk}}, \quad (3)$$

- где  $N_{jik}$  – количество импульсов от ПР за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, импульс;
- $K_{jk}$  – коэффициент преобразования ПР, определенный для  $j$ -ой точки рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению А), импульс/ $\text{м}^3$ .

Коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ТПУ, для



$i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода  $CTS_{ji}$ , вычисляют по формуле

$$CTS_{ji} = 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot (t_{пу\,ji} - 20), \quad (4)$$

- где  $\alpha_t$  – коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ТПУ (согласно технической документации ТПУ или определяют по таблице Г.2 приложения Г),  $1/^\circ\text{C}$ ;  
 $t_{пу\,ji}$  – температура измеряемой среды в ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $^\circ\text{C}$

Температуру измеряемой среды в ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода  $t_{пу\,ji}$ ,  $^\circ\text{C}$ , вычисляют по формуле

$$t_{пу\,ji} = \frac{t_{вхПУ\,ji} + t_{выхПУ\,ji}}{2}, \quad (5)$$

- где  $t_{вхПУ\,ji}$  – температура измеряемой среды на входе и выходе ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $^\circ\text{C}$ .  
 $t_{выхПУ\,ji}$

Коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ТПУ, для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода  $CPS_{ji}$ , вычисляют по формуле

$$CPS_{ji} = 1 + 0,95 \cdot \frac{P_{пу\,ji} \cdot D}{E \cdot S}, \quad (6)$$

- где  $P_{пу\,ji}$  – давление измеряемой среды в ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, МПа;  
 $D$  – внутренний диаметр калиброванного участка ТПУ (согласно технической документации ТПУ), мм;  
 $E$  – модуль упругости материала стенок калиброванного участка ТПУ (согласно технической документации ТПУ или определяют по приложению Г), МПа;  
 $S$  – толщина стенок калиброванного участка ТПУ (согласно технической документации ТПУ), мм.

Давление измеряемой среды в ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода  $P_{пу\,ji}$ , МПа, вычисляют по формуле

$$P_{пу\,ji} = \frac{P_{вхПУ\,ji} + P_{выхПУ\,ji}}{2}, \quad (7)$$

- где  $P_{вхПУ\,ji}$  – давление измеряемой среды на входе и выходе ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, МПа.  
 $P_{выхПУ\,ji}$

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

$$Q_{упр\,ji} = \frac{V_{упр\,ji}}{T_{ji}}, \quad (8)$$

- где  $V_{упр\,ji}$  – объем измеряемой среды, прошедшей через УПР, входящий в состав СИКН РСУ, за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $\text{м}^3$ .

Объемный расход измеряемой среды через УПР, входящий в состав СИКН РСУ, в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода  $Q_{упр\,j}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , вычисляют по формуле



$$Q_{\text{УПР}j} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} Q_{\text{УПР}ji}}{n_j}, \quad (9)$$

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

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

$$f_{ji} = \frac{N_{ji}}{T_{ji}}, \quad (10)$$

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

Частоту выходного сигнала УПР, входящего в состав СИКН РСУ, в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $f_j$ , Гц, вычисляют по формуле

$$f_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} f_{ji}}{n_j}. \quad (11)$$

Коэффициент преобразования УПР, входящего в состав СИКН РСУ, для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $K_{ji}$ , импульс/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$K_{ji} = \frac{N_{ji}}{V_{\text{УПР}ji}}. \quad (12)$$

Коэффициент преобразования УПР, входящего в состав СИКН РСУ, в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $K_j$ , импульс/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} K_{ji}}{n_j}. \quad (13)$$

Коэффициент преобразования УПР, входящего в состав СИКН РСУ в рабочем диапазоне измерений объемного расхода,  $K$ , импульс/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$K = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m K_j, \quad (14)$$

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

### 9.3.6 Оценка среднего квадратического отклонения результатов измерений

Среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) результатов измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $S_j$ , %, вычисляют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ji} - K_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_j} \cdot 100. \quad (15)$$

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \leq 0,05 \%. \quad (16)$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

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



Границу неисключенной систематической погрешности УПР, входящего в состав СИКН РСУ,  $\Theta_{\Sigma}$ , %, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_V^2 + \Theta_A^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{ИВК}}^2}, \quad (17)$$

- где  $\Theta_V$  – граница неисключенной систематической погрешности определения объема измеряемой среды с помощью ПР %;
- $\Theta_A$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью аппроксимации градуировочной характеристики, %;
- $\Theta_t$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры измеряемой среды в ТПУ и ПР, %;
- $\Theta_{\text{ИВК}}$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК, %.

Граница неисключенной систематической погрешности определения объема измеряемой среды с помощью ПР  $\Theta_V$ , %, соответствует наибольшему значению границы относительной погрешности  $k$ -ого ПР  $\delta_k$ , %, которая определяется по приложению А

$$\Theta_V = \max(\delta_k). \quad (18)$$

Границу неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью аппроксимации градуировочной характеристики  $\Theta_A$ , %, вычисляют по формулам

$$\Theta_A = \begin{cases} \max \left( 0,5 \cdot \left| \frac{K_j - K_{j+1}}{K_j + K_{j+1}} \right| \cdot 100 \right) & \text{при кусочно-линейной аппроксимации,} \\ \max \left( \left| \frac{K_j - K}{K} \right| \cdot 100 \right) & \text{при постоянном коэффициенте преобразования,} \end{cases} \quad (19)$$

- где  $K_j, K_{j+1}$  – коэффициенты преобразования УПР, входящего в состав СИКН РСУ, в  $j$ -ой и  $(j+1)$ -ой точках рабочего диапазона измерений объемного расхода, импульс/м<sup>3</sup>.

Границу неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры измеряемой среды в ПР и УПР, входящего в состав СИКН РСУ,  $\Theta_t$ , %, вычисляют по формуле

$$\Theta_t = \beta_{\max} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{\text{ПР}}^2 + \Delta t_{\text{УПР}}^2}, \quad (20)$$

- где  $\beta_{\max}$  – максимальное значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды, 1/°C;
- $\Delta t_{\text{ПР}}$  – пределы допускаемой абсолютной погрешности датчиков температуры, установленных около ПР (берут из сведений о поверке), °C;
- $\Delta t_{\text{УПР}}$  – предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователей температуры, установленных около УПР, входящего в состав СИКН РСУ, (берут из сведений о поверке), °C.

Максимальное значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды  $\beta_{\max}$ , 1/°C вычисляют по формуле

$$\beta_{\max} = \max(\beta_{jik}), \quad (21)$$

- где  $\beta_{jik}$  – коэффициент объемного расширения измеряемой среды при температуре  $t_{\text{ПР}jik}$  для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению Г), 1/°C.

Граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК  $\Theta_{\text{ИВК}}$ , %, соответствует пределу допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования ИВК  $\delta_{\text{ИВК}}$ , %

$$\Theta_{\text{ИВК}} = \delta_{\text{ИВК}}. \quad (22)$$

СКО среднего значения результатов измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона



измерений объемного расхода  $S_{0j}$ , %, вычисляют по формуле

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}. \quad (23)$$

Границу случайной погрешности УПР, входящего в состав СИКН РСУ, в рабочем диапазоне измерений объемного расхода при доверительной вероятности  $P = 0,95$ ,  $\varepsilon$ , %, вычисляют по формулам

$$\varepsilon = \max(\varepsilon_j), \quad (24)$$

$$\varepsilon_j = t_{0,95j} \cdot S_{0j}, \quad (25)$$

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

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

Границу относительной погрешности УПР, входящего в состав СИКН РСУ, в рабочем диапазоне измерений объемного расхода  $\delta$ , %, определяют по формулам

$$\delta = \begin{cases} \varepsilon & \text{если } \frac{\Theta_\Sigma}{S_0} < 0,8, \\ t_\Sigma \cdot S_\Sigma & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_\Sigma}{S_0} \leq 8, \\ \Theta_\Sigma & \text{если } \frac{\Theta_\Sigma}{S_0} > 8, \end{cases} \quad (26)$$

где  $t_\Sigma$  – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

$S_\Sigma$  – суммарное СКО результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %.

Коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей  $t_\Sigma$ , вычисляют по формуле

$$t_\Sigma = \frac{\varepsilon + \Theta_\Sigma}{S_0 + S_\Theta}. \quad (27)$$

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

СКО суммы неисключенных систематических погрешностей  $S_\Theta$ , %, вычисляют по формуле

$$S_\Theta = \sqrt{\frac{\Theta_V^2 + \Theta_t^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{\text{ИВК}}^2}{3}}. \quad (28)$$

Суммарное СКО результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода  $S_\Sigma$ , %, вычисляют по формуле

$$S_\Sigma = \sqrt{S_\Theta^2 + S_0^2} \quad (29)$$

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

Проверяют выполнение условия

$$\delta \leq 0,15 \%. \quad (30)$$

Если условие не выполняется, то рекомендуется:

– увеличить количество точек в рабочем диапазоне измерений объемного расхода;

– увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений объемного



расхода;

– увеличить время измерения.

Проводят повторную проверку выполнения условия (30). При повторном невыполнении условия (30) поверку прекращают.

Результаты измерений заносят в протокол. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении Е. Допускается в таблицах протокола удалять ненужные и добавлять необходимые столбцы и строки. Допускается использовать форму протокола из приложения В МИ 3265–2010.

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

Относительная погрешность измерений объемного расхода нефти с применением СИКН РСУ принимается равной относительной погрешности УПР, входящего в состав СИКН РСУ.

#### 9.4 Определение диапазона измерений объемного расхода нефти СИКН РСУ

Определение диапазона измерений объемного расхода СИКН проводят путем анализа результатов поверки или определения метрологических характеристик УПР, входящего в состав СИКН РСУ. За минимальное значение расхода через СИКН РСУ принимают наименьшее из значений объемного расхода через УПР, входящего в состав СИКН РСУ или значение минимального расхода, указанного в описании типа СИКН РСУ, если оно больше. За максимальное значение расхода через СИКН РСУ принимают максимальное значение объемного расхода через УПР, входящего в состав СИКН РСУ или значение максимального расхода, указанного в описании типа СИКН РСУ, если оно меньше.

#### 9.5 Определение относительной погрешности СИКН РСУ при измерениях массы брутто нефти

Определение относительной погрешности СИКН РСУ при измерении массы брутто нефти проводят расчетным методом. Для вычисления относительной погрешности СИКН РСУ, используют метрологические характеристики СИ, применяемых в составе СИКН РСУ для вычисления массы брутто нефти.

Относительную погрешность измерений массы брутто нефти СИКН РСУ  $\delta_{мб}$ , %, вычисляют по формуле

$$\delta_{мб} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_v^2 + G^2 \cdot (\delta_p^2 + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta_{T_p}^2) + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta_{T_v}^2 + \delta_N^2}, \quad (31)$$

где  $\delta_v$  – относительная погрешность измерений объема нефти, %. Принимают равной значению относительной погрешности измерений объема УПР, входящего в состав СИКН РСУ (из описания типа на УПР, входящего в состав СИКН РСУ);

$G$  – коэффициент, вычисляемый по формуле

$$G = \frac{1 + 2 \cdot \beta \cdot T_v}{1 + 2 \cdot \beta \cdot T_p}, \quad (32)$$

где  $\beta$  – коэффициент объемного расширения нефти,  $1/^\circ\text{C}$  (определяется в соответствии с ГОСТ 8.587-2019 Приложение А);

$T_v$  – температура нефти при измерениях ее объема,  $^\circ\text{C}$ , принимают равной температуре нефти измерительной линии в момент проведения поверки;

$T_p$  – температура нефти при измерениях ее плотности,  $^\circ\text{C}$ , принимают равной температуре нефти в БИК СИКН № 730 ОСУ;

$\delta_p$  – относительная погрешность измерений плотности нефти, % (определяется по формуле (33));

$\Delta_{T_p}$  – абсолютная погрешность измерений температуры нефти при измерениях ее плотности,  $^\circ\text{C}$ , принимают равной значению абсолютной погрешности



измерений температуры преобразователями температуры, установленными в БИК СИКН № 730 ОСУ (из свидетельства о поверке на преобразователь температуры);

$\Delta_{T_v}$  – абсолютная погрешность измерений температуры нефти при измерениях ее объема, °С, принимают равной значению абсолютной погрешности измерений температуры преобразователем температуры, установленным на измерительной линии СИКН РСУ (из свидетельства о поверке на преобразователь температуры);

$\delta_N$  – пределы допускаемой относительной погрешности ИВК при преобразовании сигналов от первичных преобразователей в значение массы нефти (из описания типа ИВК), %.

Относительную погрешность измерений плотности нефти  $\delta_p$ , %, вычисляют по формуле

$$\delta_p = \frac{\Delta_p \cdot 100}{\rho}, \quad (33)$$

где  $\Delta_p$  – абсолютная погрешность измерений плотности нефти, кг/м<sup>3</sup> (определяется в соответствии с МИ СИКН РСУ);

$\rho$  – нижний предел рабочего диапазона плотности нефти, кг/м<sup>3</sup> (в соответствии с эксплуатационной документацией на СИКН РСУ).

Результат считают положительным, если полученное значение относительной погрешности измерений массы брутто нефти с применением СИКН РСУ не превышает установленные пределы  $\pm 0,25$  %.

## 9.6 Определение относительной погрешности СИКН РСУ при измерениях массы нетто нефти

Определение относительной погрешности измерений массы нетто нефти СИКН РСУ проводят расчетным методом в соответствии с ГОСТ 8.587 «Государственная система обеспечения единства измерений. Масса нефти и нефтепродуктов. Методики (методы) измерений».

Пределы относительной погрешности измерений массы нетто нефти  $\delta_{Mn}$ , %, вычисляют по формуле

$$\delta_{Mn} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_{M6}}{1,1}\right)^2 + \frac{(\Delta_{W_B})^2 + (\Delta_{W_{MP}})^2 + (\Delta_{W_{XC}})^2}{\left[1 - \frac{W_B + W_{MP} + W_{XC}}{100}\right]}}, \quad (34)$$

где  $W_B$  – массовая доля воды в нефти, %, измеренная по ГОСТ 2477;

$W_{MP}$  – массовая доля механических примесей в нефти, %, измеренная по ГОСТ 6370;

$W_{XC}$  – массовая доля хлористых солей в нефти, %, вычисляемая по формуле;

$$W_{XC} = \frac{0,1 \cdot \varphi_{XC}}{\rho_{изм}^d} \quad (35)$$

где  $\rho_{изм}^d$  – плотность нефти, приведенная к условиям измерений, кг/м<sup>3</sup> (определяется в соответствии с МИ СИКН РСУ).

$\varphi_{XC}$  – концентрация хлористых солей в нефти, измеренная по ГОСТ 21534, мг/дм<sup>3</sup>;

$\Delta_{W_B}$  – абсолютная погрешность определений массовой доли воды в нефти, %, вычисляемая по формуле;

$$\Delta_{W_B} = \pm \frac{\sqrt{R_{M.B}^2 - 0,5 \cdot r_{M.B}^2}}{\sqrt{2}}, \quad (36)$$

где  $R_{M.B}$  – воспроизводимость метода измерений массовой доли воды в нефти в соответствии с ГОСТ 2477, %;



$\Gamma_{м.в}$  – сходимость метода измерений массовой доли воды в нефти в соответствии с ГОСТ 2477, %;

$\Delta_{w_{м.п}}$  – абсолютная погрешность определений массовой доли механических примесей в нефти, %, вычисляемая по формуле;

$$\Delta_{w_{м.п}} = \pm \frac{\sqrt{R_{м.п}^2 - 0,5 \cdot r_{м.п}^2}}{\sqrt{2}}, \quad (37)$$

где  $R_{м.п}$  – воспроизводимость метода измерений массовой доли механических примесей в нефти в соответствии с ГОСТ 6370, %;

$\Gamma_{м.п}$  – сходимость метода измерений массовой доли механических примесей в нефти в соответствии с ГОСТ 6370, %;

$\Delta_{w_{х.с}}$  – абсолютная погрешность определений массовой доли хлористых солей в нефти, %, вычисляемая по формуле;

$$\Delta_{w_{х.с}} = \pm 0,1 \cdot \frac{\sqrt{R_{х.с}^2 - 0,5 \cdot r_{х.с}^2}}{\rho_{изм}^d \cdot \sqrt{2}}, \quad (38)$$

где  $R_{х.с}$  – воспроизводимость метода измерений массовой доли хлористых солей в нефти в соответствии с ГОСТ 21534 принимают равной удвоенному значению сходимости  $\Gamma_{х.с}$ ;

$\Gamma_{х.с}$  – сходимость метода измерений массовой доли хлористых солей в нефти в соответствии с ГОСТ 21534. Значение сходимости  $\Gamma_{х.с.м}$ , выраженное по ГОСТ 21534 в мг/дм<sup>3</sup>, переводят в массовые доли % по формуле;

$$r_{х.с} = \frac{0,1 \cdot r_{х.с.м}}{\rho_{изм}^d} \quad (39)$$

где  $\rho_{изм}^d$  – плотность нефти, приведенная к условиям измерений, кг/м<sup>3</sup> (определяется в соответствии с МИ СИКН РСУ).

Допускается выполнять определение относительной погрешности измерений массы брутто нефти и относительной погрешности измерений массы нетто нефти с помощью автоматизированных средств расчета.

Результат считают положительным, если полученное значение относительной погрешности измерений массы нетто нефти с применением СИКН РСУ не превышает установленные пределы  $\pm 0,35$  %.

## 10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

При получении положительных результатов по п. 9.1, 9.2, 9.4, 9.5 и 9.6 или по п. 9.1, 9.3, 9.4, 9.5 и 9.6 методики поверки, а именно:

- СИ, входящие в состав СИКН РСУ, имеют запись в ФИФ ОЕИ о положительных результатах поверки, а также действующие знаки поверки;

- значение относительной погрешности измерений массы брутто нефти с применением СИКН РСУ не превышает установленные пределы  $\pm 0,25$  %;

- значение относительной погрешности измерений массы нетто нефти с применением СИКН РСУ не превышает установленные пределы  $\pm 0,35$  %.

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

## 11 Оформление результатов поверки

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

При определении метрологических характеристик СИКН РСУ покомпонентным (поэлементным) методом метрологические характеристики СИКН РСУ определяют в соответствии с 9.2.



При определении метрологических характеристик СИКН РСУ комплектным методом метрологические характеристики СИКН РСУ определяют в соответствии с 9.3.

Результаты поверки оформляются в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами в части поверки СИ.

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

При положительных результатах поверки, по письменному заявлению владельца или лица, представившего СИКН РСУ на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, оформляет свидетельство о поверке СИКН РСУ в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории Российской Федерации.

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

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке СИКН РСУ.

Примечание – При комплектном методе определения метрологических характеристик СИКН РСУ, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, наносит знак поверки на УПР, входящий в состав СИКН РСУ, в соответствии с описанием типа СИКН РСУ.

При использовании комплектного метода определения метрологических характеристик СИКН РСУ, для исключения возможности несанкционированного вмешательства, которое может повлиять на результат измерений, конструкцией УПР, входящего в состав СИКН РСУ, предусмотрены места установки пломб. Пломбирование выполняется на месте эксплуатации в соответствии с методикой поверки. На двух пломбах, установленных на контрольных проволоках, пропущенных через отверстия шпилек, расположенных на диаметрально противоположных фланцах.

При отрицательных результатах поверки СИКН РСУ к эксплуатации не допускают. По письменному заявлению владельца или лица, представившего СИКН РСУ на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, оформляет извещение о непригодности в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории РФ.



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПР

А.1 Объем измеряемой среды, прошедшей через к-й ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода,  $V_{jik}$ ,  $\text{м}^3$ , вычисляют по формуле

$$V_{ji} = V_0 \cdot CTS_{jik} \cdot CPS_{jik} \cdot \frac{CTL_{ПУjik} \cdot CPL_{ПУjik}}{CTL_{ПРjik} \cdot CPL_{ПРjik}}, \quad (\text{А.1})$$

- где  $V_0$  – вместимость калиброванного участка ТПУ при стандартных условиях  $t = 20^\circ\text{C}$  и  $P = 0$  МПа,  $\text{м}^3$
- $CTS_{jik}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ТПУ, для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода (вычисляют по (3));
- $CPS_{jik}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ТПУ, для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода (вычисляют по (5));
- $CTL_{ПУjik}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в ТПУ для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода (вычисляют по приложению В);
- $CPL_{ПУjik}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем измеряемой среды, определенный для давления измеряемой среды в ТПУ для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода (вычисляют по приложению В);
- $CTL_{ПРjik}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в ПР для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода (вычисляют по приложению В);
- $CPL_{ПРjik}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем измеряемой среды, определенный для давления измеряемой среды в k-ом ПР для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода (вычисляют по приложению В).

А.2 Объемный расход измеряемой среды через ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода,  $Q_{jik}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , вычисляют по формуле

$$Q_{jik} = \frac{V_{jik}}{T_{jik}} \cdot 3600, \quad (\text{А.2})$$

- где  $V_{jik}$  – объем измеряемой среды, прошедшей через к-й ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода,  $\text{м}^3$ ;
- $T_{jik}$  – время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, с.

А.3 Объемный расход измеряемой среды через ПР в j-ой точке объемного расхода  $Q_{jk}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , вычисляют по формуле

$$Q_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{jk}} Q_{jik}}{n_{jk}}, \quad (\text{А.3})$$

- где  $n_{jk}$  – количество измерений в j-ой точке объемного расхода.

А.4 Коэффициент преобразования k-ого ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода,  $K_{jik}$ , импульс/ $\text{м}^3$ , вычисляют по формуле

$$K_{jik} = \frac{N_{jik}}{V_{jik}}, \quad (\text{А.4})$$

- где  $N_{jik}$  – количество импульсов от k-го ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, импульс;



Примечание – Допускается определять коэффициенты преобразования ПР согласно МИ 1974.

А.5 Коэффициент преобразования  $k$ -ого ПР в  $j$ -ой точке объемного расхода,  $K_{jk}$ , импульс/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$K_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{jk}} K_{jik}}{n_{jk}}. \quad (\text{A.5})$$

А.6 Оценка СКО результатов измерений

А.6.1 СКО результатов измерений в  $j$ -ой точке объемного расхода,  $S_{jk}$  %, вычисляют по формуле

$$S_{jk} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_{jk}} (K_{jik} - K_{jk})^2}{n_{jk} - 1}} \cdot \frac{1}{K_{jk}} \cdot 100. \quad (\text{A.6})$$

А.6.2 Проверяют выполнение условия

$$S_{jk} \leq 0,02 \%. \quad (\text{A.7})$$

– при выполнении условия (А.7) продолжают обработку результатов измерений;  
– при невыполнении условия (А.7) выявляют наличие промахов в полученных результатах вычислений, согласно приложению Д. Выявленный промах исключают и проводят дополнительное измерение. При отсутствии промахов выясняют и устраняют причины, обуславливающие невыполнение данного условия и повторно проводят измерения.

А.7 Границу неисключенной систематической погрешности  $k$ -ого ПР,  $\Theta_{\Sigma k}$  %, вычисляют по формуле

$$\Theta_{\Sigma k} = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma_0}^2 + \Theta_{V_0}^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{tk}^2 + \Theta_{ИВК}^2}, \quad (\text{A.8})$$

где  $\Theta_{\Sigma_0}$  – граница суммарной неисключенной систематической погрешности ТПУ (берут из свидетельства о поверке или протокола поверки ТПУ), %;  
 $\Theta_{V_0}$  – граница неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ (берут из свидетельства о поверке или протокола поверки ТПУ), %;  
 $\Theta_{tk}$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры измеряемой среды в ПУ и ПР, %;;  
 $\Theta_{ИВК}^2$  – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК при определении коэффициента преобразования ПР по ТПУ, %. Соответствует относительной погрешности ИВК при определении коэффициента преобразования ПР по ТПУ из свидетельства о поверке или протокола поверки ИВК.

А.7.1 Границу неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры измеряемой среды в ПУ и  $k$ -ом ПР  $\Theta_{tk}$  %, вычисляют по формуле

$$\Theta_{tk} = \beta_{k \max} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{ПУ}^2 + \Delta t_{ПР}^2}, \quad (\text{A.9})$$

где  $\beta_{k \max}$  – максимальное значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды, 1/°C;  
 $\Delta t_{ПР}$  – предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленного около ПР (берут из свидетельства о поверке преобразователя температуры), °C.

А.8 Максимальное значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды,  $\beta_{k \max}$ , 1/°C, вычисляют по формуле

$$\beta_{k \max} = \max(\beta_{jik}), \quad (\text{A.10})$$



где  $\beta_{ji}$  – коэффициент объемного расширения измеряемой среды при температуре  $t_{\text{пу}_{jk}}$  для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке объемного расхода,  $1/^\circ\text{C}$ .

А.9 СКО среднего значения результатов измерений в  $j$ -ой точке объемного расхода  $S_{0jk}$ , %, вычисляют по формуле

$$S_{0jk} = \frac{S_{jk}}{\sqrt{n_{jk}}}, \quad (\text{A.11})$$

где  $S_{jk}$  – СКО результатов измерений в  $j$ -ой точке объемного расхода, %.

А.9 Границу случайной погрешности  $k$ -ого ПР в  $j$ -ой точке объемного расхода при доверительной вероятности  $P=0,95$ ,  $\varepsilon_{jk}$ , %, вычисляют по формуле

$$\varepsilon_{jk} = t_{0,95jk} \cdot S_{0jk}, \quad (\text{A.12})$$

где  $t_{0,95jk}$  – квантиль распределения Стьюдента для количества измерений  $n_{jk}$  в  $j$ -ой точке объемного расхода (определяют по таблице Г.1 приложения Г).

А.10 Границу относительной погрешности  $k$ -ого ПР в  $j$ -ой точке объемного расхода,  $\delta_{jk}$ , %, определяют по формулам

$$\delta_{jk} = \begin{cases} \varepsilon_{jk} & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma j}}{S_{0jk}} < 0,8 \\ t_{\Sigma jk} \cdot S_{\text{ПР}\Sigma jj} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\Theta_{\Sigma j}}{S_{0jk}} \leq 8, \\ \Theta_{\Sigma k} & \text{если } \frac{\Theta_{\Sigma k}}{S_{0jk}} > 8 \end{cases} \quad (\text{A.13})$$

где  $t_{\Sigma jk}$  – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей в  $j$ -ой точке объемного расхода;

$\Theta_{\Sigma k}$  – граница неисключенной систематической погрешности ПР, %;

$S_{\Sigma jk}$  – суммарное СКО результатов измерений в  $j$ -ой точке объемного расхода, %.

А.10.1 Коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей в  $j$ -ой точке объемного расхода  $t_{\Sigma jk}$  вычисляют по формуле

$$t_{\Sigma jk} = \frac{\varepsilon_{jk} + \Theta_{\Sigma k}}{S_{0jk} + S_{\Theta k}}, \quad (\text{A.14})$$

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

А.10.2 СКО суммы неисключенных систематических погрешностей  $S_{\Theta k}$ , % вычисляют по формуле

$$S_{\Theta k} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V_0}^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{tk}^2 + \Theta_{\text{ИБК}}^2}{3}}. \quad (\text{A.15})$$

А.10.3 Суммарное СКО результатов измерений в  $j$ -ой точке объемного расхода  $S_{\Sigma jk}$ , %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma jk} = \sqrt{S_{\Theta k}^2 + S_{0jk}^2}. \quad (\text{A.16})$$

А.11 Границу относительной погрешности  $k$ -ого ПР  $\delta_k$ , %, определяют по формуле

$$\delta_k = \max(\delta_{jk}). \quad (\text{A.17})$$



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

### ФОРМА ПРОТОКОЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПР

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения коэффициента преобразования ПР с помощью ПУ по \_\_\_\_\_

Место проведения калибровки: \_\_\_\_\_

ПР: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

ПУ: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

ИВК: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

Рабочая жидкость \_\_\_\_\_

Таблица Б.1 – Исходные данные

Детекторы	$V_0, \text{м}^3$	$D, \text{мм}$	$S, \text{мм}$	$E, \text{МПа}$	$\alpha_t, 1/^\circ\text{C}$	$\alpha_d, 1/^\circ\text{C}$	$\Theta_{\Sigma 0}, \%$	$\Theta_{V0}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Продолжение таблицы Б.1

$\Delta t_{\text{пу}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{\text{пр}}, ^\circ\text{C}$	$\delta_{\text{ИВК}}, \%$
10	11	12

Таблица Б.2 – Результаты измерений и вычислений

№ точ/ № изм	$Q_{\text{jk}}, \text{м}^3/\text{ч}$	Детекторы	$T_{\text{jk}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{пу,jk}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{пу,jk}}, \text{МПа}$	$t_{\text{д,jk}}, ^\circ\text{C}$	$\rho_{\text{пп,jk}}, \text{кг/м}^3$	$t_{\text{пп,jk}}, ^\circ\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/1								
...	...		...	...	...	...	...	...
1/n <sub>1</sub>								
...	...		...	...	...	...	...	...
m/1								
...	...		...	...	...	...	...	...
m/ n <sub>m</sub>								

Продолжение таблицы Б.2

№ точ./ № изм	$P_{\text{пп,jk}}, \text{МПа}$	$\beta_{\text{jk}}, 1/^\circ\text{C}$	$v_{\text{jk}}, \text{мм}^2/\text{с}$	$t_{\text{пр,jk}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{пр,jk}}, \text{МПа}$	$N_{\text{jk}}, \text{импульс}$	$K_{\text{jk}}, \text{импульс/м}^3$
1	10	11		12	13	14	15
1/1							
...	...	...		...	...	...	...
1/n <sub>1</sub>							
...	...	...		...	...	...	...
m/1							
...	...	...		...	...	...	...
m/ n <sub>m</sub>							

Таблица Б.3 – Результаты измерений и вычислений в точках рабочего диапазона

№ точ.	$Q_{\text{jk}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$K_{\text{jk}}, \text{импульс/м}^3$	$S_{\text{jk}}, \%$	$n_{\text{jk}}$	$S_{0,\text{jk}}, \%$	$t_{0.95\text{jk}}$	$\varepsilon_{\text{jk}}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
...	...	...	...	...	...	...	...
m							



Продолжение таблицы Б.3

№ точ.	$\Theta_{ik}, \%$	$\Theta_{\Sigma k}, \%$	$\delta_{jk}, \%$	$\delta_k$
1	9	10	11	12
1				
...			...	
m				

Подпись лица, проводившего измерения \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
 подпись И.О. Фамилия

Дата «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### (справочное)

#### Определение коэффициентов CTL, CPL и $\beta$

##### В.1 Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL, учитывающего влияние температуры на объем измеряемой среды для диапазона плотности измеряемой среды (при  $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 0\text{ МПа}$ ) от 611 до 1164 кг/м<sup>3</sup> определяют по формулам

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

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

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

- где  $\alpha_{15}$  – значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды при  $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 0\text{ МПа}$ , 1/ $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\rho_{15}$  – значение плотности измеряемой среды при  $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 0\text{ МПа}$ , кг/м<sup>3</sup>;
- $t$  – значение температуры измеряемой среды,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $K_0, K_1$  – Коэффициенты выбираются из таблицы А.1

Таблица В.1 – Значения коэффициентов  $K_0$  и  $K_1$  в зависимости от типа измеряемой среды

Тип измеряемой среды	$\rho_{15}$ , кг/м <sup>3</sup>	$K_0$	$K_1$
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 измеряемой среды, а в зависимости от значения  $\rho_{15}$ .

##### В.2 Определение коэффициента CPL

Значение коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем измеряемой среды для диапазона плотности измеряемой среды (при  $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 0\text{ МПа}$ ) от 611 до 1164 кг/м<sup>3</sup> определяют по формулам

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

$$b = 10^{-4} \cdot \exp\left(-1.62080 + 0.00021592 \cdot t + \frac{0.87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4.2092 \cdot 10^3 \cdot t}{\rho_{15}^2}\right), \quad (\text{B.5})$$

- где  $P$  – значение избыточного давления измеряемой среды, МПа;
- 10 – коэффициент перевода единиц измерения давления МПа в бар.

##### В.3 Определение коэффициента $\beta$

Значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды,  $\beta$ , 1/ $^{\circ}\text{C}$ :

$$\beta = \alpha_{15} + 1.6 \cdot \alpha_{15}^2 \cdot (t - 15). \quad (\text{B.6})$$

##### В.4 Определение плотности $\rho_{15}$

Значение плотности измеряемой среды при  $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 0\text{ МПа}$ ,  $\rho_{15}$ , кг/м<sup>3</sup> определяют по формуле

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

- где  $\rho_{\text{пп}}$  – значение плотности измеряемой среды в ПП, кг/м<sup>3</sup>;



- $CTL_{пп}$  — коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для  $t_{пп}$  и  $\rho_{15}$ ;
- $CPL_{пп}$  — коэффициент, учитывающий влияние давления на объем измеряемой среды, определенный для  $t_{пп}$ ,  $P_{пп}$  и  $\rho_{15}$ .

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

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

2) Определяют значения  $\rho_{15(1)}$ , кг/м<sup>3</sup>:

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

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

4) Определяют значение  $\rho_{15(2)}$ , кг/м<sup>3</sup>:

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

5) Аналогично пунктам (3) и (4), определяют значения  $CTL_{пп(i)}$ ,  $CPL_{пп(i)}$  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  $\rho_{15(i)}$ ,  $\rho_{15(i-1)}$  — значения  $\rho_{15}$ , определенные, соответственно, за последний и предпоследний цикл вычислений, кг/м<sup>3</sup>.

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



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное)

### Справочные материалы

#### Г.1 Квантиль распределения Стьюдента

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

Таблица Г.1

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

#### Г.2 Коэффициенты расширения и модули упругости

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

Таблица Г.2

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



## ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное)

### Методика анализа результатов измерений на наличие промахов

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

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

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

- где  $K_j$  – значение коэффициента преобразования в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, импульс/м<sup>3</sup>;
- $K_{ji}$  – значение коэффициента преобразования для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, импульс/м<sup>3</sup>;
- $n_j$  – количество измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

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

Наиболее выделяющееся соотношение  $U$ :

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

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

Таблица Д.1 - Критические значения для критерия Граббса

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

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**  
(справочное)  
**ФОРМА ПРОТОКОЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ**  
**ХАРАКТЕРИСТИК УПР, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ СИКН РСУ**

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

определения метрологических характеристик УПР, входящего в состав СИКН РСУ с  
помощью ТПУ и ПР

Место проведения калибровки: \_\_\_\_\_

УПР: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

ПУ: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

ПР: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

ИВК: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_

Рабочая жидкость \_\_\_\_\_ Температура, °C \_\_\_\_\_ Вязкость, мм<sup>2</sup>/с \_\_\_\_\_

Таблица Е.1 - Исходные данные

$\Theta_{v0}, \%$	$\Delta t_{\text{ПР}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{\text{УПР}}, ^\circ\text{C}$	$\delta_{\text{ИВК}}, \%$
1	2	3	4

Таблица Е.2 - Результаты измерений и вычислений, ТПР

№ точ / № изм	№ ПР	$Q_{\text{жк}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$N_{\text{жк}},$ импульс	$K_{\text{жк}},$ импульс/м <sup>3</sup>	$t_{\text{ПРжк}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{ПРжк}}, \text{МПа}$	$\beta_{\text{жк}}, 1/^\circ\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1/1	1						
	...	...	...	...	...	...	...
	q						
...	...	...	...	...	...	...	...
1/n <sub>1</sub>	1						
	...	...	...	...	...	...	...
	q						
...	...	...	...	...	...	...	...
m/1	1						
	...	...	...	...	...	...	
	q						
...	...	...	...	...	...	...	
m/n <sub>m</sub>	1						
	...	...	...	...	...	...	
	q						

Таблица Е.3 - Результаты измерений и вычислений, УПР

№ точ / № изм	$Q_{\text{ж}},$ м <sup>3</sup> /ч	$T_{\text{ж}},$ °C	$\rho_{\text{ппж}},$ кг/м <sup>3</sup>	$t_{\text{ппж}},$ °C	$P_{\text{ппж}},$ МПа	$V_{\text{ж}},$ мм <sup>2</sup> /с	$t_{\text{упрж}},$ °C	$P_{\text{упрж}},$ МПа	$f_{\text{ж}},$ Гц	$N_{\text{ж}},$ импульс	$K_{\text{ж}},$ импульс/м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1/1											
...	...	...	...	...		...	...	...	...	...	...
1/n <sub>1</sub>											
...	...	...	...	...		...	...	...	...	...	...
m/1											
...	...	...	...	...		...	...	...	...	...	...
m/n <sub>m</sub>											



Таблица Е.4 - Результаты поверки в точках рабочего диапазона

№ точ.	$Q_j$ , м³/ч	$f_j$ , Гц	$K_j$ , импульс/м³	$S_j$ , %	$n_j$	$S_{0j}$ , %	$t_{0,95j}$	$\varepsilon_j$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
...	...	...	...	...	...	...	...	...
m								

Таблица Е.5 - Результаты поверки в рабочем диапазоне

$Q_{min}$ , м³/ч	$Q_{max}$ , м³/ч	$K$ , импульс/м³	$S_0$ , %	$\varepsilon$ , %	$\Theta_A$ , %	$\Theta_t$ , %	$\Theta_\Sigma$ , %	$Q_v$ , %	$\delta$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Заключение: УПР, входящий в состав СИКН РСУ, к дальнейшей эксплуатации

(годен, не годен)

Подпись лица, проводившего подтверждения метрологических характеристик УПР, входящего в состав СИКН РСУ \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
подпись И. О. Фамилия

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

Примечание - столбец 3 таблицы 5 заполняют только при определении коэффициента преобразования УПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода; при отсутствии ПВ столбец 7 таблицы 3 не заполняют.