

**МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ  
(ФГУП «ВНИИР»)  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Директор  
ФГУП ВНИИР**  
А.А. Когогин  
« 29 » 2009 г.



**РЕКОМЕНДАЦИЯ**

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**МАССА И ОБЪЕМ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**Методика измерений косвенным методом динамических измерений**

**МИ 3241-2009**

**Казань  
2009**



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И  
МЕТРОЛОГИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

СВИДЕТЕЛЬСТВО № 23607-09  
об аттестации МИ

Методика измерений \_\_\_\_\_ масса и объем нефтепродуктов  
разработанная \_\_\_\_\_ *наименование измеряемой величины*  
разработана \_\_\_\_\_ **ОАО «НК «Роснефть», г. Москва**  
и регламентированная в \_\_\_\_\_ *наименование организации (предприятия), разработавшей МИ*  
рекомендации «Государственная система обеспечения единства  
измерений. Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений косвенным методом  
динамических измерений» \_\_\_\_\_ *обозначение и наименование документа*

аттестована в соответствии с ГОСТ Р 8.563-96.

Аттестация осуществлена по результатам \_\_\_\_\_ метрологической экспертизы материалов  
по разработке, теоретических и экспериментальных исследований МИ. \_\_\_\_\_ *вид работ, метрологическая экспертиза материалов*  
\_\_\_\_\_ *по разработке МИ, теоретическое или экспериментальное исследование МИ, другие виды работ*

В результате аттестации МИ было установлено, что МИ соответствует предъявляемым к ней метрологическим требованиям и обладает следующими основными метрологическими характеристиками:

\_\_\_\_\_ пределы относительной погрешности измерений массы и объема нефтепродуктов:  
\_\_\_\_\_ *диапазон измерений, характеристики погрешности измерений (неопределенность измерений)*

- а) массы нефтепродуктов:  $\pm 0,25$  %;  
б) объема нефтепродуктов, приведенного к стандартным условиям:  $\pm 0,20$  %.

Заместитель директора  
по научной работе направления 1



И.И. Фишман  
инициалы, фамилия

« 10 » 12 2009 г.

Всероссийский научно-исследовательский институт  
метрологической службы  
(ФГУП «ВНИИМС»)

## СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ АПО-005-09

### Об аттестации программы обработки результатов измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов

**Наименование программы:**

«Программное обеспечение к методикам измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов»

**Назначение программы:**

Программа предназначена для автоматической обработки результатов измерений и расчета массы и объема нефти и нефтепродуктов в соответствии с алгоритмами и формулами, приведенными в МИ ОАО «НК «Роснефть» и МИ, разработанных дочерними (зависимыми) обществами ОАО «НК «Роснефть» на основе МИ ОАО «НК «Роснефть» (перечень МИ ОАО «НК «Роснефть» приведен в приложении к настоящему свидетельству).

**Организация-разработчик программы:** Открытое акционерное общество «Нефтяная компания «Роснефть»

**Результаты аттестации** приведены в приложении к настоящему свидетельству и протоколе испытаний от 07.04.2009 г.

Директор

ФГУП «ВНИИМС»



С.А. Кононов

Дата выдачи свидетельства

«14» апреля 2009 г.

# СВИДЕТЕЛЬСТВО

Приложение к свидетельству № АПО-005-09



СОГЛАСОВАНО

Директор ФГУП «ВНИИМС»

Е.А. Кононов

«14» апреля 2009 г.

## Перечень методик измерений ОАО «НК «Роснефть»:

- Масса и объем нефти. Методика измерений прямым методом динамических измерений
- Масса и объем нефти. Методика измерений косвенным методом динамических измерений
- Масса и объем нефти. Методика измерений в вертикальных резервуарах
- Масса и объем нефти. Методика измерений в горизонтальных резервуарах
- Масса и объем нефти. Методика измерений в железнодорожных цистернах
- Масса и объем нефти. Методика измерений в автомобильных цистернах
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений прямым методом динамических измерений
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений косвенным методом динамических измерений
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений в вертикальных резервуарах
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений в горизонтальных резервуарах
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений в железнодорожных цистернах
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений в автомобильных цистернах.

Аттестация проведена по «Методике аттестационных (сертификационных) испытаний «Программного обеспечения к методикам измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов в ОАО «НК «Роснефть» от 15.10.2008 г. в соответствии с МИ 2676-2001, МИ 2174-91, 2955-2005, МИ 2891-2004.

### Результаты аттестации

**Название характеристики:** Документация на программный продукт «Программное обеспечение к методикам измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов в ОАО «НК «Роснефть»

# СВИДЕТЕЛЬСТВО

**Метод определения характеристики:** Экспертная оценка

**Значение характеристики:** Предоставленная на программу «Программное обеспечение к методикам измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов в ОАО «НК «Роснефть» документация удовлетворяет общим требованиям к документации программного обеспечения средств измерений по МИ 2891-2004 и Единой системе программной документации.

**Название характеристики:** Разделение программного продукта и наличие защищенных интерфейсов, а также оценка наличия и эффективности методов его идентификации

**Метод определения:** Экспертная оценка

**Значение характеристики:** Разделение программного продукта на метрологически значимые и не значимые части не предусмотрено. Все модули программного обеспечения подлежат аттестации.

Метрологически значимые функции и параметры программного продукта охвачены защитным интерфейсом. В случае не заполнения обязательного поля ввода данных, программа сообщает об этом в отдельном диалоговом окне. Файлы конфигураций, параметров устройств и накопленных значений программы хранятся в бинарном виде, что исключает их просмотр и редактирование простыми программными средствами. Структура характерна для автономного программного продукта и по основным параметрам соответствует требованиям МИ 2891-2004.

**Название характеристики:** Относительная погрешность вычислений.

**Метод определения:** Комплексный метод с использованием тестовых примеров Рекомендации ASTM D 1250-2007 и моделей исходных данных, рекомендуемых методикой МИ 2174-91.

**Значение характеристики:** Относительная погрешность вычислений объема и массы нефти и нефтепродукта, не превышает 0,01 %. Абсолютное отклонение оценки погрешности при измерении массы и объема нефти и нефтепродукта не превышает 0,01 % (протокол испытаний от 07 апреля 2009 г.)

**Название характеристики:** Защита программного продукта и измерительной информации

**Метод определения:** Экспертная оценка, выборочное тестирование

**Значение характеристики:** Защита модулей от несанкционированного доступа и искажения осуществляется встроенными программными механизмами защиты (авторизация пользователей).

**Эксперты:**

Начальник сектора ФГУП «ВНИИМС»  Ю. А. Кудеяров

Научный сотрудник ФГУП «ВНИИМС»  А. А. Дудыкин

«14» апреля 2009 г.

**СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ  
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы»

**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

№ 09.000.0337



Срок действия с 18.05.2009 г. по 18.05.2014 г.  
№ 00337

**ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ  
ФГУП «ВНИИМС»  
ПРОДУКЦИЯ**

**Программное обеспечение к методикам выполнения измерений объема  
и массы нефти и нефтепродуктов**

**СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ**

МИ 2955-2005; МИ 2891-2004, МИ 2676-2001, МИ 2174-91

код ОК 005 (ОКП):  
50 5000

**ИЗГОТОВИТЕЛЬ**

Открытое акционерное общество  
«Нефтяная компания «Роснефть»  
115035, г. Москва, Софийская набережная, д. 26/1

**СЕРТИФИКАТ ВЫДАН**

Открытое акционерное общество  
«Нефтяная компания «Роснефть»  
115035, г. Москва, Софийская набережная, д. 26/1

**НА ОСНОВАНИИ**

Методика сертификационных испытаний от 15.10.2008 г.  
Протокол сертификационных испытаний от 07.04.2009 г.,  
выданный ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС»

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

1. Алгоритмы и формулы программного продукта «Программное обеспечение к методикам выполнения измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов» соответствуют алгоритмам и формулам методик измерений ОАО «НК «Роснефть».
2. Документация удовлетворяет общим требованиям к документации программного обеспечения средств измерений по МИ 2891-2004.
3. Структура программного продукта «Программное обеспечение к методикам выполнения измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов» является структурой автономного программного обеспечения и соответствует требованиям МИ 2891-2004.
4. Относительная погрешность вычислений объема и массы нефти и нефтепродуктов не превышает 0,01%, абсолютное отклонение оценки погрешности при измерении массы и объема нефти и нефтепродуктов не превышает 0,01%.
5. Для защиты ПП, представленного на сертификацию, от несанкционированного доступа и использования реализованы механизмы авторизации пользователей.

**Руководитель органа**

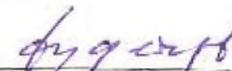
М.П.  
Эксперт



  
подпись

**В. Н. Янин**

инициалы, фамилия

  
подпись

**Ю.А.Кудрявов**

инициалы, фамилия

# СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы»

№ 00001

## ПРИЛОЖЕНИЕ

к сертификату соответствия № 09.000.0337

### Перечень методик измерений ОАО «НК «Роснефть»

- Масса и объем нефти. Методика измерений прямым методом динамических измерений.
- Масса и объем нефти. Методика измерений косвенным методом динамических измерений.
- Масса и объем нефти. Методика измерений в вертикальных резервуарах.
- Масса и объем нефти. Методика измерений в горизонтальных резервуарах.
- Масса и объем нефти. Методика измерений в железнодорожных цистернах.
- Масса и объем нефти. Методика измерений в автомобильных цистернах.
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений прямым методом динамических измерений.
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений косвенным методом динамических измерений.
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений в вертикальных резервуарах.
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений в горизонтальных резервуарах.
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений в железнодорожных цистернах.
- Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений в автомобильных цистернах.

Руководитель органа

М.П.  
Эксперт



подпись

В.Н. Яншин

инициалы, фамилия

подпись

Ю.А. Кудяров

инициалы, фамилия

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

1 РАЗРАБОТАНА	ОАО «Нефтяная компания «Роснефть» (ОАО «НК «Роснефть»)
2 ИСПОЛНИТЕЛИ	М.П. Естин, С.А. Абрамов, С.Г. Башкуров
3 УТВЕРЖДЕНА	ФГУП «ВНИИР» ГНМЦ 07 декабря 2009 г.
4 АТТЕСТОВАНА	ФГУП «ВНИИР» ГНМЦ Свидетельство об аттестации № 23607-09 от 10 декабря 2009 г.
5 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА	ФГУП «ВНИИМС» ГНМЦ 18 декабря 2009 г. Код регистрации методики измерений в Федеральном реестре методик измерений ФР.1.29.2009.06682
6 ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ	

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	1
3	Термины и определения	2
4	Обозначения и сокращения	3
5	Общие требования к методам измерений и вычислений и порядок применения методики измерений	3
6	Требования к погрешности измерений	4
7	Средства измерений и вспомогательные устройства	4
8	Условия измерений	6
9	Квалификация операторов. Требования охраны труда и окружающей среды	7
10	Подготовка к выполнению измерений	8
11	Выполнение измерений и вычислений	8
12	Оценивание погрешности измерений	10
13	Обработка результатов измерений	11
14	Оформление результатов аттестации методики измерений	11
	Библиография	13
	Приложение А. Примеры расчета объема, массы и оценки погрешности	14
	Приложение Б. Расчет плотности с учётом поправки на температурное расширение стекла ареометра	17
	Приложение В. Алгоритмы приведения объема и плотности к стандартным и рабочим условиям	18

**РЕКОМЕНДАЦИЯ**

<p><b>ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ</b></p> <p><b>МАССА И ОБЪЁМ НЕФТЕПРОДУКТОВ</b></p> <p><b>Методика измерений косвенным методом динамических измерений</b></p>	<p><b>МИ 3241-2009</b></p>
---	----------------------------

**1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Настоящая Рекомендация распространяется на массу и объем нефтепродуктов и устанавливает методику измерений косвенным методом динамических измерений.

Методика измерений разработана в соответствии с положениями ГОСТ Р 8.563 и ГОСТ Р 8.595.

**2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящей Рекомендации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.004-90	Система стандартизации безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения
ГОСТ 12.1.005-88	Система стандартизации безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.4.111-82	Система стандартизации безопасности труда. Костюмы мужские для защиты от нефти и нефтепродукта. Технические условия
ГОСТ 12.4.112-82	Система стандартизации безопасности труда. Костюмы женские для защиты от нефти и нефтепродукта. Технические условия
ГОСТ 12.4.137-84	Обувь специальная кожаная для защиты от нефти, нефтепродукта, кислот, щелочей, нетоксичной и взрывоопасной пыли. Технические условия
ГОСТ 400-80	Термометры стеклянные для испытаний нефтепродукта. Технические условия
ГОСТ 2477-65	Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды
ГОСТ 2517-85	Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб
ГОСТ 3900-85	Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности
ГОСТ 6370-83	Нефть, нефтепродукты и присадки. Методы определения механических примесей
ГОСТ 18481-81	Ареометры и цилиндры стеклянные. Общие технические условия
ГОСТ 22782.0-81	Электрооборудование взрывозащищенное. Общие технические требования и методы испытаний
ГОСТ 28498-90	Термометры жидкостные стеклянные. Общие технические требования. Методы испытаний
ГОСТ Р 8.563-96	ГСИ. Методики выполнения измерений
ГОСТ Р 8.580-2001	ГСИ. Определение и применение показателей точности методов

	испытаний нефтепродукта
ГОСТ Р 8.595-2004	ГСИ. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений
ГОСТ Р 8.596-2002	ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения
ГОСТ Р 51069-97	Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром
ГОСТ Р 51330.0-99 (МЭК 60079-0-98)	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования
ГОСТ Р 51330.9-99	Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон

*Примечание* – при пользовании настоящей Рекомендацией целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей Рекомендацией следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей Рекомендации использованы следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 измерительная система:** совокупность измерительных, связующих, вычислительных компонентов, образующих измерительные каналы, и вспомогательных устройств (компонентов измерительной системы), функционирующих как единое целое.

**3.2 испытательная лаборатория (испытательный центр):** химико-аналитическая лаборатория, выполняющая контроль качества (параметров).

**3.3 методика измерений:** совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности.

**3.4 персональный компьютер:** универсальная ЭВМ, предназначенная для индивидуального использования.

**3.5 программное обеспечение:** совокупность программ, системы обработки информации и программных документов, необходимых для эксплуатации этих программ.

**3.6 система обработки информации:** вычислительное устройство, принимающее и обрабатывающее информацию о количественно-качественных параметрах продукта, измеренных первичными преобразователями, и включающие в себя блоки индикации и регистрации результатов измерений.

3.7 **средство измерений:** техническое средство, предназначенное для измерений.

3.8 **стандартные условия:** условия, соответствующие температуре нефтепродукта 15 °С или 20 °С и избыточному давлению, равному нулю.

3.9 **температура измерения объема:** температура нефтепродукта при измерении объема.

3.10 **условия измерений объема** (при косвенном методе динамических измерений): условия, соответствующие температуре нефтепродукта в измерительной линии при измерении объема (расхода) и избыточному давлению, равному нулю.

## 4 ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей Рекомендации приняты следующие сокращения:

- ИЛ (ИЦ) – испытательная лаборатория (испытательный центр);
- ИС – измерительная система;
- ПК – персональный компьютер;
- ПО – программное обеспечение к методикам измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов;
- СИ – средство измерений;
- СОИ – система сбора и обработки информации.

## 5 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЙ И ПОРЯДОК ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1 Определение объема и массы нефтепродукта в настоящей Рекомендации выполняется в соответствии с ГОСТ Р 8.595 косвенным методом динамических измерений.

5.2 При косвенном методе динамических измерений массу нефтепродукта вычисляют как произведение объема и плотности нефтепродукта, приведенных или к стандартным условиям, или к условиям измерений объема.

5.3 Объем, массу, плотность и температуру нефтепродукта определяют по результатам измерений с использованием СИ согласно требованиям раздела 7 настоящей Рекомендации.

5.4 Алгоритмы настоящей методики измерений реализованы в программном обеспечении<sup>1</sup>. Вычисления должны выполняться с помощью ПО.

5.5 В исключительных случаях, до инсталляции ПО на персональные компьютеры или до переустановки в случае выхода из строя ПО, допускается выполнение вычислений без применения ПО.

---

<sup>1</sup> Программное обеспечение к методикам измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов разработано ОАО «НК «Роснефть» и аттестовано ФГУП «ВНИИМС».

Вычисления массы для таких случаев выполняются на основе примеров, приведенных в приложении А настоящей Рекомендации. При этом следует руководствоваться следующими требованиями:

5.5.1 Результаты измерения плотности и объема нефтепродукта приводят к стандартным условиям или результат измерений плотности приводят к условиям температуры измерения ее объема.

5.5.2 Приведение плотности и объема к стандартным условиям выполняется по следующим таблицам<sup>2</sup>:

- плотности: к 15 °С по таблице 53В АСТМ Д 1250 [ 7 ];  
к 20 °С по таблице 59В ИСО 91/2 [ 6 ];
- объема: к 15 °С по таблице 54В [ 7 ];  
к 20 °С по таблице 60В [ 6 ].

5.5.3 При температуре измерения объема нефтепродукта измерение плотности должно осуществляться в лабораторных условиях в термостате при температуре измерения его объема. Иные методы определения плотности для данного случая не допустимы.

## 6 ТРЕБОВАНИЯ К ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы и объема нефтепродукта при косвенном методе динамических измерений не должны превышать значений, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Метод измерений	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений	
	массы нефтепродукта, %	объема нефтепродукта, приведенного к стандартным условиям, %
Косвенный метод динамических измерений	± 0,25	± 0,20

## 7 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

7.1 При выполнении измерений массы и объема нефтепродукта применяют следующие СИ и другие технические средства, не образующие измерительные системы:

7.1.1 Неавтоматизированные СИ:

- счетчик объема (расходомер) с пределами допускаемой относительной погрешности измерения объема не более ± 0,15 %;
- термометры ртутные стеклянные по ГОСТ 28498 или ГОСТ 400 с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ± 0,5 °С, используемые для определения температуры нефтепродукта;
- СИ и технические средства, используемые для определения плотности нефтепродукта по ГОСТ 3900 или по ГОСТ Р 51069. Требования к ним изложены в 7.6.

<sup>2</sup> Таблицы в электронном виде входят в поставочный комплект методик измерений.

### 7.1.2 Автоматизированные СИ:

- счетчик объема (расходомер) с пределами допускаемой относительной погрешности измерения объема не более  $\pm 0,15\%$ ;
- термопреобразователь, установленный в трубопроводе с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- поточный плотномер с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,3\text{ кг/м}^3$ .

7.1.3 Персональные компьютеры или технические средства для обработки и вычисления результатов измерений.

### 7.2 Измерительные системы в составе:

- канала (каналов) измерения объема нефтепродукта с использованием счетчиков объема (расходомеров) с пределами допускаемой относительной погрешности измерения объема не более  $\pm 0,15\%$ ;
- канала (каналов) измерения температуры нефтепродукта с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- канала (каналов) измерения плотности нефтепродукта с использованием поточных плотномеров с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,3\text{ кг/м}^3$ ;
- СОИ с пределом допускаемой относительной погрешности не более  $\pm 0,05\%$ .

### 7.3 СИ и технические средства в ИЛ (ИЦ):

#### 7.3.1 При определении плотности ареометром по ГОСТ 3900:

- пробоотборник по ГОСТ 2517;
- ареометры для нефтепродукта по ГОСТ 18481 типа АН, АНТ-1. Допускается применять аналогичные ареометры, отградуированные по нижнему мениску;
- цилиндры для ареометров стеклянные по ГОСТ 18481 или металлические соответствующих размеров;
- термометры ртутные стеклянные лабораторные типа ТЛ-4 № 4 по техническим условиям ТУ 25-2021.003 [15] или термометры стеклянные для испытаний нефтепродукта типа ТИН-5 по ГОСТ 400 при использовании ареометров типа АН. Термометр должен быть откалиброван на полное погружение с ценой деления  $0,1\text{ }^\circ\text{C}$  и пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- термостат или водяная баня для поддержания температуры с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2\text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 7.3.2 При определении плотности ареометром по ГОСТ Р 51069:

- пробоотборник по ГОСТ 2517;
- ареометры для нефтепродукта по ГОСТ 18481;
- цилиндры для ареометров стеклянные по ГОСТ 18481 или металлические соответствующих размеров;
- термометры ртутные стеклянные типа ТЛ-4 № 2 и № 3 по техническим условиям [16] или термометры стеклянные для испытаний нефтепродукта типа ТИН-5 по ГОСТ 400 при использовании ареометров типа АН. Термометр должен быть откалиброван на полное погружение с ценой деления  $0,1\text{ }^\circ\text{C}$  и пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- термостат или водяная баня для поддержания температуры с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2\text{ }^\circ\text{C}$ .

Примечание – Метрологические характеристики ареометров и термометров выбираются по таблицам № 1 и № 2 ГОСТ Р 51069.

7.4 Допускается применять другие аналогичные по назначению СИ и технические средства, допущенные к применению в установленном порядке, если их характеристики не уступают указанным в настоящей Рекомендации.

7.5 СИ и ИС должны иметь сертификаты об утверждении типа в соответствии с ПР 50.2.009 [ 9 ]. Измерительные системы, собираемые на месте эксплуатации (ИС-2 согласно ГОСТ Р 8.596), должны быть внесены в Государственный реестр, как СИ единичного типа.

7.6 СИ и ИС, участвующие в измерении массы нефтепродукта, подлежат поверке в соответствии с ПР 50.2.006 [ 8 ] и должны иметь действующие свидетельства о поверке или оттиски поверительных клейм.

7.7 Программное обеспечение, применяемое в составе СОИ ИС, должно быть аттестовано в установленном порядке в соответствии с МИ 2955 [ 11 ], МИ 2676 [ 12 ], МИ 2174 [ 13 ].

7.8 Периодичность поверки СИ, применяемых при измерениях массы нефтепродукта, должна соответствовать межповерочному интервалу, установленному при утверждении типа. Изменение межповерочного интервала проводится органом Государственной метрологической службы по согласованию с метрологической службой юридического лица.

7.9 Технологические трубопроводы должны быть отградуированы (определена вместимость) в соответствии с МИ 2800 [ 14 ]. Градуировочную таблицу на технологический трубопровод составляют суммированием вместимостей отдельных трубопроводов. Градуировочную таблицу на отдельный трубопровод составляют суммированием вместимостей его участков. Периодичность градуировки не реже одного раза в десять лет.

## **8 УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ**

8.1 При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха от – 40 °С до + 50 °С;
- скорость ветра не более 12,5 м/с.

Примечание - технические характеристики применяемых СИ и технических средств должны соответствовать вышеуказанным условиям.

8.2 Измерение плотности нефтепродукта в отобранной пробе должно проводиться в лаборатории или специально оборудованном помещении.

## **9 КВАЛИФИКАЦИЯ ОПЕРАТОРОВ, ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

9.1 К выполнению измерений и обработке их результатов допускают лиц, достигших 18 лет, имеющих квалификацию оператора не ниже 4-го разряда, прошедших обучение и проверку знаний требований охраны труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004, годных по состоянию здоровья и ознакомленных с настоящей Рекомендацией.

Лица, выполняющие измерения, должны:

- соблюдать требования по охране труда, промышленной и экологической безопасности и правила пожарной безопасности, распространяющиеся на объект, на котором проводят измерения;
- выполнять измерения в специальной одежде и обуви в соответствии с ГОСТ 12.4.111, ГОСТ 12.4.112, ГОСТ 12.4.137. 1 000 000

9.2 Выполнение измерений проводят в соответствии с утвержденными действующими правилами и нормативными документами:

- в области охраны труда и промышленной безопасности - ПБ 09-560 [ 1 ], ПОТ РМ 021 [ 2 ];
- в области соблюдения безопасной эксплуатации электроустановок - ПОТ Р М-016 [ 3 ];
- в области охраны окружающей среды и атмосферного воздуха - Федеральными законами «Об охране окружающей среды» [ 4 ], «Об охране атмосферного воздуха» [ 5 ] и другими действующими законодательными актами на территории РФ.

9.3 Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций, установленных в ГОСТ 12.1.005.

9.4 Площадка, на которой установлена автоматизированная система налива (слива), должна содержаться в чистоте, без следов нефтепродукта, и быть оборудована первичными средствами пожаротушения. Не допускается выбросов и выделений нефтепродукта в окружающую среду.

9.5 Открытые сливо-наливные эстакады для нефтепродукта должны освещаться прожекторами. Закрытые сливо-наливные эстакады и сливо-наливные эстакады под навесами должны освещаться светильниками во взрывозащищенном исполнении, расположенными на строительных конструкциях навесов, зданий и в других местах, где исключается механическое повреждение электропроводки и светильников. При необходимости контроля за состоянием и уровнем налива следует применять безопасные аккумуляторные фонари во взрывозащищенном исполнении. Включать и выключать фонари следует за пределами взрывоопасной зоны.

9.6 Сливо-наливные эстакады для нефтепродукта должны быть защищены от прямых ударов молнии и от электрической индукции. Защита от статического электричества должна соответствовать требованиям правил [ 16 ].

9.7 При выполнении работ по отбору проб следует соблюдать требования безопасности, регламентируемые ГОСТ 2517, в том числе:

- переносные пробоотборники должны быть изготовлены из материала, не образующего искр при ударе (алюминия, бронзы, латуни и др.);
- для крепления переносного пробоотборника используют гибкие, не дающие искр, металлические тросики. При применении шнуров (веревки и т.д.) из неэлектропроводных материалов на их поверхности должен быть закреплен многожильный, не дающий искр,

неизолированный металлический проводник, соединенный с проботоотборником. Перед отбором проводник должен заземляться с элементами меры вместимости;  
- запрещается отбирать пробы нефтепродукта на открытом воздухе во время грозы.

9.8 Электрооборудование (СИ и вспомогательные устройства), применяемое при выполнении измерений, должно быть изготовлено во взрывозащищенном исполнении, соответствующему классу взрывоопасной зоны по ГОСТ Р 51330.9 места применения, отвечать требованиям ГОСТ 22782.0, ГОСТ Р 51330.0, иметь разрешение Ростехнадзора, полученное на основании заключения экспертизы промышленной безопасности на применение во взрывоопасных зонах.

## 10 ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Подготовка к выполнению измерений проводится в соответствии с технической документацией на СИ и другие технические средства, применяемые при измерениях.

10.2 Проверяют включенное состояние оборудования и наличие напряжения питания.

10.3 Проверяют наличие связи между вторичной аппаратурой и преобразователями.

10.4 Проверяют состояние оборудования, герметичность фланцевых соединений, контролируют отсутствие утечек нефтепродукта, отсутствие посторонних шумов и вибраций на измерительных линиях, исправность СИ, целостность пломб и клейм.

10.5 Проводят измерение и вычисление объема и массы нефтепродукта согласно разделу 11.

## 11 ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЙ

*Примечание* – В случае, если плотность измеряется ареометром, в результат измерения плотности вносится поправка на температурное расширение стекла для ареометров, рассчитываемая по формулам Б.2 или Б.3 приложения Б.

**11.1 Измерение и вычисление объема и массы нефтепродукта косвенным методом динамических измерений средствами измерений, не образующими измерительные системы.**

11.1.1 Объем нефтепродукта измеряют с помощью счетчика объема (расходомера).

11.1.2 Плотность нефтепродукта измеряют одним из следующих способов:

- поточным плотномером, установленным в трубопроводе по методике, изложенной в инструкции по его эксплуатации;
- ареометром в пробе, отобранной из трубопровода по ГОСТ 2517.

*Примечание* - Измерение плотности ареометром проводят по ГОСТ Р 51069 или по ГОСТ 3900 в лаборатории или в специально оборудованном месте, защищенном от ветра, осадков, солнечной радиации и оснащенном столиком с ровной, горизонтальной поверхностью.

11.1.3 Температуру нефтепродукта при определении массы измеряют одним из следующих способов:

- термометром в пробе, отобранной из трубопровода по ГОСТ 2517;
- термопреобразователем, установленным в трубопроводе по методике, изложенной в инструкции по его эксплуатации.

#### 11.1.4 Вычисление массы нефтепродукта.

11.1.4.1 При приведении плотности и объема нефтепродукта к 20 °С массу нефтепродукта, кг, вычисляют по формуле:

$$m = V_{20} \cdot \rho_{20}, \quad (1)$$

где  $V_{20}$  - объем нефтепродукта, приведенный к 20 °С, м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{20}$  - плотность нефтепродукта, измеренная ареометром и приведенная к 20 °С, кг/м<sup>3</sup>.

11.1.4.2 При приведении плотности и объема нефтепродукта к 15 °С массу нефтепродукта, кг, вычисляют по формуле:

$$m = V_{15} \cdot \rho_{15}, \quad (2)$$

где  $V_{15}$  - объем нефтепродукта, приведенный к 15 °С, м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{15}$  - плотность нефтепродукта, приведенная к 15 °С, кг/м<sup>3</sup>.

11.1.4.3 При приведении плотности к температуре измерений объема массу нефтепродукта, кг, вычисляют по формуле:

$$m = V \cdot \rho_{tv}, \quad (3)$$

где  $V$  - объем нефтепродукта, при температуре его измерений, м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{tv}$  - плотность нефтепродукта, приведенная к температуре измерений объема, кг/м<sup>3</sup>.

#### Примечания:

1. Алгоритмы вычислений объема и плотности реализованы в ПО и изложены в приложении В.
2. При проведении измерений плотности ареометром вместо значения плотности ( $\rho_{tv}$ ) в формуле (3) используется значение плотности ( $\rho^*$ ), определяемое по формуле (Б.1).
3. Значение ( $\rho_{tv}$ ) автоматически рассчитывается в ПО или определяется в лабораторных условиях в термостате при температуре измерения объема, кг/м<sup>3</sup>.

### 11.2 Измерение и вычисление массы нефтепродукта косвенным методом динамических измерений измерительными системами.

11.2.1 Объем нефтепродукта измеряют каналом (каналами) измерения объема нефтепродукта с использованием счетчиков объема (расходомеров).

11.2.2 Температуру нефтепродукта измеряют каналом (каналами) измерения температуры с использованием электронных термометров, установленных в трубопроводе.

11.2.3 Плотность нефтепродукта измеряют каналом (каналами) измерения плотности с использованием поточных плотномеров, установленных в трубопроводе.

11.2.4 Массу брутто нефтепродукта вычисляют согласно 11.1.4.

## 12 ОЦЕНИВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

12.1 Пределы относительной погрешности измерений массы нефтепродукта, %, вычисляют по формуле:

$$\delta m = \pm 1,1 \sqrt{\delta V^2 + G^2 (\delta \rho^2 + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta t_\rho^2) + \beta^2 \cdot 10^4 \Delta t_v^2 + \delta N^2}, \quad (4)$$

где  $\delta V$  - относительная погрешность измерений объема, %, принимают равной относительной погрешности счетчика объема (расходомера);

$G$  - коэффициент, вычисляемый по формуле:

$$G = \frac{1 + 2\beta t_v}{1 + 2\beta t_\rho}; \quad (5)$$

$\beta$  - коэффициент объемного расширения нефтепродукта,  $1/^\circ\text{C}$ , значение которого определяют по таблице А.1 ГОСТ Р 8.595;

$t_v, t_\rho$  - температура нефтепродукта при измерении объема и при измерении плотности соответственно,  $^\circ\text{C}$ ;

$\delta \rho$  - относительная погрешность измерений плотности нефтепродукта, %;

$\Delta t_\rho$  - абсолютная погрешность измерений температуры нефтепродукта при измерении плотности,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t_v$  - абсолютная погрешность измерений температуры нефтепродукта при измерении объема,  $^\circ\text{C}$ ;

$\delta N$  - относительная погрешность средства обработки результатов измерений при вычислении массы, %.

Относительная погрешность измерений плотности нефтепродукта:

$$\delta \rho = \frac{\Delta \rho}{\rho} \cdot 100. \quad (6)$$

12.2 Пределы относительной погрешности измерений массы при приведении плотности нефтепродукта к условиям измерений объема, %, вычисляют по формуле:

$$\delta m = \pm 1,1 \sqrt{\delta V^2 + \delta \rho^2 + \delta t_{vp}^2 + \delta N^2}, \quad (7)$$

где  $\delta V$  - относительная погрешность измерений объема, %, принимают равной относительной погрешности счетчика объема (расходомера);

$\delta \rho$  - относительная погрешность измерений плотности нефтепродукта, %;

$\delta t_{vp}$  - составляющая относительной погрешности измерений массы нефтепродукта за счет абсолютных погрешностей измерений температур  $t_v, t_\rho$ , %;

$\delta N$  - относительная погрешность средства обработки результатов измерений при вычислении массы, %.

Составляющую относительной погрешности измерений массы нефтепродукта ( $\delta t_{vp}$ ) за счет абсолютных погрешностей измерений температур  $t_v$  и  $t_\rho$ , вычисляют по формуле:

$$\delta t_{vp} = \pm \left[ \frac{\beta \cdot 100}{1 + \beta \cdot (t_\rho - t_v)} \right] \cdot \sqrt{\Delta t_\rho^2 + \Delta t_v^2}, \quad (8)$$

где  $\Delta t_\rho, \Delta t_v$  - абсолютные погрешности измерений температур  $t_\rho, t_v$ ,  $^\circ\text{C}$ ;

$\beta$  - коэффициент объемного расширения нефтепродукта,  $1/^\circ\text{C}$ , значение которого определяют по таблице А.1 ГОСТ Р 8.595.

### Примечания:

1 Если для применяемых СИ и каналов ИС заданы как абсолютные, так и относительные погрешности, то для вычисления относительной погрешности измерений массы нефтепродукта применяют формулы (4) или (7).

2 Если заданы только относительные погрешности (как правило, для ИС), то для вычисления относительной погрешности измерений массы нефтепродукта применяют следующую формулу:

$$\delta m = \pm 1,1 \sqrt{\delta V^2 + \delta \rho^2 + \delta t^2 + \delta N^2}.$$

12.3 Пределы относительной погрешности измерений объема нефтепродукта, приведенного к стандартным условиям, %, вычисляют по формуле:

$$\delta V_{cy} = \pm 1,1 \sqrt{\delta V^2 + \delta \rho^2 + (\beta \cdot 100)^2 \cdot \Delta t_p^2}, \quad (9)$$

- где  $\delta V$  - относительная погрешность измерений объема, %, принимают равной относительной погрешности счетчика объема (расходомера);  
 $\delta \rho$  - относительная погрешность измерений плотности нефтепродукта, %;  
 $\beta$  - коэффициент объемного расширения нефтепродукта,  $1/^\circ\text{C}$ , значение которого определяют по таблице А.1 ГОСТ Р 8.595;  
 $\Delta t_p$  - абсолютная погрешность измерения температуры нефтепродукта при измерении плотности,  $^\circ\text{C}$ .

## **13 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ**

13.1 Значение массы нефтепродукта, кг, округляют до целых значений.  
Значение объема нефтепродукта,  $\text{м}^3$ , округляют до трех знаков после запятой.

13.2 Для учета нефтепродукта принимается значение массы в килограммах с округлением до целых значений.

## **14 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АТТЕСТАЦИИ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ**

14.1 Аттестацию методики измерений проводят в соответствии с ГОСТ Р 8.563.

14.2 Аттестация методики измерений осуществляется на основе результатов метрологической экспертизы материалов разработки методики измерений, включающих документ (раздел, часть документа), регламентирующий методику измерений, применяемую предприятием на конкретной учетной операции, и результатов экспериментального или расчетного оценивания характеристик погрешности методики измерений (относительных погрешностей измерений массы и объема нефтепродукта).

14.3 Аттестацию методик измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, осуществляют метрологические службы предприятий, аккредитованные на право проведения аттестации методик измерений в соответствии с ПР 50.2.13 [ 10 ], государственные научные метрологические центры, органы Государственной метрологической службы.

При положительных результатах аттестации:

- оформляют свидетельство об аттестации методики измерений согласно форме ГОСТ Р 8.563;

- регистрируют методику измерений в Федеральном реестре методик измерений;
- документ, регламентирующий методику измерений, утверждают в порядке, установленном на предприятии (приказ, распоряжение);
- в документе, регламентирующем методику измерений, указывают «методика измерений аттестована» с обозначением предприятия, метрологическая служба которого осуществляла аттестацию, либо государственного научного метрологического центра или органа Государственной метрологической службы, выполнивших аттестацию методики измерений.

Примечания:

*1. При разработке методик измерений на основе настоящей Рекомендации не допускается внесение изменений в формулы и алгоритмы расчета.*

*2. Допускается разработка одного документа на методики измерений для нескольких мест проведения учетных операций при использовании в них:*

*- СИ одного типа;*

*- ИС одного типа, реализующих один физический принцип измерений, с идентичным перечнем и составом измерительных каналов.*

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [ 1 ] ПБ 09-560-03 Правила промышленной безопасности нефтебаз и складов нефтепродукта
- [ 2 ] ПОТ РМ 021-2002 Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации нефтебаз, складов ГСМ, стационарных и передвижных автозаправочных станций, утвержденные Постановлением Минтруда РФ от 6 мая 2002 г. № 33
- [ 3 ] ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с изменениями 2003 г.)
- [ 4 ] Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ
- [ 5 ] Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04 мая 1999 г. № 96-ФЗ
- [ 6 ] ИСО 91/2-1991 Рекомендация. ИСО по применению таблиц измерения параметров нефти и нефтепродуктов, основанных на измерении при 20 °С (таблицы 59В, 60В)
- [ 7 ] АСТМ Д 1250-2007 Стандартное руководство по применению таблиц измерения параметров нефти и нефтепродукта (таблицы 53В, 54В)
- [ 8 ] ПР 50.2.006-94 Правила по метрологии. ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений (с изменениями № 1)
- [ 9 ] ПР 50.2.009-94 Правила по метрологии. ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений
- [ 10 ] ПР 50.2.013-97 Правила по метрологии. ГСИ. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов
- [ 11 ] МИ 2955-2005 Рекомендация. ГСИ. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений и порядок её проведения
- [ 12 ] МИ 2676-2001 Рекомендация. ГСИ. Методика метрологической аттестации алгоритмов и программ обработки данных результатов измерений при определении объема и массы нефти и нефтепродуктов. Общие положения
- [ 13 ] МИ 2174-91 Рекомендация. ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения
- [ 14 ] МИ 2800-2003 Рекомендация. ГСИ. Вместимость технологических нефтепроводов. Методика выполнения измерений геометрическим методом
- [ 15 ] ТУ 25-2021.003-88 Термометры ртутные стеклянные лабораторные
- [ 16 ] Правила защиты от статического электричества в производстве химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, утвержденные Министерством нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности 31.01.72 г.

## Приложение А (справочное)

### Примеры расчета объема, массы и оценки погрешности

#### А.1 Пример 1

Расчет массы и объема нефтепродукта при определении плотности ареометром и погрешности измерений массы и объема нефтепродукта.

##### А.1.1 Исходные данные:

нефтепродукт – бензин	
объем нефтепродукта, измеренный с помощью счетчика объема (расходомера) при 25 °С	$V = 150 \text{ м}^3$
плотность нефтепродукта, измеренная ареометром при 22 °С	$\rho = 709 \text{ кг/м}^3$
относительная погрешность измерения объема с помощью счетчика объема (расходомера)	$\delta V = 0,15 \%$
абсолютная погрешность измерения плотности нефтепродукта ареометром	$\Delta\rho = 0,5 \text{ кг/м}^3$
абсолютная погрешность измерения температуры нефтепродукта при измерении объема	$\Delta t_v = 0,5 \text{ }^\circ\text{С}$
абсолютная погрешность измерения температуры нефтепродукта при измерении плотности	$\Delta t_\rho = 0,5 \text{ }^\circ\text{С}$
относительная погрешность средства обработки результатов измерений при вычислении массы	$\delta N = 0,05 \%$
коэффициент объемного расширения нефтепродукта по таблице А.1 ГОСТ Р 8.595	$\beta = 0,00123 \text{ 1/}^\circ\text{С}$

##### А.1.2 Проведение расчета:

###### А.1.2.1 Определение массы при приведении плотности и объема бензина к 15 °С:

###### А.1.2.1.1 Вычисляют плотность по формуле (Б.1) с учётом:

- поправки на температурное расширение стекла ареометра;
- условия, что  $t_0 = t_\rho$  :

$$\rho^* = \rho \cdot K_a = 709(1 - 0,000023(22 - 15) - 0,00000002(22 - 15)(22 - 15)) = 708,9 \text{ кг/м}^3.$$

Поправочный коэффициент ( $K_a$ ) вычисляют по формуле Б.1.

А.1.2.1.2 Плотность ( $\rho^*$ ) и объем нефтепродукта приводят к 15 °С по таблицам 53В и 54В [ 7 ] в следующей последовательности:

А.1.2.1.2.1 По таблице 53В в строке «плотность при температуре измерения» находят величину 709,0 и на уровне температуры 22 °С отмечают соответствующую ей плотность при 15 °С:  $\rho_{15} = 715,4 \text{ кг/м}^3$ .

*Примечание* - При использовании таблицы 53В допускается проводить математическую интерполяцию.

А.1.2.1.2.2 По таблице 54В в строке «плотность при 15 °С» находят ближайшее к полученному по таблице 53В значению плотности 715,4 кг/м<sup>3</sup> значение 716,0 кг/м<sup>3</sup> и на

уровне температуры 25 °С находят поправочный коэффициент на объем нефтепродукта ( $K$ ) - 0,9871.

*Примечание* – При использовании таблицы 54В проводить математическую интерполяцию между температурой и плотностью не допускается.

А.1.2.1.2.3 Объем бензина, приведенный к 15 °С, вычисляют по формуле:

$$V_{15} = V \cdot K = 150 \cdot 0,9871 = 148,065 \text{ м}^3.$$

А.1.2.1.3 Массу бензина вычисляют по формуле (2):

$$m = V_{15} \cdot \rho_{15} = 14,807 \cdot 715,4 = 105926 \text{ кг.}$$

А.1.2.2 Расчет пределов относительной погрешности измерений массы и объема нефтепродукта:

А.1.2.2.1 Пределы относительной погрешности измерений массы нефтепродукта вычисляют по формуле (4):

$$\delta m = \pm 1,1 \sqrt{V^2 + G^2 (\delta \rho^2 + \beta^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta t_\rho^2) + \beta^2 \cdot 10^4 \Delta t_v^2 + \delta N^2},$$

Коэффициент  $G$  вычисляют по формуле (5):

$$G = \frac{1 + 2 \cdot 0,00123 \cdot 25}{1 + 2 \cdot 0,00123 \cdot 22} = 1,007.$$

Относительную погрешность измерений плотности нефтепродукта вычисляют по формуле (6):

$$\delta \rho = \frac{\Delta \rho}{\rho} \cdot 100 = \frac{0,5}{715,4} \cdot 100 = 0,07 \%$$

Таким образом, относительная погрешность измерений массы нефтепродукта равна:

$$\delta m = \pm 1,1 \sqrt{0,15^2 + 1,007^2 (0,07^2 + 0,00123^2 \cdot 10^4 \cdot 0,5^2) + 0,00123^2 \cdot 10^4 \cdot 0,5^2 + 0,05^2} = \pm 0,21 \%$$

А.1.2.2.2 Пределы относительной погрешности измерений объема нефтепродукта, приведенного к стандартным условиям, вычисляют по формуле (9):

$$\delta V_{cy} = \pm 1,1 \sqrt{\delta V^2 + \delta \rho^2 + (\beta \cdot 100)^2 \cdot \Delta t_\rho^2},$$

$$\delta V_{cy} = \delta V_{15} = \pm 1,1 \sqrt{0,15^2 + 0,07^2 + (0,00123 \cdot 100)^2 \cdot 0,5^2} = \pm 0,19 \%$$

А.1.2.2.3 Для случая, если масса вычисляется для условий приведения плотности нефтепродукта к условиям измерений объема, пределы относительной погрешности измерений массы вычисляют по формуле (7):

$$\delta m = \pm 1,1 \sqrt{\delta V^2 + \delta \rho^2 + \delta t_{vp}^2 + \delta N^2},$$

Величину ( $\delta t_{vp}$ ) вычисляют по формуле (8):

$$\delta t_{vp} = \pm \left[ \frac{\beta \cdot 100}{1 + \beta \cdot (t_\rho - t_v)} \right] \cdot \sqrt{\Delta t_\rho^2 + \Delta t_v^2} = \pm \left[ \frac{0,00123 \cdot 100}{1 + 0,00123 \cdot (22 - 25)} \right] \cdot \sqrt{0,5^2 + 0,5^2} = \pm 0,09 \%$$

$$\delta m = \pm 1,1 \sqrt{0,15^2 + 0,07^2 + 0,09^2 + 0,05^2} = \pm 0,21 \%$$

## А.2 Пример 2

### Расчет массы, объема и погрешности измерений массы и объема нефтепродукта измерительными системами.

#### А.2.1 Исходные данные:

нефтепродукт – бензин	
объем нефтепродукта, измеренный с помощью счетчика объема (расходомера) при 25 °С	$V = 150 \text{ м}^3$
плотность нефтепродукта при 15 °С	$\rho_{15} = 715,4 \text{ кг/м}^3$
температура нефтепродукта при измерении объема	$t_v = 25 \text{ °С}$
относительная погрешность канала измерения объема с помощью счетчика объема (расходомера)	$\delta V = 0,15 \%$
относительная погрешность канала измерения плотности	$\delta \rho = 0,25 \%$
относительная погрешность канала измерения температуры нефти преобразователем температуры при измерении объема	$\delta t = 0,05 \%$
относительная погрешность СОИ при вычислении массы	$\delta N = 0,05 \%$

#### А.2.2 Проведение расчета:

##### А.2.2.1 Определение массы при приведении плотности и объема нефтепродукта к 15 °С:

###### А.2.2.1.1 Объем нефтепродукта, приведенный к 15 °С, вычисляют по формуле:

$$V_{15} = V \cdot K = 150 \cdot 0,9871 = 148,065 \text{ м}^3.$$

###### А.2.2.1.2 Массу нефтепродукта вычисляют по формуле (2):

$$m = V_{15} \cdot \rho_{15} = 148,065 \cdot 715,4 = 105926 \text{ кг}.$$

##### А.2.2.2 Расчет пределов относительной погрешности измерений массы и объема нефтепродукта.

###### А.2.2.2.1 Пределы относительной погрешности измерений массы нефтепродукта вычисляют по формуле:

$$\delta m = \pm 1,1 \sqrt{\delta V^2 + \delta \rho^2 + \delta t^2 + \delta N^2} = \pm 1,1 \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,05^2 + 0,05^2} = \pm 0,33 \%$$

## Приложение Б

### Расчет плотности с учётом поправки на температурное расширение стекла ареометра

Б.1 При проведении измерений плотности ареометром значение плотности ( $\rho^*$ ) вычисляется по формуле:

$$\rho^* = \rho \cdot K_a, \quad (\text{Б.1})$$

- где  $\rho^*$  - плотность с учётом поправки на температурное расширение стекла ареометра;  
 $\rho$  - плотность нефтепродукта, измеренная ареометром, кг/м<sup>3</sup>;  
 $K_a$  - поправочный коэффициент на температурное расширение стекла ареометра, определяемый по формулам Б.2 или Б.3.

Б.2 Для ареометров, отградуированных при 15 °С, поправочный коэффициент вычисляют по формуле:

$$K_a = 1 - 0,000023 (t_0 - 15) - 0,00000002 (t_0 - 15) (t_0 - 15). \quad (\text{Б.2})$$

Для ареометров, отградуированных при 20 °С, поправочный коэффициент вычисляют по формуле:

$$K_a = 1 - 0,000025 (t_0 - 20), \quad (\text{Б.3})$$

- где  $t_0$  - температура продукта в рабочих условиях, °С.

## Приложение В (справочное)

### Алгоритмы приведения объёма и плотности к стандартным и рабочим условиям

Настоящее приложение содержит алгоритмы, реализованные в ПО<sup>3</sup>:

- приведение плотности продукта от рабочих условий к стандартным условиям (температура продукта 15 °С или 20 °С, избыточное давление продукта 0 Па);
- приведение объёма продукта от рабочих условий к стандартным условиям (температура продукта 15 °С или 20 °С, избыточное давление продукта 0 Па);
- приведение плотности продукта от стандартных условий (температура продукта 15 °С или 20 °С, избыточное давление продукта 0 Па) к рабочим условиям;
- приведение плотности продукта от рабочих условий к условиям измерений объёма.

Схема приведения объёма и плотности к стандартным и рабочим условиям представлена на рис. 1:

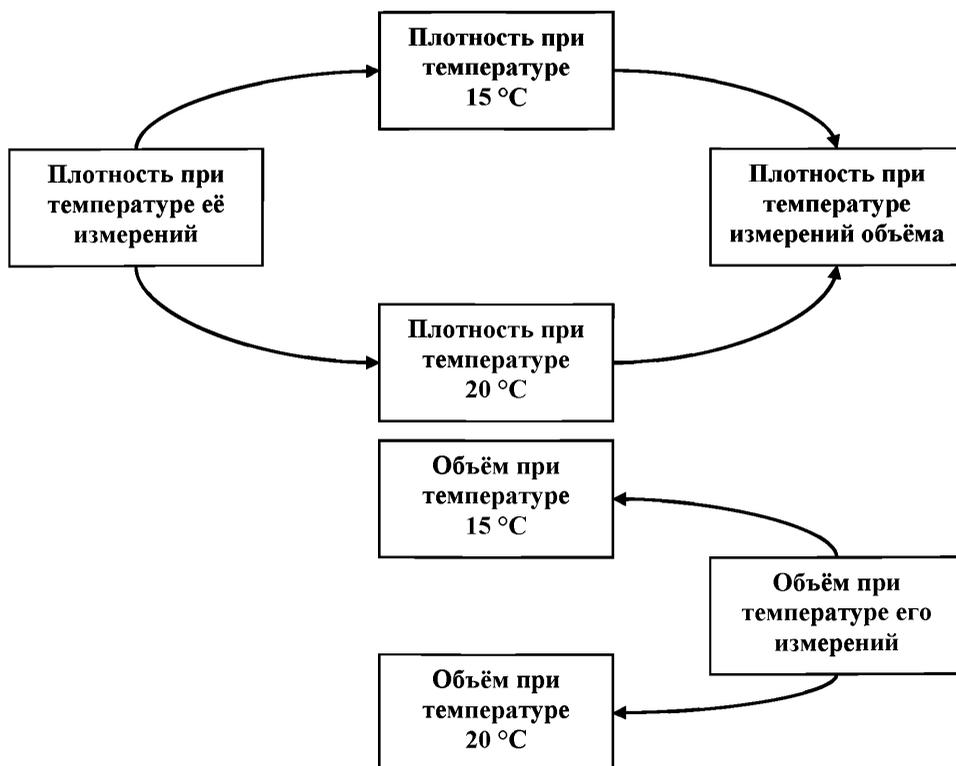


Рис. 1

<sup>3</sup> Алгоритмы не предназначены для расчётов вручную.

## В.1 Приведение плотности продукта от рабочих условий к стандартным условиям (температура продукта 15 °С или 20 °С, избыточное давление продукта 0 Па).

Для выполнения вычислений используются значения следующих величин:

- $t_0$  - температура продукта в рабочих условиях, °С;
- $P_0$  - избыточное давление продукта в рабочих условиях, кПа;
- $\rho_0$  - плотность продукта в рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>;
- $T$  - стандартная температура (15 °С или 20 °С), °С;
- $P$  - стандартное избыточное давление (0 Па), кПа.

*Примечание* – В случае, если плотность продукта измеряется ареометром, в результате измерения плотности вносится поправка на температурное расширение стекла для ареометров, рассчитываемая по формуле:

- для ареометров, отградуированных при 15 °С, поправочный коэффициент вычисляют по формуле:

$$K_a = 1 - 0,000023 (t_0 - 15) - 0,00000002 (t_0 - 15) (t_0 - 15), \quad (\text{В.1})$$

- для ареометров, отградуированных при 20 °С, поправочный коэффициент вычисляют по формуле:

$$K_a = 1 - 0,000025 (t_0 - 20). \quad (\text{В.2})$$

В результате расчёта получают значения следующих величин:

- $\rho_T$  - плотность продукта при стандартных условиях (температура продукта 15 °С или 20 °С, избыточное давление продукта 0 Па), кг/м<sup>3</sup>;
- $C_{TL}$  - корректирующий фактор на температуру продукта;
- $C_{PL}$  - корректирующий фактор на давление продукта;
- $F_P$  - фактор сжимаемости продукта, кПа<sup>-1</sup>;
- $C_{TPL}$  - корректирующий фактор на температуру и давление продукта.

Ниже приведён алгоритм вычислений.

В.1.1 Температура продукта приводится к °F:

$$t_{O,F} = 1,8t_0 + 32. \quad (\text{В.3})$$

Проверяют выполнение условий по температуре:

$$- 58 \leq t_{O,F} \leq 302. \quad (\text{В.4})$$

Если условия не выполняются, то расчет завершается.

В.1.2 Рассчитывается избыточное давление продукта в psig:

$$P_{PSI} = \frac{P_0}{6,894757}. \quad (\text{В.5})$$

Проверяют выполнение условий по давлению:

$$0 \leq P_{PSI} \leq 1500. \quad (\text{В.6})$$

Если условия не выполняются, то расчет завершается.

В.1.3 Проверяют выполнение условий по плотности:

$$\rho_{\min} \leq \rho_o \leq \rho_{\max}, \quad (\text{B.7})$$

где значения максимального и минимального значения плотности:

$\rho_{\min}, \text{ кг/М}^3$	$\rho_{\max}, \text{ кг/М}^3$
470,4	1209,5

Если условия не выполняются, то расчет завершается.

В.1.4 Определяют максимальное и минимальное значение плотности при стандартных условиях (60 °F):

$\rho_{60\min}, \text{ кг/М}^3$	$\rho_{60\max}, \text{ кг/М}^3$
610,6	1163,5

В.1.5 Определяют первое приближение плотности при стандартных условиях (60 °F):

$$\rho_{60}^{(m)} = \rho_o, \quad (\text{B.8})$$

$$\rho_{60}^{(0)} = \begin{cases} \rho_{60,\min} & \text{if } \rho_o < \rho_{60,\min} \\ \rho_{60,\max} & \text{if } \rho_o > \rho_{60,\max} \end{cases} \quad (\text{B.9})$$

В.1.6 Пересчитывают температуру продукта из температурной шкалы ITS-90 в температурную шкалу ITS-68:

$$t = t_o - \Delta. \quad (\text{B.10})$$

Значение  $\Delta$  рассчитывают по формуле:

$$\Delta = (a_1 + (a_2 + (a_3 + (a_4 + (a_5 + (a_6 + (a_7 + a_8\tau)\tau)\tau)\tau)\tau)\tau)\tau, \quad (\text{B.11})$$

где

$$\tau = \frac{t_o}{630}. \quad (\text{B.12})$$

Значения коэффициентов  $a_i$ :

$i$	$a_i$
1	- 0,148759
2	- 0,267408
3	1,080760
4	1,269056
5	- 4,089591
6	- 1,871251
7	7,438081
8	- 3,536296

В.1.7 Рассчитывают плотность продукта при стандартных условиях (60°F) соответствующую температурной шкале ITS-68:

$$\rho^{*(m)} = \rho_{60}^{(m)} \left\{ 1 + \frac{\exp[A(1 + 0,8A) - 1]}{1 + A(1 + 1,6A)B} \right\}, \quad (\text{B.13})$$

где

$$A = \frac{\delta_{60}}{2} \left[ \left( \frac{K_0}{\rho_{60}^{(m)}} + K_1 \right) \frac{1}{\rho_{60}^{(m)}} + K_2 \right], \quad (\text{B.14})$$

$$B = \frac{2K_0 + K_1 \cdot \rho_{60}^{(m)}}{K_0 + (K_1 + K_2 \cdot \rho_{60}^{(m)}) \rho_{60}^{(m)}}. \quad (\text{B.15})$$

Значение  $\delta_{60} = 0,0134979547$ .

Значения  $K_0, K_1, K_2$  определяют по таблице В.1.

Таблица В.1

Продукт	Плотность	$K_0$	$K_1$	$K_2$
Дизельное топливо	$838,3127 \leq \rho_{60} \leq 1163,5$	103,8720	0,2701	0,0
Авиационное топливо	$787,5195 \leq \rho_{60} < 838,3127$	330,3010	0,0	0,0
Переходная зона	$770,3520 \leq \rho_{60} < 787,5195$	1489,0670	0,0	- 0,00186840
Бензины	$610,6 \leq \rho_{60} < 770,3520$	192,4571	0,2438	0,0

В.1.8 Рассчитывают коэффициент объемного расширения продукта при 60 °F:

$$\alpha_{60}^{(m)} = \left( \frac{K_0}{\rho^{*(m)}} + K_1 \right) \frac{1}{\rho^{*(m)}} + K_2. \quad (\text{B.16})$$

В.1.9 Рассчитывают корректирующий фактор на температуру продукта:

$$C_{TL}^{(m)} = \exp \left\{ -\alpha_{60}^{(m)} \cdot \Delta t \left[ 1 + 0,8\alpha_{60}^{(m)} \cdot (\Delta t + \delta_{60}) \right] \right\}, \quad (\text{B.17})$$

где

$$\Delta t = t - 60,0068749. \quad (\text{B.18})$$

Значение  $\delta_{60}$  берут по В.1.7.

В.1.10 Рассчитывают коэффициент сжимаемости продукта:

$$F_{P,PSI}^{(m)} = \exp \left( -1,9947 + 0,00013427t + \frac{793920 + 2326,0t}{(\rho^{*(m)})^2} \right). \quad (\text{B.19})$$

В.1.11 Рассчитывают корректирующий фактор на избыточное давление продукта:

$$C_{PL}^{(m)} = \frac{1}{1 - 10^{-5} F_{P,PSI}^{(m)} \cdot P_{PSI}}. \quad (\text{B.20})$$

В.1.12 Рассчитывают корректирующий фактор на температуру и избыточное давление продукта:

$$C_{TPL}^{(m)} = C_{TL}^{(m)} \cdot C_{PL}^{(m)}. \quad (\text{B.21})$$

В.1.13 Рассчитывают  $\delta\rho_O^{(m)}$ :

$$\delta\rho_O^{(m)} = \rho_O - \rho_{60}^{(m)} \cdot C_{TPL}^{(m)}. \quad (B.22)$$

Проверяют выполнение условия:

$$|\delta\rho_O^{(m)}| < 0,000001. \quad (B.23)$$

Если условие выполняется, то переходят к В.1.17.

В.1.14 Рассчитывают поправку к плотности при стандартных условиях:

$$\Delta\rho_{60}^{(m)} = \frac{E^{(m)}}{1 + D_T^{(m)} + D_P^{(m)}}, \quad (B.24)$$

где

$$E^{(m)} = \frac{\rho_O}{C_{TL}^{(m)} \cdot C_{PL}^{(m)}} - \rho_{60}^{(m)}, \quad (B.25)$$

$$D_P^{(m)} = \frac{2C_{PL}^{(m)} \cdot P_O \cdot F_P^{(m)} (7,93920 + 0,02326t_O)}{(\rho_{60}^{(m)})^2}, \quad (B.26)$$

$$D_T^{(m)} = D_a^{(m)} \cdot \alpha_{60}^{(m)} \cdot \Delta t (1 + 1,6\alpha_{60}^{(m)} \cdot \Delta t), \quad (B.27)$$

где

$$\Delta t = t_O - 60. \quad (B.28)$$

Значения  $D_a$  приведены в таблице В.2.

**Таблица В.2**

Продукт	Плотность	$D_a$
Дизельное топливо	$838,3127 \leq \rho_{60} \leq 1163,5$	1,3
Авиационное топливо	$787,5195 \leq \rho_{60} < 838,3127$	2,0
Переходная зона	$770,3520 \leq \rho_{60} < 787,5195$	8,5
Бензины	$610,6 \leq \rho_{60} < 770,3520$	1,5

В.1.15 Рассчитывают значение  $\rho_{60}^{(m+1)}$ :

$$\rho_{60}^{(m+1)} = \rho_{60}^{(m)} + \Delta\rho_{60}^{(m)}, \quad (B.29)$$

$$\text{Если } \rho_{60}^{(m)} + \Delta\rho_{60}^{(m)} < \rho_{60min}, \text{ тогда } \Delta\rho_{60}^{(m)} = \rho_{60min} - \rho_{60}^{(m)}. \quad (B.30)$$

$$\text{Если } \rho_{60}^{(m)} + \Delta\rho_{60}^{(m)} > \rho_{60max}, \text{ тогда } \Delta\rho_{60}^{(m)} = \rho_{60max} - \rho_{60}^{(m)}. \quad (B.31)$$

В.1.16 Рассчитывают номер итерации:

$$m = m + 1. \quad (B.32)$$

Проверяют выполнение условия:

$$m \leq 15. \quad (B.33)$$

Если условие выполняется, то переходят к 1.7.  
Если условие не выполняется, то расчет завершается.

В.1.17 Проверяют выполнение условия:

$$\rho_{60\min} \leq \rho_{60} \leq \rho_{60\max} . \quad (\text{B.34})$$

Если условие не выполняется, то расчет завершается.

Значения максимальной плотности  $\rho_{60\max}$  и минимальной плотности  $\rho_{60\min}$  приведены в В.1.4.

В.1.18 Рассчитывают корректирующий фактор по температуре при приведении плотности продукта от  $\rho_{60}$  к  $\rho_T$ .

Корректирующий фактор по температуре  $C_{TL,60}$  при приведении плотности продукта от  $\rho_{60}$  к  $\rho_T$  рассчитывают по В.1.6 - В.1.9 при  $t_0 = T$  и  $P_0 = P$ .

В.1.19 Рассчитывают плотность при стандартных условиях:

$$\rho_T = \rho_{60} \cdot C_{TPL,60} . \quad (\text{B.35})$$

В.1.20 Рассчитывают корректирующий фактор по температуре:

$$C_{TL} = \frac{C_{TL}^{(m)}}{C_{TL,60}} . \quad (\text{B.36})$$

В.1.21 Рассчитывают корректирующий фактор избыточному давлению:

$$C_{PL} = \frac{C_{PL}^{(m)}}{C_{PL,60}} = C_{PL}^{(m)} . \quad (\text{B.37})$$

В.1.22 Рассчитывают корректирующий фактор по температуре и избыточному давлению:

$$C_{TPL} = \frac{C_{TL}^{(m)} \cdot C_{PL}^{(m)}}{C_{TL,60}} . \quad (\text{B.38})$$

В.1.23 Округляют корректирующий фактор по температуре до 0,00001.

В.1.24 Рассчитывают коэффициент сжимаемости продукта:

$$F_P = \frac{F_{P,PSI}}{6,894757} . \quad (\text{B.39})$$

## **В.2 Приведение объема продукта от рабочих условий к стандартным условиям (температура продукта 15 °С или 20 °С, избыточное давление продукта 0 Па).**

Для выполнения вычислений необходимы значения следующих величин:

- $\rho_T$  - плотность продукта при стандартных условиях (температура продукта 15 °С или 20 °С, избыточное давление продукта 0 Па), кг/м<sup>3</sup>;
- $T$  - стандартная температура (15 °С или 20 °С), °С;
- $P$  - стандартное избыточное давление (0 Па), кПа;

- $V$  - объем продукта, м<sup>3</sup>;
- $t_V$  - температура продукта в рабочих условиях при измерении объема, °C;
- $P_V$  - избыточное давление продукта в рабочих условиях при измерении объема, кПа.

В результате расчёта получают значения следующих величин:

- $C_{TL}$  - корректирующий фактор на температуру продукта при приведении объема продукта к стандартной температуре;
- $C_{PL}$  - корректирующий фактор на давление продукта при приведении объема продукта к стандартной температуре;
- $C_{TPL}$  - корректирующий фактор на температуру и давление продукта при приведении объема продукта к стандартной температуре;
- $V$  - объем продукта при стандартных условиях, м<sup>3</sup>.

Ниже приведён алгоритм вычислений.

В.2.1 Рассчитывают плотность продукта при стандартных условиях (60 °F) и корректирующий фактор на температуру продукта при приведении плотности при стандартных условиях (60 °F) к плотности при стандартных условиях (15 °C или 20 °C)  $C_{TL,60}$ .

Расчет проводится по В.1.1 - В.1.17.

При этом за значения плотности, температуры и избыточного давления принимают:

$$\begin{aligned} \rho_O &= \rho_T, \\ t_O &= T, \\ P_O &= 0. \end{aligned}$$

В.2.2 Рассчитывают температуру продукта в °F:

$$t_{V,F} = 1,8t_V + 32. \quad (B.40)$$

Проверяют выполнение условий:

$$-58 \leq t_{V,F} \leq 302. \quad (B.41)$$

Если условия не выполняются, то расчет завершается.

В.2.3 Рассчитывают избыточное давление продукта в psig:

$$P_{PSI} = \frac{P_V}{6,894757}. \quad (B.42)$$

Проверяют выполнение условий:

$$0 \leq P_{PSI} \leq 1500. \quad (B.43)$$

Если условия не выполняются, то расчет завершается.

В.2.4 Пересчитывают температуру продукта из температурной шкалы ITS-90 в температурную шкалу ITS-68:

$$t = t_V - \Delta. \quad (B.44)$$

Значение  $\Delta$  рассчитывают по формуле:

$$\Delta = (a_1 + (a_2 + (a_3 + (a_4 + (a_5 + (a_6 + (a_7 + a_8 \tau) \tau) \tau) \tau) \tau) \tau) \tau, \quad (B.45)$$

где

$$\tau = \frac{t_0}{630}. \quad (\text{B.46})$$

Значения коэффициентов  $a_i$  приведены в В.1.6.

В.2.5 Рассчитывают плотность продукта при стандартных условиях (60 °F) соответствующую температурной шкале ITS-68:

$$\rho^* = \rho_{60} \left\{ 1 + \frac{\exp[A(1+0,8A)-1]}{1+A(1+1,6A)B} \right\}, \quad (\text{B.47})$$

где

$$A = \frac{\delta_{60}}{2} \left[ \left( \frac{K_0}{\rho_{60}} + K_1 \right) \frac{1}{\rho_{60}} + K_2 \right], \quad (\text{B.48})$$

$$B = \frac{2K_0 + K_1 \cdot \rho_{60}}{K_0 + (K_1 + K_2 \cdot \rho_{60}) \rho_{60}}. \quad (\text{B.49})$$

Значения  $\delta_{60} = 0,01374979547$ .

Значения  $K_0, K_1, K_2$  определяют по таблице В.1.

В.2.6 Рассчитывают коэффициент объемного расширения продукта при 60 °F:

$$\alpha_{60} = \left( \frac{K_0}{\rho^*} + K_1 \right) \frac{1}{\rho^*} + K_2. \quad (\text{B.50})$$

В.2.7 Рассчитывают корректирующий фактор на температуру продукта при приведении плотности от стандартной плотности (60 °F) к рабочей температуре:

$$C_{TL}^* = \exp\left\{ -\alpha_{60} \cdot \Delta t \left[ 1 + 0,8\alpha_{60} (\Delta t + \delta_{60}) \right] \right\}, \quad (\text{B.51})$$

где

$$\Delta t = t - 60,0068749. \quad (\text{B.52})$$

Значение  $\delta_{60}$  берут по В.1.7.

В.2.8 Рассчитывают корректирующий фактор на температуру продукта при приведении плотности от стандартной плотности (15 °C или 20 °C) к рабочей температуре:

$$C_{TL} = \frac{C_{TL}^*}{C_{TL,60}}. \quad (\text{B.53})$$

В.2.9 Рассчитывают коэффициент сжимаемости продукта:

$$F_{P,PSI} = \exp\left( -1,9947 + 0,00013427t + \frac{793920 + 2326t}{(\rho^*)^2} \right). \quad (\text{B.54})$$

В.2.10 Рассчитывают корректирующий фактор на избыточное давление продукта:

$$C_{PL} = \frac{1}{1 - 10^{-5} F_{P,PSI} \cdot P_{PSI}}. \quad (\text{B.55})$$

В.2.11 Рассчитывают коэффициент сжимаемости продукта:

$$F_p = \frac{F_{p,PSI}}{6,894757}. \quad (B.56)$$

В.2.12 Рассчитывают корректирующий фактор на температуру и избыточное давление продукта:

$$C_{TPL} = C_{TL} \cdot C_{PL}. \quad (B.57)$$

В.2.13 Округляют корректирующий фактор по температуре до 0,00001.

В.2.14 Рассчитывают объем при стандартных условиях:

$$V_T = C_{TPL} \cdot V. \quad (B.58)$$

### **В.3 Приведение плотности продукта от стандартных условий (температура продукта 15 °С или 20 °С, избыточное давление продукта 0 Па) к рабочим условиям.**

Для выполнения вычислений необходимы значения следующих величин:

- $\rho_T$  - плотность продукта при стандартных условиях (температура продукта 15 °С или 20 °С, избыточное давление продукта 0 Па), кг/м<sup>3</sup>;
- $T$  - стандартная температура (15 °С или 20 °С), °С;
- $P$  - стандартное избыточное давление (0 Па), кПа;
- $t_V$  - температура продукта в рабочих условиях, °С;
- $P_V$  - избыточное давление продукта в рабочих условиях, кПа.

В результате расчёта получают значения следующих величин:

- $C_{TL}$  - корректирующий фактор на температуру продукта при приведении плотности продукта к рабочей температуре;
- $C_{PL}$  - корректирующий фактор на давление продукта при приведении плотности продукта к рабочей температуре;
- $C_{TPL}$  - корректирующий фактор на температуру и давление продукта при приведении плотности продукта к рабочей температуре;
- $\rho$  - плотность продукта при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>.

Ниже приведён алгоритм вычислений.

В.3.1 Рассчитывают значения корректирующих коэффициентов по температуре и давлению  $C_{TL}$ ,  $C_{PL}$ ,  $C_{TPL}$ .

Значения корректирующих коэффициентов по температуре и давлению  $C_{TL}$ ,  $C_{PL}$ ,  $C_{TPL}$  рассчитывают по В.2.1 - В.2.13.

В.3.2 Рассчитывают значения плотности при рабочих условиях:

$$\rho = C_{TPL} \cdot \rho_T. \quad (B.59)$$

#### **В.4 Приведение плотности продукта от рабочих условий к условиям измерений объёма**

Приведение плотности продукта от рабочих условий к условиям измерений объёма выполняется в два этапа:

- решается задача приведения плотности от рабочих к стандартным условиям согласно В.1 настоящего приложения;
- решается задача приведения плотности от стандартных условий к условиям измерений объёма согласно В.3 настоящего приложения.