

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии»
Государственный научный метрологический центр
ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по развитию
ФГУП «ВНИИР»



А.С. Тайбинский

«25» декабря 2019 г.

ИНСТРУКЦИЯ


Государственная система обеспечения единства измерений

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕФТИ № 922.
РЕЗЕРВНАЯ СХЕМА УЧЕТА

Методика поверки

МП 0981-14-2019

Начальник НИО-14

 Р.Р. Нурмухаметов
Тел. отдела: +7 (843) 299-70-52

Казань
2019

РАЗРАБОТАНА

ФГУП «ВНИИР»

ИСПОЛНИТЕЛИ

Левина А.П.

УТВЕРЖДЕНА

ФГУП «ВНИИР»

Настоящая методика поверки предназначена для осуществления поверки средства измерений «Системы измерений количества и показателей качества нефти № 922. Резервная схема учета» (далее по тексту – РСУ) и устанавливает методику ее первичной и периодической поверок.

Первичная поверка РСУ выполняется согласно части 1 ст. 13 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ и Приказа Минпромторга России от 2 июля 2015 г. № 1815 до ввода ее в эксплуатацию, а также после ее ремонта.

Периодическая поверка РСУ проводится в процессе ее эксплуатации.

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

Методика поверки разработана в соответствии с требованиями РМГ 51-2002 «ГСИ. Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения».

Интервал между поверками РСУ – 12 месяцев.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки выполняют операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Подтверждение соответствия программного обеспечения	7.2	Да	Да
Опробование	7.3	Да	Да
Определение (контроль) метрологических характеристик	7.4	Да	Да
Определение относительной погрешности измерений массы брутто нефти РСУ	7.4.1	Да	Да
Определение относительной погрешности измерений массы нетто нефти РСУ	7.4.2	Да	Да

2 Средства поверки

2.1 Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с частью 2 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 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 07.02.2018 г. № 256, обеспечивающий определение метрологических характеристик УЗР в составе РСУ в рабочем диапазоне измерений расхода.

2.2 СИ и эталоны, применяемые при определении метрологических характеристик УЗР, входящие в состав РСУ, приведенных в таблице 2 настоящей методики поверки.

Таблица 2 – СИ и эталоны, применяемые при определении метрологических характеристик УЗР

СИ	Метрологические характеристики
Установка поверочная трубопоршневая двунаправленная, применяемая в качестве рабочего эталона 1-го разряда (далее по тексту – ПУ)	Пределы допускаемой относительной погрешности определения вместимости калиброванного участка $\pm 0,05$ %.
Преобразователи расхода жидкости турбинные MVTM (Ду от 2” до 16”) (далее по тексту - ПР)	СКО результатов измерений при определении коэффициента преобразования не более $\pm 0,02$ %.
Преобразователи давления измерительные 3051 (далее по тексту – датчики давления)	Пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5$ %.
Датчики температуры 3144Р (далее по тексту - датчики температуры), преобразователи измерительные Rosemount 3144Р (далее по тексту - датчики температуры), преобразователи измерительные 3144Р (далее по тексту - датчики температуры), термопреобразователи сопротивления Rosemount 0065 (далее по тексту – сенсоры)	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С.
Манометры показывающие МПю (далее по тексту – манометры показывающие МПю)	Класс точности 0,6.
Термометры ртутные стеклянные лабораторные типа ТЛ-4 (далее по тексту – термометры)	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С.
Контроллеры измерительные FloBoss (модели S600+) (далее по тексту – ИВК)	Пределы допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования $\pm 0,025$ %.
Преобразователи плотности жидкости измерительные (мод. 7835) (далее по тексту – преобразователи плотности)	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ кг/м ³ .
Преобразователи плотности и вязкости жидкости измерительные моделей 7829 (далее по тексту – преобразователи вязкости)	Пределы допускаемой приведенной погрешности $\pm 1,0$ %.

2.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик, поверяемых СИ с требуемой точностью.

3 Требования к квалификации поверителей

3.1 Поверку РСУ проводят лица, аттестованные в качестве поверителя, в соответствии с областью аккредитации в установленном порядке.

3.2 К поверке допускаются лица, изучившие инструкцию по эксплуатации на поверяемую РСУ и имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже II в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки соблюдают требования, определяемые:

- в области охраны труда – Трудовым кодексом Российской Федерации;
- в области промышленной безопасности – Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»

(приказ Ростехнадзора № 101 от 12 марта 2013 г. «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»), Руководством по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (приказ № 784 от 27 декабря 2012 г. «Об утверждении Руководства по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов»), а также другими действующими отраслевыми документами;

- в области пожарной безопасности – Федеральным законом Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», Постановление Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме» (вместе с «Правилами противопожарного режима в Российской Федерации»), СНиП 21.01-97 (с изм. № 1, 2) «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;

- в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок – Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей;

- в области охраны окружающей среды – Федеральным законом Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. 12 марта 2014 г.) «Об охране окружающей среды» и другими действующими законодательными актами на территории РФ.

4.2 Площадка РСУ должна содержаться в чистоте без следов нефти и должна быть оборудована первичными средствами пожаротушения согласно Правил противопожарного режима в Российской Федерации.

4.3 СИ и вспомогательные устройства, применяемые при выполнении измерений, должны иметь взрывозащищенное исполнение в соответствии с требованиями ГОСТ 30852.0-2002 «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования»

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

5 Условия поверки

5.1 Поверка РСУ проводится в условиях эксплуатации.

5.2 При проведении поверки соблюдают условия в соответствии с требованиями документов на методики поверки СИ, входящих в состав РСУ.

5.3 Характеристики РСУ при проведении поверки должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 3.

Соответствие характеристик измеряемой среды значениям в таблице 3 проверяют по данным паспорта качества нефти.

Таблица 3 – Характеристики РСУ

Наименование характеристики	Значение
Измеряемая среда	нефть по ГОСТ Р 51858-2002 «Нефть. Общие технические условия»
Диапазон расхода через РСУ, м ³ /ч	от 1083,7 до 5150,4
Количество измерительных линий, шт.	1 рабочая
Давление нефти, МПа:	
– рабочее	2,07
– максимально допускаемое	4,0
Температура нефти, °С:	
– минимальная	-8*
– максимальная	+40

Продолжение таблицы 3 – Характеристики РСУ

Наименование характеристики	Значение
Плотность нефти при температуре +20 °С и избыточном давлении равном нулю, кг/м ³	от 830 до 900
Вязкость кинематическая, мм ² /с	от 5 до 60
Массовая доля воды, %, не более	1,0
Массовая концентрация хлористых солей, мг/дм ³ , не более	900
Массовая доля механических примесей, %, не более	0,05
Давление насыщенных паров, кПа (мм рт.ст.), не более	66,7 (500)
Содержание свободного газа	не допускается
Режим работы РСУ	периодический, автоматизированный
*Примечание - В БИК основной схемы учета обеспечивается возможность подогрева нефти до положительных значений температуры.	

5.4 Условия определения метрологических характеристик УЗР

5.4.1 При проведении определения метрологических характеристик УЗР соблюдают следующие условия:

Рабочая среда	нефть
Температура нефти, °С:	
– минимальная	-8
– максимальная	+40
Давление нефти, МПа:	
– рабочее	2,07
– максимально допустимое	4,0

5.4.2 Определение метрологических характеристик проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами измерительных линий.

5.4.3 Отклонение объемного расхода измеряемой среды от установленного значения в процессе поверки не должно превышать $\pm 2,5\%$.

5.4.4 Изменение температуры измеряемой среды на входе и выходе ПУ, в ПР и в поверяемом УЗР за время измерения не должно превышать $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.4.5 Температура, влажность окружающей среды и физико-химические показатели измеряемой среды соответствуют условиям эксплуатации РСУ.

5.4.6 Отклонение вязкости измеряемой среды за время поверки находится в допустимых пределах для применяемых ПР.

5.4.7 Диапазоны рабочего давления и объемного расхода определяются типоразмером поверяемого УЗР и технологическими требованиями.

5.4.8 Содержание свободного газа не допускается.

5.4.9 Для обеспечения безкавитационной работы избыточное давление в трубопроводе после поверяемого УЗР и ПР 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, определенное в соответствии с ГОСТ 1756-2000 (ИСО 3007-99) «Нефтепродукты. Определение давления насыщенных паров» при максимально возможной температуре измеряемой среды, МПа;

ΔP - перепад давления на УЗР или ПР, указанный в технической документации, МПа.

5.5 Регулирование объемного расхода проводят при помощи регуляторов расхода, расположенных на выходе измерительной линии (ИЛ). Допускается вместо регуляторов расхода использовать запорную арматуру.

6 Подготовка к поверке

6.1 При подготовке к поверке проводят работы в соответствии с инструкцией по эксплуатации системы измерений количества и показателей качества нефти СИКН № 922 ПСП «Находка» и документами на методики поверки СИ, входящих в состав РСУ.

6.2 Подготовка к определению метрологических характеристик УЗР

Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке или знаков поверки на все средства поверки, применяемые при определении метрологических характеристик УЗР.

Проверяют правильность монтажа СИ и поверяемого УЗР.

Подготавливают СИ 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 ПУ, 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 ПУ. Проводят 1 - 3 раза запуск поршня, удаляя после каждого запуска газ. Считают, что газ (воздух) отсутствует полностью, если из кранов вытекает струя измеряемой среды без газовых пузырьков.

При рабочем давлении проверяют герметичность РСУ, состоящей из поверяемого УЗР, ПУ и ПР. 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 поверке.

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

Проводят установку нуля УЗР согласно технической документации.

Проверяют стабильность температуры измеряемой среды. Температуру измеряемой среды считают стабильной, если ее изменение в ПУ, в ПР и в поверяемом УЗР не превышает $\pm 0,2$ °С за время измерения.

Определяют плотность измеряемой среды за время поверки с помощью поточного плотномера или в испытательной лаборатории по ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности (с Изменением № 1)» 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 33-2016 «Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости».

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр РСУ

7.1.1 При внешнем осмотре проверяют комплектность и внешний вид РСУ.

Комплектность РСУ должна соответствовать ее описанию типа и эксплуатационной документации.

7.1.2 При проверке внешнего вида должны выполняться требования:

– комплектность РСУ должна соответствовать ее описанию типа и эксплуатационной документации;

– на компонентах РСУ не должно быть механических повреждений и дефектов препятствующих ее применению и проведению поверки;

– надписи и обозначения на компонентах РСУ должны быть четкими и читаемыми без применения технических средств, соответствовать эксплуатационной документации;

7.1.4 СИ, входящие в состав РСУ, должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке и (или) знаки поверки.

7.1.5 РСУ, не прошедшая внешний осмотр, к поверке не допускается.

7.2 Внешний осмотр УЗР

При внешнем осмотре устанавливают соответствие поверяемого УЗР следующим требованиям:

- комплектность соответствует указанной в технической документации;
- отсутствуют механические повреждения и дефекты, препятствующие применению;
- надписи и обозначения на УЗР четкие и соответствуют требованиям технической документации.

УЗР, не прошедший внешний осмотр, к поверки и определению метрологических характеристик не допускается.

7.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО)

7.3.1 Проверяют соответствие идентификационных данных ПО РСУ сведениям, приведенным в описании типа на РСУ.

7.3.2 Определение идентификационных данных ПО контроллеров измерительных FloBoss модели S600+ (далее - ИВК) проводят в следующей последовательности:

а) включить питание контроллера измерительного FloBoss модели S600+, если питание было выключено;

б) дождаться после включения питания появления на дисплее контроллера измерительного FloBoss модели S600+ главного меню или войти в главное меню;

в) в главном меню нажатием клавиши "5" выбрать пункт меню

5.SYSTEM SETTINGS;

г) нажатием клавиши "7" выбрать пункт меню **7.SOFTWARE VERSION;**

д) нажатием клавиши "→" (стрелка вправо) получить идентификационные данные со следующих экранов:

1) **CONFIG STRUCTURE CSUM** – контрольная сумма структуры файла конфигурации;

2) **VERSION APPLICATION SW** – версия ПО контроллера измерительного FloBoss модели S600+.

7.3.3 Определение идентификационных данных ПО автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора системы на базе ПО «Система измерения количества нефти и нефтепродуктов и их параметров Metering-AT» (реализованного на базе SCADA системы SIMATIC WinCC фирмы «Siemens») проводят с помощью программы вычисления цифрового идентификатора md5sum.exe в формате md5 (128-битный алгоритм хеширования). При этом в качестве исходных данных определяется файл содержащий метрологически значимую часть ПО:

- вызов программы через командную строку:

```
md5sum.exe Metering-AT.dll > 1.txt
```

Для получения номера версии ПО АРМ в меню рабочего стола АРМ оператора выбирать пункт «Настройки/О программе». В появившемся окне указан номер версии ПО «1.2.xxx».

Полученные результаты идентификации ПО РСУ должны соответствовать данным, указанным в описании типа на РСУ.

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

7.4 Опробование

7.4.1 Опробуют РСУ путем увеличения или уменьшения расхода измеряемой среды в пределах рабочего диапазона измерений.

Результаты опробования считаются удовлетворительными, если при увеличении или уменьшении расхода измеряемой среды соответствующим образом изменялись показания на соответствующих средствах отображения информации.

7.4.2 Опробование при определении метрологических характеристик УЗР

- опробование УЗР проводят совместно со СИ, приведенные в таблице 2;
- устанавливают объемный расход измеряемой среды в пределах рабочего диапазона измерений расхода поверяемого УЗР;
- результаты опробования считают удовлетворительными, если при увеличении (уменьшении) расхода измеряемой среды соответственно изменялись показания на дисплее ИВК.

7.4.3 Проверяют герметичность РСУ.

Проверку герметичности РСУ проводят согласно эксплуатационной документации на РСУ. РСУ считается выдержавшей проверку, если на элементах и компонентах РСУ нет следов протечек нефти или снижения давления.

7.5 Определение (контроль) метрологических характеристик

7.5.1 Поверку преобразователя расхода ультразвукового «Daniel» модели 3804 (далее по тексту - УЗР), регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее по тексту – регистрационный номер) 38665-08; преобразователей плотности жидкости измерительных (мод. 7835, 7845, 7846, 7847) (далее по тексту – преобразователь плотности), регистрационный номер 15644-06, (мод. 7835); преобразователей плотности и вязкости жидкости измерительных моделей 7825, 7826, 7827, 7828, 7829 (далее по тексту – преобразователь вязкости), регистрационный номер 15642-06, (мод. 7829); влагомеров нефти поточных УДВН-1пм (далее по тексту – влагомер), регистрационный номер 14557-10; датчиков температуры 644, 3144Р (далее по тексту – датчики температуры 3144Р), регистрационный номер 39539-08; преобразователей измерительных Rosemount 644, Rosemount 3144Р (далее по тексту – преобразователи измерительные Rosemount 3144Р), регистрационный номер 56381-14; преобразователей измерительных 644, 3144Р (далее по тексту – преобразователи измерительные 3144Р), регистрационный номер 14683-09; термопреобразователей сопротивления Rosemount 0065 (далее по тексту – сенсоры), регистрационный номер 69487-17; преобразователей давления измерительных 3051, регистрационный номер 14061-10; контроллеров измерительных FloBoss (модели S600, S600+) (далее по тексту – ИВК), регистрационный номер 38623-11, (контроллер измерительный FloBoss модели S600+); контроллеров программируемых SIMATIC S7-400 (далее по тексту – ПЛК), регистрационный номер 15773-11; термометров ртутных стеклянных лабораторных типа ТЛ-4 (далее по тексту – термометры), регистрационный номер 303-91; манометров, вакуумметров, мановакуумметров, напорометров, тягомеров, тягонапорометров, дифманометров показывающих МПю и МП, сигнализирующих ЭкМю и ЭкМ (далее по тексту – манометры показывающие МПю), регистрационный номер 47452-11; расходомеров UFM 3030 (далее по тексту – расходомер БИК) регистрационный номер 32562-09, входящих в состав РСУ, установки поверочной трубопоршневой двунаправленной, регистрационный номер 20054-00, входящей в состав основной схемы учета, проводят в соответствии с методиками поверки, приведенными в их описаниях типа.

Допускается определение метрологических характеристик УЗР проводить в соответствии с п. 7.5.2.

7.5.2 Определение метрологических характеристик УЗР.

При определении метрологических характеристик УЗР определяют следующие метрологические характеристики:

- коэффициент преобразования УЗР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода или коэффициенты преобразования УЗР в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- границу относительной погрешности УЗР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода.

Определение метрологических характеристик УЗР проводится согласно алгоритму, соответствующему МИ 3265-2010 «Рекомендация. ГСИ. Ультразвуковые преобразователи расхода. Методика поверки на месте эксплуатации» и приведенному далее.

Определение метрологических характеристик УЗР 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 УЗР. В каждой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода проводят не менее пяти измерений.

Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

7.5.2.1 Определение метрологических характеристик УЗР по ПУ и ПР

Для каждой выбранной точки объемного расхода из рабочего диапазона измерений объемного расхода, определяют необходимое для поверки количество ПР и значение объемного расхода через ПР для обеспечения заданного объемного расхода через УЗР.

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

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

После стабилизации объемного расхода в соответствии с 5.4.3 и стабилизации температуры измеряемой среды в соответствии с 5.4.4 проводят необходимое количество измерений.

Запускают поршень ПУ. 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 ПУ 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 ПУ;
- давления измеряемой среды на входе и выходе ПУ;
- температуры измеряемой среды в ПР;
- давления измеряемой среды в ПР;
- плотность измеряемой среды, измеренную ПП;
- температуру измеряемой среды в ПП;
- давление измеряемой среды в ПП;
- кинематическую вязкость измеряемой среды, измеренную ПВ.

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

Для двунаправленной ПУ определена вместимость калиброванного участка как сумма вместимостей в обоих направлениях, то за одно измерение принимают движение поршня в прямом и обратном направлении, количество импульсов и время прохождения поршня в прямом и обратном направлениях суммируют.

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

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

Результаты измерений заносят в отдельные протоколы для каждого ПР. Рекомендуемая форма протокола определения коэффициента преобразования ПР приведена в приложении А. Допускается в таблицах протокола удалять ненужные и добавлять необходимые столбцы и строки.

Полученные коэффициенты преобразования ПР устанавливают в ИВК.

Для определения коэффициента преобразования УЗР 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.

После стабилизации объемного расхода в соответствии с 5.4.3 и стабилизации температуры измеряемой среды в соответствии с 5.4.4 проводят необходимое количество измерений.

Начинают измерение. ИВК одновременно начинает отсчет импульсов выходных сигналов выбранных ПР и УЗР. При достижении заданного количества импульсов выходного сигнала УЗР или истечении заданного времени измерения ИВК одновременно заканчивает отсчет импульсов выходных сигналов выбранных ПР и поверяемого УЗР.

Если количество импульсов выходного сигнала выбранных ПР или УЗР 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 поверяемом УЗР;
- давления измеряемой среды в поверяемом УЗР;
- температуры измеряемой среды в выбранных ПР;
- давления измеряемой среды в выбранных ПР;
- плотность измеряемой среды, измеренную ПП;
- температуру измеряемой среды в ПП;
- давление измеряемой среды в ПП;
- кинематическую вязкость измеряемой среды, измеренную ПВ.

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

Результаты измерений заносят в протокол по форме приведенной в приложении А. Допускается в таблицах протокола удалять ненужные и добавлять необходимые столбцы и строки.

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

Таблица 4 - Точность представления результатов измерений и вычислений

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

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

7.5.2.2 Обработка результатов измерений

Объем измеряемой среды, прошедшей через УЗР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, V_{ji} , м³, вычисляют по формулам

$$V_{ji} = \sum_{k=1}^{n_k} (V_{jik} \cdot \frac{CTL_{ПРjik} \cdot CPL_{ПРjik}}{CTL_{УЗРjik} \cdot CPL_{УЗРjik}}) \quad (2)$$

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

где $STL_{узрji}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в УЗР (ПР) для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению Б);

$CPL_{узрji}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем измеряемой среды, определенный для давления измеряемой среды в УЗР (ПР) для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению Б);

V_{jik} - объем измеряемой среды, прошедшей через k -й ПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, m^3 ;

$STL_{прjik}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в k -ом ПР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению Б);

$CPL_{прjik}$ - 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 рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению Б);

N_{jik} - количество импульсов от k -го ПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп;

K_{jk} - коэффициент преобразования k -го ПР, определенный для j -ой точки рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению В), имп/ m^3 .

Вычисление объема измеряемой среды, прошедшей через поверяемый УЗР за время измерения, допускается проводить согласно алгоритму, реализованному в ИВК, прошедшему испытанию для целей утверждения типа.

Расход измеряемой среды через k -й ПР, соответствующий j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода при i -ом измерении, Q_{jik} , $m^3/ч$, вычисляют по формуле

$$Q_{jik} = \frac{V_{jik}}{T_{ji}} \cdot 3600, \quad (4)$$

где V_{jik} - объем измеряемой среды, прошедший через k -й ПР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, m^3 ;

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

Объемный расход измеряемой среды через поверяемый УЗР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, Q_{ji} , $m^3/ч$, вычисляют по формуле

$$Q_{ji} = \frac{V_{ji}}{T_{ji}}, \quad (5)$$

где V_{ji} - объем измеряемой среды, прошедшей через поверяемый УЗР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, m^3 ;

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

Объемный расход измеряемой среды через поверяемый УЗР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, Q_j , $m^3/ч$, вычисляют по формуле

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} Q_{ji}}{n_j}, \quad (6)$$

где Q_{ji} - объемный расход измеряемой среды через поверяемый УЗР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, $m^3/ч$;

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

Частоту выходного сигнала поверяемого УЗР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, f_{ji} , Гц, вычисляют по формуле

$$f_{ji} = \frac{N_{ji}}{T_{ji}}, \quad (7)$$

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

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

Частоту выходного сигнала поверяемого УЗР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, f_j , Гц, вычисляют по формуле

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

где f_{ji} - частота выходного сигнала поверяемого УЗР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, Гц;

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

Коэффициент преобразования поверяемого УЗР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, K_j , имп/м³, вычисляют по формулам

$$K_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} K_{ji}, \quad (9)$$

$$K_{ji} = \frac{N_{ji}}{V_{ji}}, \quad (10)$$

где K_{ji} - коэффициент преобразования поверяемого УЗР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м³;

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

V_{ji} - объем измеряемой среды, прошедшей через поверяемый УЗР за время i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, м³.

Коэффициент преобразования поверяемого УЗР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, K , имп/м³, вычисляют по формуле

$$K = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m K_j, \quad (11)$$

где K_j - коэффициент преобразования поверяемого УЗР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м³;

m - количество точек объемного расхода в рабочем диапазоне измерений объемного расхода.

Оценка СКО результатов измерений

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

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ji} - K_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_j} \cdot 100, \quad (12)$$

где K_j - коэффициент преобразования УЗР в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м³;

K_{ji} - коэффициент преобразования УЗР для i -го измерения в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м³;

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

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \leq 0,05 \% \quad (13)$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении данного 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 данного условия и повторно проводят измерения.

Границу неисключенной систематической погрешности поверяемого УЗР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, Θ_Σ , %, вычисляют по формулам

$$\Theta_\Sigma = 1,1 \cdot \sqrt{\theta_v^2 + \theta_A^2 + \theta_t^2 + \theta_{\text{ИВК}}^2}, \quad (14)$$

$$\theta_v = \max(\delta_k), \quad (15)$$

$$\theta_A = \begin{cases} \max \left(0,5 \cdot \left| \frac{K_j - K_{j+1}}{K_j + K_{j+1}} \right| \cdot 100 \right) & \text{при кусочно-линейной аппроксимации} \\ \max \left(\left| \frac{K_j - K}{K} \right| \cdot 100 \right) & \text{при постоянном коэффициенте преобразования} \end{cases}, \quad (16)$$

$$\theta_t = \beta_{\max} \cdot 100 \sqrt{\Delta t_{\text{ПР}}^2 + \Delta t_{\text{УЗР}}^2}, \quad (17)$$

$$\beta_{\max} = \max(\beta_{\text{jik}}), \quad (18)$$

$$\theta_{\text{ИВК}} = \delta_{\text{ИВК}}, \quad (19)$$

где θ_v - граница неисключенной систематической погрешности определения объема измеряемой среды с помощью ПР, %;

δ_k - граница относительной погрешности k-го ПР (берут из протоколов определения коэффициента преобразования ПР), %;

θ_A - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью аппроксимации ГХ, %;

θ_t - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры измеряемой среды в ПУ и УЗР или ПР и УЗР, %;

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

$\delta_{\text{ИВК}}$ - предел допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования ИВК (берут из свидетельства о поверке или протокола поверки ИВК), %;

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

β_{jik} - коэффициент объемного расширения измеряемой среды при температуре $t_{\text{ПРjik}}$ для i-го измерения в j-ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (вычисляют по приложению Б или определяют по Р 50.2.075-2010 «ГСИ. Нефть и нефтепродукты. Лабораторные методы измерения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API»), $1/^\circ\text{C}$;

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

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

K_j, K_{j+1} - коэффициенты преобразования поверяемого УЗР в j -ой и $(j + 1)$ - ой точках рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м^3 ;

K - коэффициент преобразования поверяемого УЗР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, имп/м^3 .

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

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}, \quad (20)$$

где S_j - СКО результатов измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %;

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

Границу случайной погрешности поверяемого УЗР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода при доверительной вероятности $P = 0,95$, ϵ , %, вычисляют по формулам

$$\epsilon = \max(\epsilon_j), \quad (21)$$

$$\epsilon_j = t_{0,95j} \cdot S_{0j}, \quad (22)$$

где ϵ_j - граница случайной погрешности в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %;

S_{0j} - СКО среднего значения результатов измерений в j -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %;

$t_{0,95j}$ - 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 ϵ_j .

Границу относительной погрешности поверяемого УЗР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, δ , %, определяют по формулам

$$\delta = \begin{cases} \epsilon & \text{если } \frac{\theta_\Sigma}{S_0} < 0,8 \\ t_\Sigma \cdot S_\Sigma & \text{если } 0,8 \leq \frac{\theta_\Sigma}{S_0} \leq 8 \\ \theta_\Sigma & \text{если } \frac{\theta_\Sigma}{S_0} > 8 \end{cases} \quad (23)$$

$$t_\Sigma = \frac{\epsilon + \theta_\Sigma}{S_0 + S_\theta}, \quad (24)$$

$$S_\Sigma = \sqrt{S_\theta^2 + S_0^2}, \quad (25)$$

$$S_\theta = \sqrt{\frac{\theta_V^2 + \theta_A^2 + \theta_t^2 + \theta_{\text{ИВК}}^2}{3}}, \quad (26)$$

где ϵ - граница случайной погрешности поверяемого УЗР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;

θ_Σ - граница неисключенной систематической погрешности поверяемого УЗР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;

t_{Σ} - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

S_{Σ} - суммарное СКО результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;

S_{Θ} - СКО суммы неисключенных систематических погрешностей в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;

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

Оценивание границы относительной погрешности.

УЗР допускается к применению, если границы относительной погрешности не превышают пределов допускаемой относительной погрешности, указанных в описании типа на УЗР.

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 (при поверке по ПУ и ПР).

При повторном невыполнении данных условий определение метрологических характеристик прекращают.

7.5.2.3 Результаты определения метрологических характеристик УЗР заносят в протокол поверки РСУ, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении А.

При оформлении протоколов средствами вычислительной техники и вручную допускается формы протоколов представлять в измененном виде.

Проводят пломбирование УЗР в соответствии с МИ 3002-2006 «ГСИ. Правила пломбирования и клеймения средств измерений и оборудования, применяемых в составе систем измерений количества и показателей качества нефти и поверочных установок».

7.5.3 Определение относительной погрешности измерений массы брутто нефти РСУ

Относительную погрешность измерений массы брутто нефти δM_B , %, в соответствии с ГОСТ Р 8.595-2004 «ГСИ. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений» при измерениях объема нефти с помощью УЗР и плотности нефти с применением преобразователя плотности мод. 7835 и приведении результатов измерений объема нефти и плотности нефти к стандартным условиям, определяют по формуле

$$\delta M_B = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_V^2 + G^2 \cdot (\delta_p^2 + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta T_p^2) + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta T_V^2 + \delta_N^2}, \quad (27)$$

где δ_V – пределы допускаемой относительной погрешности УЗР (измерения объема), %;

δ_p – пределы допускаемой относительной погрешности измерений плотности нефти, %, определяются по формуле

$$\delta_p = \frac{\Delta p}{\rho_{\min}} \cdot 100, \quad (28)$$

где Δp – пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователя плотности, кг/м³;

ρ_{\min} – нижний предел диапазона плотности нефти в РСУ, кг/м³;

$\Delta T_p, \Delta T_V$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры при измерениях плотности и объема нефти соответственно, °С;

β – наибольшее значение коэффициента объемного расширения нефти в диапазоне плотности, 1/°С (приложение А ГОСТ Р 8.595-2004 «ГСИ. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений»);

δ_N – пределы допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов ИВК в значения массы брутто нефти, %;

G – коэффициент, вычисляемый по формуле

$$G = \frac{1 + 2 \cdot \beta \cdot t_v}{1 + 2 \cdot \beta \cdot t_p}, \quad (29)$$

где t_v, t_p – температура нефти при измерениях ее объема и плотности соответственно, °С.

Значения относительных и абсолютных погрешностей составляющих формул (27) – (29) подтверждают свидетельством (сертификатом) об утверждении типа СИ и действующими свидетельствами о поверке.

Относительная погрешность измерений массы брутто нефти с применением РСУ не должна превышать $\pm 0,25$ %.

7.5.4 Определение относительной погрешности измерений массы нетто нефти РСУ.

Определение относительной погрешности измерений массы нетто нефти РСУ проводят расчетным методом в соответствии с ГОСТ Р 8.595.

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

$$\delta M_H = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta M_B}{1,1}\right)^2 + \frac{\Delta W_B^2 + \Delta W_{МП}^2 + \Delta W_{ХС}^2}{\left(1 - \frac{W_B + W_{МП} + W_{ХС}}{100}\right)^2}}, \quad (30)$$

где δM_B – относительная погрешность РСУ при измерениях массы брутто нефти, %;

ΔW_B – абсолютная погрешность измерений массовой доли воды, %, при измерениях в лаборатории определяется по формуле (33);

$\Delta W_{МП}$ – абсолютная погрешность измерений массовой доли механических примесей, в лаборатории, %, вычисляют по формуле (33);

$\Delta W_{ХС}$ – абсолютная погрешность измерений массовой доли хлористых солей, в лаборатории, %, вычисляют по формуле:

$$\Delta W_{ХС} = 0,1 \cdot \frac{\Delta \varphi_{ХС}}{\rho_H}, \quad (31)$$

где $\Delta \varphi_{ХС}$ – абсолютная погрешность измерений массовой концентрации хлористых солей в нефти в лаборатории, мг/дм³, вычисляют по формуле (33);

$\rho_H^{ХС}$ – плотность нефти при условиях измерений $\varphi_{ХС}$, кг/м³;

W_B – максимальное значение массовой доли воды в нефти, %;

$W_{МП}$ – максимальное значение массовой доли механических примесей в нефти, %;

$W_{ХС}$ – максимальное значение массовой доли хлористых солей в нефти, %, вычисляют по формуле:

$$W_{ХС} = 0,1 \cdot \frac{\varphi_{ХС}}{\rho_H}, \quad (32)$$

$\varphi_{ХС}$ – массовая концентрация хлористых солей в нефти, мг/дм³, определенная в лаборатории.

Абсолютные погрешности измерений массовой доли воды, массовой доли механических примесей, массовой концентрации хлористых солей в нефти по лабораторному методу определяют в соответствии с ГОСТ 33701-2015 «Определение и применение показателей точности методов испытаний нефтепродуктов».

Для доверительной вероятности $P = 0,95$ и двух измерений соответствующего показателя качества нефти абсолютную погрешность его измерений Δ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta = \pm \frac{\sqrt{R^2 - 0,5 \cdot r^2}}{\sqrt{2}}, \quad (33)$$

где R и g - воспроизводимость и сходимостъ метода определения соответствующего показателя качества нефти.

Значения воспроизводимости и сходимости определяют:

- для массовой доли воды по ГОСТ 2477-2014 «Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды»;

- для массовой доли механических примесей по ГОСТ 6370-83 «Нефть, нефтепродукты и присадки. Методы определения механических примесей»;

- для массовой концентрации хлористых солей по ГОСТ 21534-76 «Нефть. Методы определения содержания хлористых солей».

Воспроизводимость метода R определения массовой концентрации хлористых солей по ГОСТ 21534 принимают равной удвоенному значению сходимости g .

Относительная погрешность измерений массы нетто нефти с применением РСУ не должна превышать $\pm 0,35\%$.

8 Оформление результатов поверки

8.1 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке РСУ по форме Приложения 1 «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденным Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815.

8.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке РСУ указывают:

- диапазон измерений расхода РСУ;

- пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы (брутто, нетто) нефти РСУ;

- рабочий диапазон измерений расхода, в котором проведено определение метрологических характеристик УЗР;

- пределы допускаемой относительной погрешности измерений расхода УЗР.

Знак поверки в виде оттиска клейма поверителя наносится:

- на свидетельство о поверке РСУ;

8.3 Особенности конструкции РСУ препятствуют нанесению на нее знака поверки. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке РСУ.

8.4 Результаты поверки РСУ оформляют протоколом согласно Приложению А.

8.5 При отрицательных результатах поверки РСУ к эксплуатации не допускают, свидетельство о поверке аннулируют и выдают извещение о непригодности по форме Приложения 2 документа «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденного Приказом Минпромторга России от 2 июля 2015 г. № 1815.

**Приложение А
(рекомендуемое)**

Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____

Наименование средства измерений: _____

Тип, модель, изготовитель: _____

Заводской номер: _____

Владелец: _____

Наименование и адрес заказчика: _____

Методика поверки: _____

Место проведения поверки: _____

Поверка выполнена с применением: _____

Условия проведения поверки:

Температура окружающей среды: _____

Атмосферное давление: _____

Относительная влажность: _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

A.1 Внешний осмотр: _____

(соответствует/не соответствует)

A.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения РСУ: _____

(соответствует/не соответствует)

A.3 Опробование: _____

(соответствует/не соответствует)

A.4 Определение (контроль) метрологических характеристик

A.4.1 Определение метрологических характеристик УЗР (п. 7.5.2.1) (заполняется только в случае проведения определения метрологических характеристик)

A.4.1.1 Форма протокола определения коэффициента преобразования ПР

ПРОТОКОЛ № _____
определения коэффициента преобразования ПР с помощью ПУ

Место проведения калибровки: _____
 ПР: Тип _____ Зав. № _____ Линия № _____
 ПУ: Тип _____ Зав. № _____
 ИВК: Тип _____ Зав. № _____
 Измеряемая среда _____ Температура, °С, _____ Вязкость, мм²/с, _____

Таблица 1 - Исходные данные

Детекторы	V ₀ , м ³	D, мм	S, мм	E, МПа	α _t , 1/°С	Θ _{Σ0} , %	Θ _{V0} , %	Δt _{ПУ} , °С	Δt _{ПР} , °С	δ _{ИВК} , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 2 - Результаты измерений и вычислений

№ точ / № изм	Q _{jk} м ³ /ч	Детекторы	T _{jk} , с	t _{ПУjk} , °С	P _{ПУjk} , МПа	ρ _{пПjk} , кг/м ³	t _{пПjk} , °С	P _{пПjk} , МПа	β _{jk} , 1/°С	v _{jk} , мм/с	t _{ПРjk} , МПа	P _{ПРjk} , Гц	N _{jk} имп	K _{jk} имп/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1/1														
...
1/n _j														
...
m/1														
...
m/n _m														

Таблица 3 - Результаты измерений и вычислений в точках рабочего диапазона

№ точ.	Q _{jk} , м ³ /ч	K _{jk} , имп/м	S _{jk} , %	n _{jk}	S _{jk} , %	t _{0,95jk}	ε _{jk} , %	Θ _{tk} , %	Θ _{Σk} , %	δ _{jk}	δ _k
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1											
...						
m											

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

Дата « ____ » _____ 20 ____ г.

Примечание - столбец 6 таблицы 1 заполняют только при поверке ПР по ПУ; при отсутствии ПВ столбец 12 таблицы 2 не заполняют.

A.4.1.2 Форма протокола определения метрологических характеристик УЗР с помощью ПУ и ПР

ПРОТОКОЛ № _____
поверки УЗР с помощью ПУ и ПР

Место проведения поверки: _____
 УЗР: Тип _____ Зав. № _____
 ПУ: Тип _____ Зав. № _____
 ПР 1: Тип _____ Зав. № _____ Линия № _____
 ...
 ПР k: Тип _____ Зав. № _____ Линия № _____
 ИВК: Тип _____ Зав. № _____
 Измеряемая среда _____ Температура, °С, _____ Вязкость, мм²/с, _____

Таблица 1 - Исходные данные

Θ _v , %	Δt _{ПР} , °С	Δt _{УПР} , °С	δ _{ИВК} , %
1	2	3	4

Таблица 2 - Результаты измерений и вычислений, ПР

№ точ / № изм	№ ПР	Q_{jik} , м ³ /ч	N_{jik} , имп	K_{jik} , имп/м ³	$t_{прjik}$, °С	$P_{прjik}$, МПа	β_{jik} , 1/°С
1	2	3	4	5	6	7	8
1/1	1						

...	q						

1/n ₁	1						

...	q						

m/1	1						

...	q						

m/n _m	1						

...	q						

Таблица 3 - Результаты измерений и вычислений, УЗР

№ точ / № изм	Q_{ji} , м ³ /ч	T_{ji} , с	$\rho_{пji}$, кг/м ³	$t_{пji}$, °С	$P_{пji}$, МПа	V_{ji} , мм ² /с	$t_{упji}$, °С	$P_{упji}$, МПа	f_{ji} , Гц	N_{ji} , имп	K_{ji} , имп/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1/1											
...
1/n ₁											
...
m/1											
...
m/n _m											

Таблица 4 - Результаты поверки в точках рабочего диапазона

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

Таблица 5 - Результаты поверки в рабочем диапазоне

Q_{min} , м ³ /ч	Q_{max} , м ³ /ч	K , имп/м ³	S_0 , %	ϵ , %	Θ_A , %	Θ_t , %	Θ_Σ , %	Q_v , %	δ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Заключение: УЗР к дальнейшей эксплуатации _____
(годен, не годен)

Подпись лица, проводившего подтверждения метрологических характеристик УЗР

подпись / И. О. Фамилия

Дата проведения поверки «___» _____ 20___ г.

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

А.4.2 Определение относительной погрешности РСУ при измерениях массы брутто нефти

Таблица 1 – Результаты измерений и вычислений

$\delta_V, \%$	G	$T_V, ^\circ\text{C}$	$T_p, ^\circ\text{C}$	$\beta, 1/^\circ\text{C}$	$\Delta\rho, \text{кг/м}^3$	$\rho_{\min}, \text{кг/м}^3$	$\delta_\rho, \%$	$\Delta T_V, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_p, ^\circ\text{C}$	$\delta_N, \%$	$\delta M_B, \%$

А.4.4 Определение относительной погрешности РСУ при измерениях массы нетто нефти

Таблица 2 – Результаты измерений и вычислений

$\delta M_B, \%$	$W_B, \%$	$W_{XC}, \%$	$W_{МП}, \%$	$\Delta W_B, \%$	$\Delta W_{XC}, \%$	$\Delta W_{МП}, \%$	$\delta M_H, \%$

должность лица, проводившего поверку

подпись

Ф.И.О.

Дата поверки _____

Приложение Б
(справочное)

Определение коэффициентов CTL и CPL

Б.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^3 определяют по формулам

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

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

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

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

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

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

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

Таблица Б.1 - Значения коэффициентов K_0 и K_1 в зависимости от типа измеряемой среды

Тип измеряемой среды	ρ_{15} , кг/м^3	K_0	K_1
Нефть	611 - 1164	613,97226	0,00000
Нефтепродукты:			
Бензины	611 - 779	346,42278	0,43884
Реактивные топлива	779 - 839	594,54180	0,00000
Нефтяные топлива	839 - 1164	186,96960	0,48618

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

Б.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^3 определяют по формулам

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

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

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

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

P - значение избыточного давления измеряемой среды, МПа;

10 - коэффициент перевода единиц измерения давления МПа в бар.

Б.3 Определение коэффициента β

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

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

где α_{15} - значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды при $15 \text{ }^\circ\text{C}$, $1/^\circ\text{C}$;

t - значение температуры измеряемой среды, при которой определяется коэффициент объемного расширения измеряемой среды, $^\circ\text{C}$.

Б.4 Определение плотности ρ_{15}

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

$$\rho_{15} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{\text{CTL}_{\text{ПП}} \cdot \text{CPL}_{\text{ПП}}}, \quad (\text{Б.7})$$

где $\rho_{\text{ПП}}$ - значение плотности измеряемой среды в ПП, кг/м³;

$\text{CTL}_{\text{ПП}}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для $t_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} ;

$\text{CPL}_{\text{ПП}}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем измеряемой среды, определенный для $t_{\text{ПП}}$, $P_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} .

Для определения ρ_{15} необходимо определить значения $\text{CTL}_{\text{ПП}}$ и $\text{CPL}_{\text{ПП}}$, а для определения $\text{CTL}_{\text{ПП}}$ и $\text{CPL}_{\text{ПП}}$, в свою очередь, необходимо определить значение плотности при стандартных условиях ρ_{15} . Поэтому значение ρ_{15} определяют методом последовательного приближения.

- 1) Определяют значения $\text{CTL}_{\text{ПП}(1)}$ и $\text{CPL}_{\text{ПП}(1)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{\text{ПП}}$.
- 2) Определяют значения $\rho_{15(1)}$, кг/м³:

$$\rho_{15(1)} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{\text{CTL}_{\text{ПП}(1)} \cdot \text{CPL}_{\text{ПП}(1)}}, \quad (\text{Б.8})$$

- 3) Определяют значения $\text{CTL}_{\text{ПП}(2)}$ и $\text{CPL}_{\text{ПП}(2)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{15(1)}$.
- 4) Определяют значение $\rho_{15(2)}$, кг/м³:

$$\rho_{15(2)} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{\text{CTL}_{\text{ПП}(2)} \cdot \text{CPL}_{\text{ПП}(2)}}, \quad (\text{Б.9})$$

5) Аналогично пунктам (3) и (4), определяют значения $\text{CTL}_{\text{ПП}(i)}$, $\text{CPL}_{\text{ПП}(i)}$ и $\rho_{15(i)}$ для i -го цикла вычислений и проверяют выполнение условия:

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

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

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

Приложение В
(справочное)

Определение коэффициентов преобразования ПР

В.1 Объем измеряемой среды, прошедшей через к-й ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, V_{jik} , м³, вычисляют по формулам

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

$$CTS_{jik} = 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot (t_{ПУjik} - 20), \quad (B.2)$$

$$CPS_{jik} = 1 + 0,95 \cdot \frac{P_{ПУjik} \cdot D}{E \cdot S}, \quad (B.3)$$

$$t_{ПУjik} = \frac{t_{ВхПУjik} + t_{ВыхПУjik}}{2}, \quad (B.4)$$

$$P_{ПУjik} = \frac{P_{ВхПУjik} + P_{ВыхПУjik}}{2}, \quad (B.5)$$

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

CTS_{jik} - коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ПУ, для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода;

CPS_{jik} - коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ПУ, для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода;

$CTL_{ПУjik}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в ПУ для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода (вычисляют по приложению Б);

$CPL_{ПУjik}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем измеряемой среды, определенный для давления измеряемой среды в ПУ для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода (вычисляют по приложению Б);

$CTL_{ПРjik}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем измеряемой среды, определенный для температуры измеряемой среды в k-ом ПР для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода (вычисляют по приложению Б);

$CPL_{ПРjik}$ - 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 Б);

α_t - коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ПУ (берут из технической документации на ПУ или определяют по таблице Г.2 приложения Г), 1/°С;

$t_{джик}$ - температура планки крепления детекторов или инварового стержня за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода (при отсутствии датчика температуры принимают равной температуре окружающей среды), °С;

$t_{ПУjik}$ - температура измеряемой среды в ПУ за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, °С;

$t_{ВхПУjik}$, $t_{ВыхПУjik}$ - температура измеряемой среды на входе и выходе ПУ за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, °С;

$P_{ПУjik}$ - давление измеряемой среды в ПУ за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, МПа;

$P_{ВхПУjik}$, $P_{ВыхПУjik}$ - давление измеряемой среды на входе и выходе ПУ за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, МПа;

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

S - толщина стенок калиброванного участка ПУ (берут из технической документации на ПУ), мм;
 E - модуль упругости материала стенок калиброванного участка ПУ (берут из технической документации на ПУ или определяют по таблице Г.2 приложения Г), МПа.

Вычисление объема измеряемой среды, прошедшей через к-й ПР за время измерения, допускается проводить согласно алгоритму, реализованному в ИВК, прошедшему испытания для целей утверждения типа.

Г.2. Объемный расход измеряемой среды через к-й ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, Q_{jik} м³/ч, вычисляют по формуле

$$Q_{jik} = \frac{V_{jik}}{T_{jik}} \cdot 3600, \quad (B.6)$$

где V_{jik} - объем измеряемой среды, прошедшей через к-й ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, м³;

T_{jik} - время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, с.

В.3 Объемный расход измеряемой среды через к-й ПР в j-ой точке объемного расхода, Q_{jk} , м³/ч, вычисляют по формуле

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_{jk}} Q_{jik}}{n_{jk}}, \quad (B.7)$$

где Q_{jik} - объемный расход измеряемой среды через к-й ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, м³/ч;

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

В.4 Коэффициент преобразования к-го ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, K_{jik} , имп/м³, вычисляют по формуле

$$K_{jik} = \frac{N_{jik}}{V_{jik}}, \quad (B.8)$$

где N_{jik} - количество импульсов от к-го ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, имп;

V_{jik} - объем измеряемой среды, прошедшей через к-й ПР за время i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, м³.

Допускается определять коэффициенты преобразования ПР согласно МИ 3380-2012 «ГСИ. Преобразователи объемного расхода. Методика поверки на месте эксплуатации поверочной установкой».

В.5 Коэффициент преобразования к-го ПР в j-ой точке объемного расхода, K_{jk} , имп/м³ вычисляют по формуле

$$K_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{jk}} K_{jik}}{n_{jk}}, \quad (B.9)$$

где K_{jik} - коэффициент преобразования к-го ПР для i-го измерения в j-ой точке объемного расхода, имп/м³;

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

В.6 Оценка СКО результатов измерений

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

$$S_{jk} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_{jk}} (K_{jik} - K_{jk})^2}{n_{jk} - 1}} \cdot \frac{1}{K_{jk}} \cdot 100, \quad (B.10)$$

где K_{jk} - коэффициент преобразования k -го ПР в j -ой точке объемного расхода, имп/м^3 ;
 K_{ijk} - коэффициент преобразования k -го ПР для i -го измерения в j -ой точке объемного расхода, имп/м^3 ;

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

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_{jk} \leq 0,02 \% \quad (\text{B.11})$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении данного 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 данного условия и повторно проводят измерения.

В.7 Границу неисключенной систематической погрешности k -го ПР, $\theta_{\Sigma k}$, %, вычисляют по формулам

$$\theta_{\Sigma k} = 1,1 \cdot \sqrt{\theta_{\Sigma_0}^2 + \theta_{V_0}^2 + \theta_{tk}^2 + \theta_{\text{ИВК}}^2}, \quad (\text{B.12})$$

$$\theta_{tk} = \beta_{k\text{max}} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{\text{ПУ}}^2 + \Delta t_{\text{ПР}}^2}, \quad (\text{B.13})$$

$$\beta_{k\text{max}} = \max(\beta_{jik}), \quad (\text{B.14})$$

$$\theta_{\text{ИВК}} = \delta_{\text{ИВК}}, \quad (\text{B.15})$$

где θ_{Σ_0} - граница суммарной неисключенной систематической погрешности ПУ (берут из свидетельства о поверке ПУ), %;

θ_{V_0} - граница неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ПУ (берут из свидетельства о поверке ПУ; для ПУ с двумя парами детекторов берут наибольшее значение), %;

θ_{tk} - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры измеряемой среды в ПУ и k -ом ПР, %;

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

$\delta_{\text{ИВК}}$ - предел допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования ИВК (берут из свидетельства о поверке или протокола поверки ИВК), %;

$\beta_{k\text{max}}$ - максимальное значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды, $1/^\circ\text{C}$;

β_{jik} - коэффициент объемного расширения измеряемой среды при температуре $t_{\text{ПУ}jik}$ для i -го измерения в j -ой точке объемного расхода (вычисляют по приложению Б или определяют по Р 50.2.075-2010 «ГСИ. Нефть и нефтепродукты. Лабораторные методы измерения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API»), $1/^\circ\text{C}$;

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

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

В.8 СКО среднего значения результатов измерений в j -ой точке объемного расхода, S_{0jk} %, вычисляют по формуле

$$S_{0jk} = \frac{S_{jk}}{\sqrt{n_{jk}}}, \quad (\text{B.16})$$

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

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

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

$$\epsilon_{jk} = t_{0,95jk} \cdot S_{0jk}, \quad (\text{B.17})$$

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

В.10 Границу относительной погрешности k -го ПР в j -ой точке объемного расхода, δ_{jk} , %, определяют по формулам

$$\delta_{jk} = \begin{cases} \varepsilon_{jk} & \text{если } \frac{\theta_{\Sigma k}}{S_{0jk}} < 0,8 \\ t_{\Sigma jk} \cdot S_{\Sigma jk} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\theta_{\Sigma k}}{S_{0jk}} \leq 8 \\ \theta_{\Sigma k} & \text{если } \frac{\theta_{\Sigma k}}{S_{0jk}} > 8 \end{cases} \quad (\text{B.18})$$

$$t_{\Sigma jk} = \frac{\varepsilon_{jk} + \theta_{\Sigma k}}{S_{0jk} + S_{\theta k}}, \quad (\text{B.19})$$

$$S_{\Sigma jk} = \sqrt{S_{\theta k}^2 + S_{0jk}^2}, \quad (\text{B.20})$$

$$S_{\theta k} = \sqrt{\frac{\theta_{\Sigma 0}^2 + \theta_{V_0}^2 + \theta_{t_k}^2 + \theta_{\text{ИВК}}^2}{3}}, \quad (\text{B.21})$$

где ε_{jk} - граница случайной погрешности k -го ПР в j -ой точке объемного расхода, %;
 $\theta_{\Sigma k}$ - граница неисключенной систематической погрешности k -го ПР, %;
 $t_{\Sigma jk}$ - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей в j -ой точке объемного расхода;

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

$S_{\theta k}$ - СКО суммы неисключенных систематических погрешностей, %;

S_{0jk} - СКО среднего значения результатов измерений в j -ой точке объемного расхода, %.

В.11 Границу относительной погрешности k -го ПР, δ_k %, определяют по формуле

$$\delta_k = \max(\delta_{jk}) \quad (\text{B.22})$$

где δ_{jk} - граница относительной погрешности k -го ПР в j -ой точке объемного расхода, %.

Приложение Г

(справочное)

Справочные материалы

Г.1 Квантиль распределения Стьюдента

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

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

n - 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$t_{0,95}$	12,706	4,303	3,182	2,766	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 и модули упругости материалов стенок калиброванного участка ПУ, материала планки крепления детекторов в зависимости от материала приведены в таблице Г.2.

Таблица Г.2 - Коэффициенты линейного расширения и модули упругости материалов стенок калиброванного участка ПУ, материала планки крепления детекторов

Материал	$\alpha_t, 1/^\circ\text{C}$	$\alpha_{k1}, 1/^\circ\text{C}$	$\alpha_d, 1/^\circ\text{C}$	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	$1,08 \times 10^{-5}$	$2,16 \times 10^{-5}$	$1,08 \times 10^{-5}$	$1,97 \times 10^5$
Инвар			$1,44 \times 10^{-6}$	

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, $S_{jk(j)}$ определяют по формуле

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

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

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

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

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

Наиболее выделяющееся соотношение U :

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

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

Таблица Д.1 - Критические значения для критерия Граббса

n	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