

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ
– ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

ВНИИР – ФИЛИАЛ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора филиала

А.С. Тайбинский



«12» августа 2023 г.

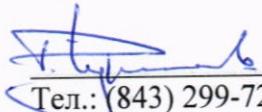
Государственная система обеспечения единства измерений

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
НЕФТЕПРОДУКТОВ № 1223

Методика поверки

МП 1504-14-2023

Начальник научно-
исследовательского отдела

 Р.Р. Нурмухаметов
Тел.: (843) 299-72-00

г. Казань
2023

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

ИСПОЛНИТЕЛИ Груздев Р.Н.

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

1. Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на систему измерений количества и показателей качества нефтепродуктов № 1223 (далее – СИКНП) и устанавливает объем, порядок и методику проведения первичной и периодической поверок СИКНП на месте ее эксплуатации.

Поверка СИКНП осуществляется методом косвенных измерений в соответствии с требованиями части 2 Государственной поверочной схемы 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 сентября 2022 г. № 2356 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости» (далее – ГПС), и обеспечивается прослеживаемость к ГЭТ 3-2020 Государственному первичному эталону единицы массы (килограмма) или ГЭТ 63-2019 Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости.

Если очередной срок поверки средства измерений (СИ) (измерительного компонента) из состава СИКНП наступает до очередного срока поверки СИКНП, или появилась необходимость проведения периодической или внеочередной поверки СИ (измерительного компонента), или проведена замена СИ (измерительного компонента) на СИ утвержденного типа из перечня СИ в описании типа СИКН, то проверяют наличие сведений о положительных результатах поверки этого СИ (измерительного компонента) или проводят его поверку, при этом внеочередную поверку СИКНП не проводят, протокол поверки СИКНП не переоформляют. После проведения поверки замененного СИ предоставляют сведения о положительных результатах поверки этого СИ.

Допускается не проводить поверку СИ (измерительных компонентов) и определение метрологических характеристик измерительных каналов (ИК) массы и массового расхода нефтепродуктов в составе СИКНП, находящихся на консервации.

По заявлению владельца СИКНП или лица, предоставившего СИКНП на поверку, допускается проведение поверки СИКНП в части отдельных ИК массы и массового расхода нефтепродуктов. В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

| Диапазон измерений массового расхода измеряемой среды (нефтепродуктов), т/ч | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы измеряемой среды (нефтепродуктов) при применении СИКНП в качестве рабочего СИ, % |
|---|--|
| от 56 до 400 | ±0,25 |

2. Перечень операций средства измерений

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

Таблица 2 – Перечень операций поверки

| Наименование операции | Проведение операции при | | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| Внешний осмотр СИКНП | Да | Да | 6 |

Окончание таблицы 2

| Наименование операции | Проведение операции при | | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| Опробование СИКНП | Да | Да | 7 |
| Проверка программного обеспечения СИКНП | Да | Да | 8 |
| Определение метрологических характеристик СИКНП | Да | Да | 9 |
| Подтверждение соответствия СИКНП метрологическим требованиям | Да | Да | 10 |
| Оформление результатов поверки | Да | Да | 11 |

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

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1 Поверку СИКНП проводят на месте эксплуатации в диапазоне измерений расхода нефтепродуктов, указанном в описании типа СИКНП, или в фактически обеспечивающимся при поверке диапазоне измерений расхода с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки. Фактический диапазон измерений расхода нефтепродуктов не может превышать диапазона измерений расхода, указанного в описании типа СИКНП.

3.2 Измеряемая среда – нефтепродукты по ГОСТ 32511-2013 «Межгосударственный стандарт. Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» и ГОСТ 32513-2013 «Межгосударственный стандарт. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия».

3.3 Характеристики СИКНП и параметры измеряемой среды при проведении поверки должны соответствовать, приведенным в описании типа СИКНП.

3.4 Соответствие параметров измеряемой среды проверяют по данным паспорта качества нефтепродуктов.

3.5 При определении метрологических характеристик (MX) ИК массы и массового расхода нефтепродуктов соблюдают следующие условия:

- определение MX проводят на месте эксплуатации в комплекте с элементами измерительной линии;

- содержание свободного газа в нефтепродуктах не допускается;

- изменение температуры нефтепродуктов при определении MX ИК массы и массового расхода нефтепродуктов за время одного измерения не должно превышать 0,2 °C по абсолютной величине;

- отклонение расхода нефтепродуктов от установленного значения при определении MX ИК массы и массового расхода нефтепродуктов за время одного измерения не должно превышать 2,5 % по абсолютной величине;

- при определении MX ИК массы и массового расхода нефтепродуктов расход нефтепродуктов регулируют с помощью регулятора расхода, установленного в конце технологической схемы по потоку нефтепродуктов; допускается вместо регуляторов расхода использовать запорную арматуру.

Примечание – Запрещается проводить определение MX ИК массы и массового расхода нефтепродуктов при расходе нефтепродуктов ниже значения расхода, при котором проводилась проверка установки поверочной на отсутствие протечек во время последней поверки установки поверочной.

3.6 Температуру окружающей среды измеряют с помощью термогигрометра ИВА-6Н-Д или аналогичного СИ, позволяющего измерять температуру окружающей среды.

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 3 – Перечень средств поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|---|--|
| П. 3 Контроль условий поверки | Средство измерений температуры окружающей среды с диапазоном измерений температуры окружающей среды от минус 20 °C до 60 °C и пределами допускаемой основной абсолютной погрешности ±0,3 °C | Термогигрометр ИВА-6Н-Д, регистрационный № 46434-11 |
| П. 9 Определение метрологических характеристик средства измерений | <p>Рабочий эталон 1-го или 2-го разряда в соответствии с частью 2 ГПС с верхним пределом диапазона измерений объемного расхода измеряемой среды не менее 563,4 м³/ч (400 т/ч) и пределами допускаемой относительной погрешности измерений объема и объемного расхода ±0,05 % (рабочий эталон 1-го разряда) или ±0,1 % (рабочий эталон 2-го разряда)</p> <p>Преобразователь плотности жидкости измерительный с диапазоном измерений плотности измеряемой среды от 710 до 860 кг/м³, и пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности ±0,3 кг/м³ в составе СИКНП</p> <p>Преобразователи давления (датчики давления) с диапазоном измерений избыточного давления измеряемой среды от 0,5 до 1,5 МПа и пределами допускаемой приведенной погрешности ±0,5 % в составе СИКНП</p> <p>Преобразователи температуры (датчики температуры) с диапазоном измерений температуры измеряемой среды от минус 20 °C до 50 °C и пределами допускаемой абсолютной погрешности ±0,2 °C в составе СИКНП</p> <p>Измерительно-вычислительный комплекс (контроллер) с пределами допускаемой относительной погрешности при вычислении коэффициентов преобразования и поправочных коэффициентов преобразователей расхода ±0,025 %</p> | <p>Установка поверочная СР или СР-М, регистрационный № 27778-15</p> <p>Преобразователь плотности жидкости измерительный модели 7835 (далее – ПП), регистрационный № 52638-13</p> <p>Преобразователи давления измерительные 3051, регистрационный № 14061-10.</p> <p>Датчики температуры 644, регистрационный № 39539-08</p> <p>Комплекс измерительно-вычислительный ИМЦ-07 (далее – ИВК), регистрационный № 53852-13</p> |

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

5.1 При проведении поверки соблюдаются требования, определяемые:

- в области охраны труда – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ;

- в области промышленной безопасности – Федеральным законом от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (приказ Ростехнадзора от 12.03.2013 № 101 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»), Руководство по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (приказ от 27.12. 2012 № 784 «Об утверждении Руководства по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов»), а также другими действующими документами;

- в области пожарной безопасности – Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», Постановление Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации»;

- в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок – «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» (утверждены Приказом Минтруда России от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»), Приказ Минэнерго Российской Федерации от 13.01.2003 № 6 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей»;

- в области охраны окружающей среды – Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

5.2 К СИ (измерительным компонентам), средствам поверки и используемому при поверке вспомогательному оборудованию обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы и площадки, соответствующие требованиям безопасности.

5.3 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость применяемых средств поверки, снятие показаний средств поверки.

5.4 К проведению поверки допускают лиц, изучивших инструкцию по эксплуатации СИКНП, эксплуатационную документацию на средства поверки и настоящую методику поверки и прошедших инструктаж по технике безопасности.

5.5 При появлении течи нефтепродуктов, загазованности и других ситуаций, нарушающих нормальный ход поверочных работ, поверку прекращают.

6. Внешний осмотр средства измерений

6.1 При внешнем осмотре проверяют внешний вид и комплектность СИКНП.

6.2 Комплектность СИКНП должна соответствовать ее описанию типа и инструкции по эксплуатации.

6.3 При проверке внешнего вида должно быть установлено соответствие СИКНП следующим требованиям:

- на элементах СИКНП не должно быть видимых механических повреждений и дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки;

- надписи и обозначения на элементах СИКНП должны быть четкими и соответствовать эксплуатационной документации.

6.4 При внешнем осмотре ИК массы и массового расхода нефтепродуктов устанавливают соответствие счетчиков-расходомеров массовых (СРМ), входящих в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, следующим требованиям:

- комплектность СРМ соответствует указанной в эксплуатационной документации;
- на СРМ отсутствуют механические повреждения и дефекты, препятствующие его применению;
- надписи и обозначения на СРМ четкие и соответствуют требованиям эксплуатационной документации на СРМ;
- отсутствуют нарушения герметичности кабельных вводов.

6.5 Результаты внешнего осмотра СИКНП считаются положительными, если выполняются вышеперечисленные условия. Если данные условия не выполняются, устраняют причины не выполнения, после чего повторно проводят проверку внешнего вида, маркировки и комплектности СИКНП.

6.6 СИКНП, не прошедшая внешний осмотр, к дальнейшей поверке не допускается до устранения выявленных несоответствий.

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 При подготовке к поверке проводят работы в соответствии с инструкцией по эксплуатации СИКНП.

7.2 Проверяют наличие действующих свидетельств об аттестации эталонов и/или наличие сведений о результатах поверки эталонов и СИ, применяемых при поверке, в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и/или знаков поверки, нанесенных на СИ, и (или) свидетельств о поверке, и (или) записей о проведенной поверке в паспортах (формулярах) СИ, заверенных подписью поверителя и знаком поверки с указанием даты поверки, применяемых при проведении поверки.

7.3 Проверяют правильность монтажа и соединений СРМ, поверочной установки (ПУ) и СИ, применяемых при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, в соответствии с технологической схемой.

7.4 Устраниют возможность протечек нефтепродуктов на участке между СРМ и ПУ.

Примечание – Задвижки, расположенные на измерительных линиях, соединяющих этот участок с другими трубопроводами должны иметь устройства контроля протечек.

7.5 Проверяют отсутствие воздуха в СРМ и ПУ, а также в верхних точках трубопроводов, соединяющих СРМ и ПУ. Для этого устанавливают расход нефтепродуктов через СРМ и ПУ в пределах рабочего диапазона измерений расхода СРМ и открывают краны, расположенные в верхних точках трубопроводов и ПУ. Проводят несколько раз пуск поршня в ПУ до полного прекращения выделения пузырьков воздуха или газа из этих кранов и закрывают их.

7.6 Проверяют герметичность технологической схемы, состоящей из СРМ, ПУ, задвижек и трубопроводов. Для этого устанавливают в технологической схеме давление нефтепродуктов, равное рабочему. Не допускают появления капель или утечек нефтепродуктов через сальники, фланцевые, резьбовые или сварные соединения при наблюдении в течение 5 минут.

7.7 Проверяют герметичность задвижек, через которые возможны утечки нефтепродуктов, влияющие на результаты измерений при определении МХ. При невозможности устранения утечек такие задвижки заглушают (проверяют наличие заглушек).

7.8 Проверяют стабильность температуры нефтепродуктов. Температуру нефтепродуктов считают стабильной, если ее изменение в измерительной линии СРМ и в ПУ за время одного измерения не превышает по абсолютной величине 0,2 °C.

7.9 Подготавливают ПУ и СИ, применяемые при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, к работе согласно их эксплуатационной документации.

7.10 Вводят в память ИВК необходимые исходные данные в соответствии с переменными величинами, указанными в протоколе поверки СИКНП (Приложение А настоящей методики поверки), или проверяют ранее введенные исходные данные.

7.11 Проверяют действие и взаимодействие элементов СИКНП в соответствии с инструкцией по эксплуатации СИКНП, возможность получения отчетов следующим образом:

- проверяется наличие электропитания СИКНП и средств поверки;
- проверяется наличие связи между первичными преобразователями, вторичной аппаратурой и ИВК, ИВК и автоматизированным рабочим местом (АРМ) оператора СИКНП путем визуального контроля меняющихся значений измеряемых величин на дисплее компьютера АРМ оператора;
- проверяется работоспособность запорно-регулирующей арматуры путем ее открытия и закрытия;
- используя печатающее устройство, с ИВК и АРМ оператора СИКНП распечатываются пробные отчеты (протоколы поверки и другие отчеты).

7.12 Проводят опробование ИК массы и массового расхода нефтепродуктов. При этом проводят одно измерение при любом значении расхода в пределах рабочего диапазона измерений расхода. Запускают поршень ПУ и при прохождении поршня наблюдают за началом отсчета импульсов, генерируемых СРМ, а при прохождении второго детектора - за окончанием отсчета импульсов. Результаты измерений количества импульсов наблюдают на дисплее ИВК.

7.13 При опробовании ИК массы и массового расхода нефтепродуктов определяют относительное отклонение δ_i , %, значения массы нефтепродуктов, измеренной СРМ, и значения массы нефтепродуктов, измеренной ПУ и ПП.

$$\delta_i = \frac{M_{CPM} - M_{PY}}{M_{PY}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где M_{CPM} – масса нефтепродуктов, измеренная СРМ, при опробовании ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, т;

M_{PY} – масса нефтепродуктов, измеренная ПУ и ПП, при опробовании ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, т.

7.14 Результат опробования считают положительным, если измерительные компоненты СИКНП функционируют и взаимодействуют в штатном режиме, обеспечены электропитанием, абсолютное значение относительного отклонения δ_i , % для каждого измерения не превышает $\pm 0,25 \%$.

8. Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1 Проверяют соответствие идентификационных данных программного обеспечения (ПО) СИКНП сведениям, приведенным в описании типа на СИКНП.

8.2 Определение идентификационных данных ПО ИВК проводят в следующей последовательности:

а) необходимо включить питание, если питание было выключено;

б) дождаться после включения питания появления на дисплее главного меню или войти в главное меню;

в) в главном меню выбрать пункт меню «Основные параметры»;

г) выбрать пункт меню «Просмотр»;

д) выбрать пункт меню «О программе», на экране появится диалоговое окно с информацией о ПО.

8.3 Результат подтверждения соответствия ПО ИВК считается положительным, если полученные идентификационные данные ПО ИВК (идентификационное наименование, номер версии и цифровой идентификатор) соответствуют идентификационным данным, указанным в таблице 2 описания типа СИКНП.

8.4 Определение идентификационных данных ПО «АРМ оператора «ФОРВАРД» проводят в следующей последовательности:

а) в основном меню, расположенному в верхней части экрана монитора АРМ оператора, выбрать пункт меню «О программе»;

б) нажать кнопку «Модули», на экране появится диалоговое окно с информацией о ПО.

8.5 Результат подтверждения соответствия ПО «АРМ оператора «ФОРВАРД» считается положительным, если полученные идентификационные данные ПО «АРМ оператора «ФОРВАРД» (идентификационное наименование, номер версии и цифровой идентификатор) соответствуют идентификационным данным, указанным в таблице 2 описания типа СИКНП.

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

9. Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Проверяют наличие сведений о положительных результатах поверки измерительных компонентов из состава СИКНП (кроме счетчиков-расходомеров массовых Micro Motion модификации CMF 400 с преобразователями серии 2700, входящих в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов) в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ), наличие действующих знаков поверки, нанесенных на измерительные компоненты (если предусмотрено нанесение знаков поверки), наличие действующих свидетельств о поверке (если предусмотрено оформление свидетельств о поверке на бумажном носителе) и/или записей в паспортах (формулярах), заверенных подписью поверителя и знаком поверки.

9.2 Перечень измерительных компонентов из состава СИКНП приведен в таблице 1 описания типа СИКНП.

9.3 Результаты проверки считают положительными, если измерительные компоненты имеют запись в ФИФОЕИ о положительных результатах поверки, действующие свидетельства о поверке (если предусмотрено оформление свидетельств о поверке на бумажном носителе) и/или записей в паспортах (формулярах), действующие знаки поверки, нанесенные на измерительные компоненты (если предусмотрено нанесение знаков поверки).

9.4 МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов определяют в соответствии с приложением Б настоящей методики поверки. Результаты определения МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов положительные, если пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы измеряемой среды (нефтепродуктов) с помощью ИК массы и массового расхода нефтепродуктов не превышает установленные пределы $\pm 0,25\%$.

9.5 При получении положительных результатов по п. 9.1 настоящей методики поверки и при положительных результатах определения МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов в соответствии с приложением Б относительная погрешность измерений массы нефтепродуктов СИКНП не превышает установленные пределы $\pm 0,25\%$.

10. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 При получении положительных результатов по п. 9.1 и п. 9.4 настоящей методики поверки, а именно:

- измерительные компоненты, входящие в состав СИКНП, имеют запись в ФИФОЕИ о положительных результатах поверки, действующие свидетельства о поверке (если предусмотрено оформление свидетельств о поверке на бумажном носителе) и/или записей в паспортах (формулярах), действующие знаки поверки, нанесенные на измерительные компоненты (если предусмотрено нанесение знаков поверки);

- полученное значение относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродуктов с рабочим СРМ и контрольно-резервным СРМ, применяемым в качестве резервного, не превышает $\pm 0,25\%$;

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

- значение относительной погрешности измерений массы нефтепродуктов с применением СИКНП не превышает установленные пределы $\pm 0,25\%$,

СИКНП считаются соответствующей метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, а результат поверки положительным.

11. Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки СИКНП рекомендуется оформлять протоколом в соответствии с Приложением А. Допускается оформлять протокол поверки СИКНП в измененном виде. Сведения о результатах поверки передаются в ФИФОЕИ лицом, проводившим поверку СИКНП.

11.2 При положительных результатах поверки СИКНП признается пригодной к применению.

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

11.4 По заявлению владельца СИКНП или лица, предоставившего СИКНП на поверку, при положительных результатах поверки СИКНП оформляют свидетельство о поверке СИКНП на бумажном носителе, на оборотной стороне свидетельства о поверке указывают диапазон измерений массового расхода, пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы измеряемой среды (нефтепродуктов). Знак поверки наносят на свидетельство о поверке СИКНП.

11.5 В протоколе поверки СИКНП приводят перечень измерительных компонентов с указанием их заводских номеров, регистрационных номеров, сведений о результатах поверки.

11.6 Согласно эксплуатационной документации вводят в соответствующие преобразователи серии 2700 полученные значения коэффициентов коррекции (MF).

11.7 Для исключения возможности несанкционированных настройки и вмешательства, которые могут повлиять на результат измерений, устанавливают две свинцовые (пластмассовые) пломбы, несущие знаки поверки, на контровочные проволоки, пропущенные через отверстия в шпильках, расположенных на противоположных фланцах первичного измерительного преобразователя СМФ 400, и одну свинцовую (пластмассовую) пломбу, несущую знак поверки, на контровочную проволоку, охватывающую корпус преобразователя серии 2700. Знак поверки наносится на пломбы методом давления.

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

11.9 В случае необходимости определения МХ отдельного ИК массы и массового расхода нефтепродуктов оформляют свидетельство о поверке СИКНП в части отдельного ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, при этом срок действия свидетельства о поверке СИКНП в части отдельных ИК определяется интервалом между поверками СИКНП.

11.10 На оборотной стороне свидетельства о поверке СИКНП в части отдельного ИК массы и массового расхода нефтепродуктов указывают номер линии с СРМ, входящим в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, диапазон измерений расхода и пределы допускаемой относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродуктов.

11.11 При отрицательных результатах поверки СИКНП к эксплуатации не допускают, оформляют извещение о непригодности в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории Российской Федерации.

11.12 Установка пломб, несущих на себе знак поверки, непосредственно на СИКНП не предусмотрена. Нанесение знака поверки непосредственно на СИКНП не предусмотрено.

Приложение А
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки СИКНП

Стр. __ из __

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

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

1 Внешний осмотр: _____
(соответствует/не соответствует)

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

3 Проверка герметичности: _____
(соответствует/не соответствует)

4 Опробование: _____
(соответствует/не соответствует)

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

6 Определение метрологических характеристик средства измерений: _____
(соответствует/не соответствует)

Таблица 1 - Перечень измерительных компонентов

| Наименование | Заводской номер* | Регистрационный номер | Наличие сведений о поверке в ФИФОЕИ |
|--------------|------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| | | | |

* Допускается замена СИ на аналогичное СИ утвержденного типа из перечня СИ в описании СИКН без переоформления настоящего протокола поверки СИКН и с предоставлением сведений о положительных результатах поверки замененного СИ.

6.1 Определение метрологических характеристик измерительных каналов массы и массового расхода нефтепродуктов (ИК) измерительных линий (ИЛ) СИКНП

ИК Первичный
(ИЛ измерительный
№ ____): преобразователь: Тип _____ Зав. № _____
Преобразователь: Тип _____ Зав. № _____

Таблица 1.1 - Исходные данные

| Детекторы | V_0 , м ³ | D, мм | S, мм | E, МПа | $\alpha_{kl} (\alpha_l)$, 1/°C | α_d , 1/°C | Θ_{Σ_0} , % |
|-----------|------------------------|-------|-------|--------|---------------------------------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

Продолжение таблицы 1.1

| Θ_{V_0} , % | Δt_{pu} , °C | Δt_{pp} , °C | $\Delta \rho_{pp}$, кг/м ³ | δ_{IVK} , % | K_{PM} , имп/т | K_{Myct} , Г/с/МКС | MF_{yet} |
|--------------------|----------------------|----------------------|--|--------------------|------------------|----------------------|------------|
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

Окончание таблицы 1.1

| Q_{nom} , т/ч | ZS , т/ч | δ_{dop} , %/°C | $\delta_{P_{dop}}$, %/0,1 МПа | t_{min} , °C | t_{max} , °C | P_{min} , МПа | P_{max} , МПа |
|-----------------|------------|-----------------------|--------------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |

Таблица 1.2 - Результаты измерений и вычислений

| № точ./№ изм. | Q_{ji} , т/ч | Детекторы | T_{ji} , с | t_{puji} , °C | t_{dji} , °C | P_{puji} , МПа | ρ_{ppji} , кг/м ³ | t_{ppji} , °C |
|------------------|----------------|-----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1/1 | | | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1/n ₁ | | | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| m/1 | | | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| m/n _m | | | | | | | | |

Окончание таблицы 1.2

| № точ./№ изм. | P_{ppji} , МПа | β_{ji} , 1/°C | N_{ji} , имп. | M_{puji} , т | M_{ji} , т | MF_{ji} |
|------------------|------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------|-----------|
| 1 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1/1 | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1/n ₁ | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| m/1 | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| m/n _m | | | | | | |

Таблица 1.3 - Результаты вычислений в точках рабочего диапазона

| № точ. | Q_j , т/ч | MF_j | n_j | S_j , % | S_{0j} , % | $t_{0,95j}$ | ε_j , % |
|--------|-------------|--------|-------|-----------|--------------|-------------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| m | | | | | | | |

Таблица 1.4 - Результаты вычислений в рабочем диапазоне

| Q_{min} , т/ч | Q_{max} , т/ч | MF | S_0 , % | ε , % | Θ_A , % | Θ_Z , % | Θ_p , % |
|-----------------|-----------------|------|-----------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

Окончание таблицы 1.4

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

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

Значение относительной погрешности измерений
массы измеряемой среды (нефтепродуктов) СИКНП: _____
(соответствует/не соответствует)

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

Дата проведения поверки « ____ » 20 ____ г.

Приложение Б (обязательное)

Определение метрологических характеристик измерительных каналов массы и массового расхода нефтепродуктов

Настоящее приложение устанавливает порядок определения МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов.

Определение МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов осуществляется на основе алгоритма, приведенного в МИ 3189-2009 «Рекомендация. ГСИ. Счетчики-расходомеры массовые Micro Motion фирмы «Emerson Process Management». Методика поверки комплектом трубопоршневой поверочной установки и поточного преобразователя плотности» с изменениями № 1, № 2.

Проверяют или устанавливают в ИВК значение массового расхода и соответствующее ему значение частоты выходного сигнала СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, или коэффициент преобразования СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, $K_{\text{ПМ}}$, имп/т, соответствующий установленному значению в преобразователе серии 2700 СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, и вычисленный по формуле

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

где f_M – значение частоты, установленное в преобразователе серии 2700 СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, Гц;
 Q_M – значение массового расхода, установленное в преобразователе серии 2700 СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, т/ч.

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

Определение МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов осуществляют с учетом влияния барьеров искрозащиты.

Проверяют отсутствие свободного газа в измерительной линии СРМ, ПУ и ПП, а также в верхних точках трубопроводов. Для этого устанавливают массовый расход нефтепродуктов в пределах рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, и открывают краны, расположенные в высших точках измерительной линии СРМ и ПУ. Проводят 1 - 3 раза запуск поршня ПУ, удаляя после каждого запуска свободный газ. Считают, что свободный газ отсутствует полностью, если из кранов вытекает струя измеряемой среды без газовых включений.

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

Проверяют герметичность задвижек, через которые возможны утечки нефтепродуктов, влияющие на результаты измерений при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов.

Проверяют стабильность температуры нефтепродуктов. Для этого запускают поршень ПУ и регистрируют температуру в ПП и ПУ. Температуру нефтепродуктов считают стабильной, если ее изменение не превышает 0,2 °C по абсолютной величине при прохождении поршня в ПУ.

Проводят установку нуля СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, согласно эксплуатационной документации на СРМ.

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

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

Наблюдают на дисплее ИВК значения следующих параметров:

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

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

- температуры и давления измеряемой среды в ПУ;

- плотности, температуры и давления измеряемой среды в ПП.

При определении относительной погрешности СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, определяют следующие МХ:

- коэффициент коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, в рабочем диапазоне измерений массового расхода;

- относительную погрешность ИК массы и массового расхода нефтепродуктов в рабочем диапазоне измерений.

Определение МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов проводят не менее, чем при трех точках диапазона измерений массового расхода измеряемой среды, включая точки, соответствующие минимальному и максимальному значениям массового расхода измеряемой среды. При применении в качестве ПУ трубопоршневой поверочной установки с шаровым поршнем в каждой точке расхода для ИК массы и массового расхода нефтепродуктов с рабочим СРМ проводят не менее пяти измерений, для ИК массы и массового расхода нефтепродуктов с контрольно-резервным СРМ, применяемым в качестве контрольного, проводят не менее семи измерений. При применении в качестве ПУ поверочной установки на базе компакт-прувера в каждой точке расхода для ИК массы и массового расхода нефтепродуктов с рабочим СРМ проводят не менее семи измерений, для ИК массы и массового расхода нефтепродуктов с контрольно-резервным СРМ, применяемым в качестве контрольного, проводят не менее одиннадцати измерений.

Требуемые значения массового расхода нефтепродуктов устанавливают от минимального значения расхода в сторону увеличения или от максимального значения в сторону уменьшения.

Выбранное значение массового расхода измеряемой среды определяют по показаниям СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов.

Проводят предварительное измерение для уточнения значения установленного массового расхода измеряемой среды.

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

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

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

После стабилизации массового расхода проводят необходимое количество измерений.

Запускают поршень ПУ. При прохождении поршнем первого детектора ИВК начинает отсчет импульсов выходного сигнала СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, и времени прохождения поршня между детекторами, при прохождении второго детектора - заканчивает.

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

- температуры измеряемой среды в ПУ;
- давления измеряемой среды в ПУ;
- температуры измеряемой среды в ПП;
- давления измеряемой среды в ПП;
- плотности измеряемой среды, измеренной ПП.

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

Таблица Б.1 – Точность представления результатов измерений и вычислений

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

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

Обработка результатов измерений

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

$$M_{ПУji} = V_0 \cdot K_{tji} \cdot K_{Pji} \cdot \rho_{ППji} \cdot \frac{CTL_{ПУji} \cdot CPL_{ПУji}}{CTL_{ППji} \cdot CPL_{ППji}} \cdot 10^{-3}. \quad (Б.2)$$

Коэффициент K_{tji} , вычисляемый по формуле Б.3, используется, если в качестве ПУ применяется трубопоршневая поверочная установка с шаровым поршнем.

$$K_{tji} = 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot (t_{ПУji} - 20). \quad (Б.3)$$

Коэффициент K_{tji} , вычисляемый по формуле Б.4, используется, если в качестве ПУ применяется поверочная установка на базе компакт-прувера.

$$K_{tji} = (1 + \alpha_{k1} \cdot (t_{ПУji} - 20)) \cdot (1 + \alpha_{\Delta} \cdot (t_{Дji} - 20)). \quad (Б.4)$$

Коэффициент K_{Pji} , применяемый для ПУ, вместимость которых определяется с учетом коэффициента 0,95, и вычисляемый по формуле

$$K_{Pji} = 1 + 0,95 \cdot \frac{P_{Пуji} \cdot D}{E \cdot S}. \quad (\text{Б.5})$$

Коэффициент K_{Pji} , применяемый для ПУ, вместимость которых определяется без учета коэффициента 0,95, и вычисляемый по формуле

$$K_{Pji} = 1 + \frac{P_{Пуji} \cdot D}{E \cdot S}. \quad (\text{Б.6})$$

При применении в качестве ПУ трубопоршневой поверочной установки с шаровым поршнем температура измеряемой среды в поверочной установке $t_{Пуji}$, °C, вычисляется по формуле

$$t_{Пуji} = \frac{t_{BxПуji} + t_{ВыхПуji}}{2}. \quad (\text{Б.7})$$

При применении в качестве ПУ трубопоршневой поверочной установки с шаровым поршнем давление измеряемой среды в поверочной установке $P_{Пуji}$, МПа, вычисляется по формуле

$$P_{Пуji} = \frac{P_{BxПуji} + P_{ВыхПуji}}{2}. \quad (\text{Б.8})$$

- Где V_0 – вместимость измерительного участка ПУ при стандартных условиях ($t = 20$ °C и избыточное давление $P = 0$ МПа), м³;
- K_{ji} – коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ПУ, для i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;
- K_{Pji} – коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ПУ, для i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода;
- $\rho_{ППji}$ – плотность нефтепродуктов за время i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, кг/м³;
- $CTL_{Пуji}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем нефтепродуктов, определенный для температуры измеряемой среды в ПУ для i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по Приложению В);
- $CPL_{Пуji}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем нефтепродуктов, определенный для давления измеряемой среды в ПУ для i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по Приложению В);
- $CTL_{ППji}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем нефтепродуктов, определенный для давления измеряемой среды в ПП для i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по Приложению В);

| | |
|---------------------------------|---|
| $CPL_{ППji}$ | – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем нефтепродуктов, определенный для давления измеряемой среды в ПП для i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (вычисляют по Приложению В); |
| α_i , α_{k1} | – коэффициент линейного расширения материала стенок измерительного участка ПУ (из эксплуатационной документации на ПУ), $1/^\circ\text{C}$; |
| $t_{ПУji}$ | – среднее значение температуры нефтепродуктов в ПУ за время i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, $^\circ\text{C}$; |
| $t_{ВхПУji}$, $t_{ВыхПУji}$ | – температура нефтепродуктов на входе и выходе ПУ за время i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода соответственно, $^\circ\text{C}$; |
| $P_{ПУji}$ | – среднее значение избыточного давления нефтепродуктов в ПУ за время i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, МПа; |
| $P_{ВхПУji}$, $P_{ВыхПУji}$ | – давление нефтепродуктов входе и выходе ПУ за время i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода соответственно, МПа; |
| D | – внутренний диаметр измерительного участка ПУ (из эксплуатационной документации на ПУ), мм; |
| S | – толщина стенок измерительного участка ПУ (из эксплуатационной документации на ПУ), мм; |
| E | – модуль упругости материала стенок измерительного участка ПУ (из эксплуатационной документации на ПУ), МПа. |

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

$$Q_{ji} = \frac{M_{ПУji}}{T_{ji}} \cdot 3600, \quad (\text{Б.9})$$

где $M_{ПУji}$ – масса нефтепродуктов, определенная с помощью средства поверки за время i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т;

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

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

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

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} Q_{ji}}{n_j}, \quad (\text{Б.10})$$

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

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

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

$$Q_{min} = \min(Q_j), \quad (B.11)$$

$$Q_{max} = \max(Q_j), \quad (B.12)$$

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

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

$$M_{ji} = \frac{N_{ji}}{K_{PM}}, \quad (B.13)$$

где N_{ji} – количество импульсов от СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, имп.;
 K_{PM} – коэффициент преобразования СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, имп/т.

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

$$MF = \frac{\sum_{j=1}^m MF_j}{m}, \quad (B.14)$$

$$MF_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} MF_{ji}}{n_j}, \quad (B.15)$$

$$MF_{ji} = \frac{M_{PMji}}{M_{ji}} \cdot MF_{ycm}, \quad (B.16)$$

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

| | |
|-------------------|--|
| MF_{ji} | – значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, для i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода; |
| n_j | – количество измерений в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода; |
| $M_{\text{ПУ}ji}$ | – масса нефтепродуктов, определенная с помощью средств поверки за время i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т; |
| M_{ji} | – масса нефтепродуктов, определенная с помощью СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, за время i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, т; |
| MF_{ycm} | – коэффициент коррекции, установленный в СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, на момент проведения определения МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов. |

Оценка среднего квадратического отклонения (СКО) результатов измерений в точках рабочего диапазона.

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

$$MF_{ji} = \frac{M_{\text{ПУ}ji}}{M_{ji}} \cdot MF_{ycm}, \quad (\text{Б.17})$$

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ji} - MF_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{100}{MF_j}, \quad (\text{Б.18})$$

| | |
|------------|---|
| где MF_j | – среднее значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода; |
| MF_{ji} | – значение коэффициента коррекции СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, для i-го измерения в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода; |
| n_j | – количество измерений в j-й точке рабочего диапазона измерений массового расхода. |

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \leq 0,05\%. \quad (\text{Б.19})$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении условия (Б.19) выявляют наличие промахов в полученных результатах вычислений согласно Приложению Г.

Выявленный промах исключают и проводят дополнительное измерение. При отсутствии промахов выясняют и устраняют причины, обуславливающие невыполнение условия (Б.19) и повторно проводят измерения.

Границу неисключенной систематической погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, в рабочем диапазоне измерений расхода, Θ , %, вычисляют по формулам

$$\Theta = 1,1 \cdot \sqrt{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\rho}^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{IBK}^2 + \Theta_Z^2 + \Theta_{Mt}^2 + \Theta_{MP}^2}, \quad (B.20)$$

$$\Theta_t = \beta_{\max} \cdot \sqrt{\Delta t_{PY}^2 + \Delta t_{PP}^2} \cdot 100, \quad (B.21)$$

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

$$\Theta_{\rho} = \frac{\Delta \rho_{PP}}{\rho_{PP \min}} \cdot 100, \quad (B.23)$$

$$\rho_{PP \min} = \min(\rho_{PPji}), \quad (B.24)$$

$$\Theta_A = \max \left(\left| \frac{MF_j - MF}{MF} \right| \cdot 100 \right), \quad (B.25)$$

$$\Theta_{Mt} = \frac{\delta_{t_{don}} \cdot Q_{\max} \cdot \Delta t}{Q_{\min}}, \quad (B.26)$$

$$\Delta t = \max[(t_{\max} - t_{\Pi}), (t_{\Pi} - t_{\min})], \quad (B.27)$$

$$\Theta_{MP} = 10 \cdot \delta_{P_{don}} \cdot \Delta P, \quad (B.28)$$

при применении коррекции по давлению $\Theta_{MP}=0$,

$$\Delta P = \max[(P_{\max} - P_{\Pi}), (P_{\Pi} - P_{\min})], \quad (B.29)$$

- где $\Theta_{\Sigma 0}$ – граница суммарной неисключенной систематической погрешности ПУ (из сведений о поверке ПУ), %;
- Θ_{V0} – граница неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ПУ (из сведений о поверке ПУ), %;
- Θ_t – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры нефтепродуктов в ПУ и ПП, %;
- Θ_{ρ} – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ПП, %;
- Θ_A – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией градуировочной характеристики СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, в рабочем диапазоне измерений массового расхода СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, %;

| | |
|--------------------|---|
| Θ_{IVK} | – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК ($\Theta_{IVK} = \delta_{IVK}$) %; |
| δ_{IVK} | – пределы допускаемой относительной погрешности ИВК при преобразовании входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов (из описания типа ИВК), %; |
| Θ_z | – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной нестабильностью нуля СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, %; при применении преобразователя серии 2700 $\Theta_z=0$; |
| Θ_{Mt} | – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения температуры нефтепродуктов в условиях эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, от температуры нефтепродуктов при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, %; |
| Θ_{MP} | – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной влиянием отклонения давления нефтепродуктов в условиях эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, от давления нефтепродуктов при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, %; |
| β_{\max} | – максимальное значение коэффициента объемного расширения нефтепродуктов за время измерений, $1/^\circ\text{C}$; |
| β_{ji} | – коэффициент объемного расширения нефтепродуктов для i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода (определяют в соответствии с алгоритмом вычислений, реализованным в ИВК), $1/^\circ\text{C}$; |
| $\Delta t_{ПУ}$ | – пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователя(ей) температуры, установленного(ых) в ПУ, $^\circ\text{C}$; |
| $\Delta t_{ПП}$ | – пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленного около ПП, $^\circ\text{C}$; |
| $\Delta\rho_{ПП}$ | – пределы допускаемой абсолютной погрешности ПП, $\text{кг}/\text{м}^3$; |
| $\rho_{ПП\min}$ | – минимальное значение плотности нефтепродуктов за время определения МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, $\text{кг}/\text{м}^3$; |
| $\rho_{ППji}$ | – плотность нефтепродуктов за время i -го измерения в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, $\text{кг}/\text{м}^3$; |
| Q_{\min} | – нижний предел рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, $\text{т}/\text{ч}$; |
| Q_{\max} | – верхний предел рабочего диапазона измерений массового расхода СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов (из эксплуатационной документации на СРМ), $\text{т}/\text{ч}$; |
| $Q_{\text{ном}}$ | – номинальное значение массового расхода СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов (из эксплуатационной документации на СРМ), $\text{т}/\text{ч}$; |
| $\delta_{t_{don}}$ | – значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением температуры нефтепродуктов при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, от температуры нефтепродуктов при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов (из эксплуатационной документации на СРМ), $\%/\text{ }^\circ\text{C}$; |

| | |
|----------------------------|--|
| Δt | – максимальное отклонение температуры нефтепродуктов при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, от температуры нефтепродуктов, при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, °С; |
| $t_{\bar{P}}$ | – среднее значение температуры нефтепродуктов при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, °С; |
| t_{\min} , t_{\max} | – нижний и верхний предел рабочего диапазона температуры нефтепродуктов при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, °С; |
| $\delta_{P_{don}}$ | – значение дополнительной погрешности, обусловленной отклонением давления нефтепродуктов при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, от давления нефтепродуктов при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов (из эксплуатационной документации на СРМ), %/0,1 МПа; |
| ΔP | – максимальное отклонение давления нефтепродуктов при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, от давления нефтепродуктов при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, МПа; |
| P_{\min} , P_{\max} | – нижний и верхний предел рабочего диапазона давления нефтепродуктов при эксплуатации СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, МПа; |
| $P_{\bar{P}}$ | – среднее значение давления нефтепродуктов при определении МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, МПа. |

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

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}} \cdot 100 \quad (\text{Б.30})$$

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

$$\varepsilon = \max(\varepsilon_j) \quad (\text{Б.31})$$

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

где ε_j – граница случайной погрешности в j -й точке рабочего диапазона, %;
 $t_{0,95j}$ – квантиль распределения Стьюдента для количества измерений n_j в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода, определяют по таблице Б.2.

Таблица Б.2 – Значения квантиля распределения Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,95$

| n_j | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t_{0,95}$ | 2,776 | 2,571 | 2,447 | 2,365 | 2,306 | 2,262 | 2,228 |

СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне измерений массового расхода S_0 , %, принимают равным значению СКО среднего значения результатов измерений в точке рабочего диапазона измерений массового расхода с максимальным значением границы случайной погрешности ε_i , %.

Границу относительной погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродуктов в рабочем диапазоне измерений массового расхода δ , %, определяют по формулам

$$\delta = K \cdot S_{\Sigma}, \text{ если } 0,8 \leq \frac{\Theta}{S_0} \leq 8, \quad (\text{Б.33})$$

$$\delta = \Theta, \text{ если } \frac{\Theta}{S_0} > 8, \quad (\text{Б.34})$$

$$S_0 = \max(S_j), \quad (\text{Б.35})$$

$$K = \frac{\Theta + \varepsilon}{S_0 + S_{\Theta}}, \quad (\text{Б.36})$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_0^2}, \quad (\text{Б.37})$$

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_{\Sigma 0}^2 + \Theta_{V 0}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\rho}^2 + \Theta_A^2 + \Theta_{IVK}^2 + \Theta_Z^2 + \Theta_{Mt}^2 + \Theta_{MP}^2}{3}}, \quad (\text{Б.38})$$

- где ε – граница случайной погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродуктов в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %;
- Θ – граница неисключенной систематической погрешности ИК массы и массового расхода нефтепродуктов в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %;
- K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;
- S_{Σ} – суммарное СКО результатов измерений, %;
- S_{Θ} – СКО суммы неисключенных систематических погрешностей, %;
- S_0 – максимальное значение СКО результатов измерений в рабочем диапазоне измерений массового расхода, %.

Оценивание границы относительной погрешности

Для ИК массы и массового расхода нефтепродуктов с СРМ, применяемым в качестве рабочего или резервного, должно выполняться условие

$$\delta \leq 0,25\%. \quad (\text{Б.39})$$

При выполнении условия (Б.39) ИК массы и массового расхода нефтепродуктов с СРМ, применяемым в качестве рабочего или резервного, допускается к применению.

Для ИК массы и массового расхода нефтепродуктов с СРМ, применяемым в качестве контрольного должно выполняться условие

$$\delta \leq 0,20\%. \quad (\text{Б.40})$$

При выполнении условия (Б.40) ИК массы и массового расхода нефтепродуктов с СРМ, применяемым в качестве контрольного, допускается к применению.

Если условия (Б.39) и (Б.40) не выполняются, то рекомендуется:

- увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений массового расхода;
- уменьшить рабочий диапазон измерений массового расхода;
- обеспечить коррекцию СРМ, входящего в состав ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, по давлению.

При повторном невыполнении данных условий, определение МХ ИК массы и массового расхода нефтепродуктов прекращают.

Приложение В
(обязательное)

Определение коэффициентов CTL и CPL

Определение коэффициента CTL

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

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

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

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

где ρ_{15} – значение плотности нефтепродуктов при $t = 15^{\circ}\text{C}$ и $P = 0 \text{ МПа}$, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 t – значение температуры нефтепродуктов, $^{\circ}\text{C}$;
 α_{15} – значение коэффициента объемного расширения нефтепродуктов при $t = 15^{\circ}\text{C}$ и $P = 0 \text{ МПа}$, $1/{}^{\circ}\text{C}$;
 K_0 , K_1 – коэффициенты, определяемые по таблице В.1.

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

| Тип нефтепродуктов | ρ_{15} , $\text{кг}/\text{м}^3$ | K_0 | K_1 |
|--------------------|--------------------------------------|-----------|---------|
| Бензины | от 611 до 779 | 346,42278 | 0,43884 |
| Реактивные топлива | от 779 до 839 | 594,54180 | 0 |
| Нефтяные топлива | от 839 до 1164 | 186,96960 | 0,48618 |

Примечание – Для конкретного нефтепродукта коэффициенты K_0 и K_1 определяют по значению плотности ρ_{15} , $\text{кг}/\text{м}^3$, а не по наименованию типа нефтепродуктов.

Определение коэффициента CPL

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

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

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

где P – значение избыточного давления нефтепродуктов, МПа ;
 10 – коэффициент перевода единицы измерений давления МПа в бар

Определение плотности нефтепродуктов при стандартных условиях

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

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

где ρ_{pp} – значение плотности нефтепродуктов, измеренное ПП, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 CTL_{pp} – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем нефтепродуктов, определенный для t_{pp} и ρ_{15} ;
 CPL_{pp} – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем нефтепродуктов, определенный для t_{pp} , P_{pp} и ρ_{15} .

Для определения ρ_{15} , $\text{кг}/\text{м}^3$, необходимо определить значения CTL_{pp} и CPL_{pp} , а для определения CTL_{pp} и CPL_{pp} , в свою очередь, необходимо определить значение плотности при стандартных условиях ρ_{15} . Поэтому значение ρ_{15} определяют методом последовательного приближения.

- 1) Определяют значения $CTL_{pp(1)}$ и $CPL_{pp(1)}$, принимая значение ρ_{15} , равным значению ρ_{pp} .
- 2) Определяют значения $\rho_{15(1)}$, $\text{кг}/\text{м}^3$, по формуле

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

- 3) Определяют значения $CTL_{pp(2)}$ и $CPL_{pp(2)}$, принимая значение ρ_{15} , равным значению $\rho_{15(1)}$.
- 4) Определяют значение $\rho_{15(2)}$, $\text{кг}/\text{м}^3$ по формуле

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

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

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

где $\rho_{15(i)}$, – значения ρ_{15} , определенные за последний и предпоследний цикл вычислений соответственно, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Процесс вычислений продолжают до выполнения данного условия. За значение ρ_{15} , $\text{кг}/\text{м}^3$, принимают последнее значение $\rho_{15(i)}$, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Приложение Г
(обязательное)

Методика анализа результатов измерений и выявления промахов

При проверке результатов измерений на один промах по критерию Граббса при определении метрологических характеристик ИК массы и массового расхода нефтепродуктов, СКО результатов измерений в j -й точке рабочего диапазона измерений массового расхода S_{MFj} определяют по формуле

$$S_{MFj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (MF_{ij} - MF_j)^2}{n_j - 1}} \quad (\Gamma.1)$$

Если значение $S_{MFj} < 0,001$, то принимают $S_{MFj} = 0,001$.

Для наиболее выделяющихся значений MF_{ji} определяют значение U по формуле

$$U = \left| \frac{MF_{ji}^{\min(\max)} - MF_j}{S_{MFj}} \right| \quad (\Gamma.2)$$

Сравнивают вычисленное значение U с величиной h из таблицы Г.1.

Если $U \geq h$, то подозреваемый результат измерений исключают из выборки как промах, в противном случае результат измерений оставляют.

Таблица Г.1 – Критические значения h для критерия Граббса

| n_j | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| h | 1,715 | 1,887 | 2,020 | 2,126 | 2,215 | 2,290 | 2,355 |