

НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 5XXXX–201_
(ISO 15112:2011)
*(проект, первая
редакция)*

ГАЗ ГОРЮЧИЙ ПРИРОДНЫЙ
Определение энергии
(ISO 15112:2011, MOD)

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 52 «Природный и сжиженные газы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «__» _____ 201_ г. № _____

4 Настоящий стандарт модифицирован по отношению к международному стандарту ИСО 15112:2011 «Газ природный. Определение энергии» (ISO 15112:2011 «Natural gas - Energy determination») путем изменения его структуры для приведения в соответствие с правилами, установленными в ГОСТ Р 1.5-2012(подразделы 4.2 и 4.3), а также путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом.

Внесение указанных технических отклонений направлено на учет конкретных потребностей национальной экономики Российской Федерации.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5-2012 (пункт 3.5)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0–2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (gost.ru)

© Стандартиформ, 201_

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

	Введение.....	V
1	Область применения.....	1
2	Нормативные ссылки.....	1
3	Термины и определения.....	3
4	Обозначения.....	7
	4.1 Условные обозначения.....	7
	4.2 Нижние индексы.....	8
5	Общие принципы.....	8
6	Измерения параметров газа	10
	6.1 Общие положения.....	10
	6.2 Измерения объема.....	11
	6.3 Измерения теплоты сгорания.....	11
	6.4 Пересчет объемов.....	12
	6.5 Калибровка.....	13
	6.6 Хранение и передача данных.....	14
7	Определение энергии.....	14
	7.1 Пункты приемки-передачи.....	14
	7.2 Методы определения энергии	16
8	Методология и процедуры.....	20
	8.1 Общие положения.....	20
	8.2 Методология определения энергии.....	22
	8.3 Проверки достоверности	27
9	Методы приписывания.....	29
	9.1 Фиксированное приписывание.....	29
	9.2 Переменное приписывание.....	31
	9.3 Определение представительной теплоты сгорания.....	33
10	Расчет количества энергии.....	35
	10.1 Общие уравнения для расчета энергии.....	35
	10.2 Вычисление усредненных величин с помощью средних теплот сгорания и суммарных объемов.....	37
	10.3 Пересчет объемов и пересчет объем-масса.....	38
	10.4 Определение энергии на базе заявленной теплоты сгорания.....	38

11	Точность определения энергии.....	39
11.1	Точность.....	39
11.2	Вычисление неопределенности.....	39
11.3	Смещение.....	41
12	Контроль и гарантии качества.....	42
12.1	Общие положения.....	42
12.2	Проверка тенденций результатов измерения.....	42
12.3	Прослеживаемость.....	43
12.4	Подстановочные значения.....	43
Приложение А	(справочное) Основные средства измерений и методы определения энергии	45
Приложение В	(справочное) Различные возможные модели изменения теплоты сгорания.....	50
Приложение С	(справочное) Пересчет объемов и пересчет объем-масса.....	53
Приложение D	(справочное) Последовательное определение энергии.....	54
Приложение E	(справочное) Практические примеры пересчета объема и вычисления энергии.....	56
Приложение F	(справочное) Практические примеры усреднения теплоты сгорания в различных ситуациях с поставкой.....	59
Приложение G	(справочное) Способы определения подстановочных значений....	63
Приложение H	(справочное) Графический пример проверки достоверности.....	64
Приложение I	(справочное) Графический пример нескорректированных данных, коррекции смещения и конечного результата	65
Приложение J	(справочное) Определение теплоты сгорания для одного пласта...	67
Библиография.....		68

Введение

С начала девятнадцатого века, продажи и покупки светильного, а затем и природного газа на практике осуществлялись путем измерений объема. Поэтому было затрачено много времени и усилий на разработку методов измерений объемных расходов.

Повышение стоимости энергии и появление газов различного качества привели к тому, что оплату начали производить путем измерения тепловой энергии, в свою очередь, потребность определения теплоты сгорания с помощью измерений или вычислений привела к появлению ряда соответствующих методов определения. Однако, процедуры, с помощью которых значения теплоты сгорания приводились в соответствие с данными об объемном расходе для определения содержания энергии в заданном объеме природного газа, были недостаточно стандартизованы.

Определение энергии, как правило, является необходимым условием, безотносительно ко времени и месту проведения измерений параметров природного газа, начиная от операций добычи и переработки, вплоть до потребления газа конечным потребителем. Настоящий стандарт разработан в целях разрешения проблем, связанных с добычей, транспортировкой и распределением газа вплоть до конечного потребителя. Стандарт представляет собой руководство пользователя по определению значения энергии для проведения расчетов на основе измерений и/или вычислений с целью повышения доверия сторон к результатам определения энергии.

Стандарты, относящиеся к природному газу, измерениям расхода и теплоты сгорания, процедурам вычислений и обработки данных, касающиеся добычи, транспортировки и распределения, включая его покупку, продажу или передачу, могут ссылаться на настоящий стандарт.

Настоящий стандарт содержит десять информационных приложений.

.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГАЗ ГОРЮЧИЙ ПРИРОДНЫЙ

Определение энергии

Natural combustible gas. Energy determination

Дата введения – _____

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на способы определения энергии природного газа с помощью измерений или вычислений и устанавливает необходимые для этого методы и единицы измерений. Расчеты тепловой энергии основываются на раздельном измерении количества, либо по массе, либо по объему транспортируемого газа и теплоты сгорания. В настоящем стандарте приведены также общие способы вычисления неопределенностей.

1.2 В настоящем стандарте приведены только системы измерения, используемые в настоящее время.

П р и м е ч а н и е – Применение указанных систем в государственной или частной коммерческой деятельности возможно после их утверждения в государственном лицензионном органе в соответствии с законодательством.

1.3 Настоящий стандарт распространяется на все типы газоизмерительных станций.

1.4 Настоящий стандарт допускает применение новых методов, при условии, что их характеристики не уступают характеристикам методов, приведенных в настоящем стандарте.

1.5 В настоящем стандарте не рассматриваются газоизмерительные системы.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 8.586.1-2005 (ИСО 5167-1:2003) Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования

ГОСТ 31369-2008 (ИСО 6976:1995) Газ природный. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава

ГОСТ 31370-2008 (ИСО 10715:1997) Газ природный. Руководство по отбору проб

ГОСТ 31371.1-2008 (ИСО 6974-1:2000) Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 1. Руководство по проведению анализа

ГОСТ 31371.2-2008 (ИСО 6974-2:2001) Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 2. Характеристики измерительной системы и статистические оценки данных

ГОСТ 31371.3-2008 (ИСО 6974-3:2000) Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 3. Определение водорода, гелия, кислорода, азота, диоксида углерода и углеводородов до C_8 с использованием двух насадочных колонок

ГОСТ 31371.4-2008 (ИСО 6974-4:2000) Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 4. Определение азота, диоксида углерода и углеводородов C_1-C_5 и C_{6+} в лаборатории и с помощью встроенной измерительной системы с использованием двух колонок

ГОСТ 31371.5-2008 (ИСО 6974-5:2000) Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 5. Определение азота, диоксида углерода и углеводородов C_1-C_5 и C_{6+} в лаборатории и при непрерывном контроле с использованием трех колонок

ГОСТ 31371.6-2008 (ИСО 6974-6:2002) Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 6. Определение водорода, гелия, кислорода, азота, диоксида углерода и углеводородов C_1-C_8 с использованием трех капиллярных колонок

ГОСТ 31371.7-2008 Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 7. Методика выполнения измерений молярной доли компонентов

ГОСТ Р 8.740-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Расход и количество газа. Методика измерений с помощью турбинных, ротационных и вихревых расходомеров и счетчиков

ГОСТ Р 8.769-2011 (ИСО 12213-3:2006) Государственная система обеспечения единства измерений. Газ природный. Фактор сжимаемости газовой фазы. Метод расчетного определения на основе данных о физических свойствах газа

ГОСТ Р 8.816-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Газ природный. Объемная теплота сгорания. Методика измерений с применением калориметра сжигания с бомбой

ГОСТ Р 54500.3–2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

ГОСТ Р 56333–2014 Газы горючие природные. Стандартные условия измерения и вычисления физико-химических свойств

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 точность измерений: Близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины.

[РМГ 29-2013, пункт 5.7 [1]]

3.2 настройка (средства измерения): Операция приведения средства измерения в пригодное к использованию состояние.

П р и м е ч а н и е – Настройка может быть автоматической, полуавтоматической или ручной.

3.3 метод приписывания: Процедура присвоения природному газу, переданному через пункт приемки-передачи, оборудованный только средствами измерения объема (количества) газа, значения теплоты сгорания, определенного в другой точке данного участка газопровода.

3.4 готовность: Возможность системы измерения или средства измерения, составляющего часть системы измерения, в любой момент времени, работать согласно спецификации.

[ЕН 1776:1998[2]]

3.5 смещение (значения энергии): Систематическая разность между истинным значением энергии и фактически измеренным значением энергии природного газа, проходящего через газоизмерительную станцию.

3.6 калибровка (средств измерений): Совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения метрологических характеристик этого средства измерений.

[РМГ 29-2013, пункт 9.6[1]]

3.7 высшая теплота сгорания (газа горючего природного): Количество теплоты, которое выделится при полном сгорании в воздухе определенного количества природного газа таким образом, что давление p_1 , при котором происходит реакция, остается постоянным, а все продукты сгорания принимают ту же температуру t_1 , что и температура реагентов, при этом все эти продукты находятся в газообразном состоянии, за исключением воды, которая конденсируется в жидкость при t_1 .

3.8 низшая теплота сгорания (газа горючего природного): Количество теплоты, которое выделится при полном сгорании в воздухе определенного количества природного газа таким образом, что давление p_1 , при котором протекает реакция, остается постоянным, а все продукты сгорания принимают ту же температуру t_1 , что и температура реагентов, при этом все эти продукты находятся в газообразном состоянии.

3.9 узел определения теплоты сгорания: Установка, содержащая необходимое оборудование для определения теплоты сгорания природного газа в газопроводе.

3.10 скомпенсированная теплота сгорания: Теплота сгорания, измеренная на узле измерения и скомпенсированная с учетом времени транспортировки газа до соответствующего узла измерения объема.

3.11 скорректированная теплота сгорания: Результат коррекции измеренной величины теплоты сгорания для компенсации систематической погрешности.

3.12 принятая теплота сгорания: Теплота сгорания, которая принята заранее для применения в пункте приемки-передачи для целей определения энергии.

3.13 представительная теплота сгорания: Теплота сгорания, которая считается достаточно близкой к фактической теплоте сгорания в данном пункте приемки-передачи.

3.14 область загрузки: Пункты приемки-передачи, использующие один и тот же метод определения энергии.

3.15 преобразование: Определение значения объема при заданных условиях из значения объема, измеренного при рабочих условиях.

3.16 поправка: Величина, прибавляемая алгебраически к нескорректированному результату измерений для компенсации систематической погрешности.

Примечания

- 1 Поправка равна оцененной систематической погрешности, взятой с обратным знаком.
- 2 Если систематическая погрешность не может быть точно оценена, то поправка не будет полной (см. Приложение I).

3.17 коэффициент поправки: Числовой коэффициент, на который следует умножить нескорректированный результат измерений, для компенсации систематической погрешности.

Примечание – См. примечание 2 к 3.16.

3.18 определение: Набор операций, производимых с объектом для получения качественной или количественной информации об этом объекте.

Примечание – В настоящем стандарте термин "определение" используется лишь в количественном смысле.

3.19 прямое измерение: Измерение характеристики посредством величин, которые, в принципе, определяют данное свойство.

Примечание – Например, определение теплоты сгорания газа с использованием термометрических измерений энергии, выделившейся в форме тепла при сжигании заданного количества газа.

[ИСО 14532:2014, пункт 2.2.1.2[3]]

3.20 энергия (газа горючего природного): Произведение количества газа (объема или массы) и соответствующей теплоты сгорания при конкретных условиях.

Примечание – Обычно энергию выражают в мегаджоулях.

3.21 определение энергии: Количественное определение энергии газа на основе либо прямых измерений, либо расчетов с использованием предварительно измеренных величин.

3.22 скорость потока энергии: Энергия газа, проходящего через сечение в единицу времени.

Примечание – Скорость потока энергии обычно выражается в мегаджоулях в секунду.

3.23 фиксированное приписывание: Применение без изменений теплоты сгорания, измеренной определенным узлом определения теплоты сгорания, или предварительно установленной теплоты сгорания, к газу, проходящему через один или более пунктов приемки-передачи.

3.24 газотранспортная компания: Компания, которая транспортирует газ из одного места в другое по газопроводам.

3.25 сеточное моделирование: Вычисление набора давлений и скоростей потока в газопроводе или сети газопроводов на основе заданных данных топологии сети, величин скоростей потока в точках входа и выхода, а также давлений и температур в различных точках газопровода(ов) с использованием математической модели.

Примечание – Целью любого сеточного моделирования является получение информации о будущем состоянии давлений газа и потоков. Результатом моделирования является оценка состояния газового потока.

3.26 пункт приемки-передачи (природного газа): Объект промысловой, газотранспортной или газораспределительной структуры на котором происходит смена собственника или ответ-

ственного за хранение природного газа.

Примечание – Обычно пункт приемки-передачи включает в себя газоизмерительную станцию.

3.27 местная газораспределительная компания: Компания, доставляющая газ промышленным, коммерческим или бытовым потребителям.

3.28 газоизмерительная станция: Сооружение, включающее все оборудование, в том числе входной и выходной газопроводы, а также запирающие клапаны и здания, в которых располагаются средства измерений, используемые для коммерческого учета газа.

[ЕН 1776:1998[2]]

3.29 измерительная система: Полный набор средств измерений и вспомогательного оборудования для проведения определенных измерений.

Примечание – Данное определение адаптировано по отношению к установленному в пункте 3.2 ИСО/МЭК Руководство 99:2007 [4].

3.30 измерительный прибор: Устройство, предназначенное для проведения измерений само по себе, либо в сочетании с одним или более дополнительных устройств.

[ИСО/МЭК Руководство 99:2007, пункт 3.1[4]]

3.31 достоверность: Свойство величины находится в приемлемых пределах.

3.32 добывающая компания: Компания, извлекающая природный газ из месторождений, который, после подготовки и коммерческого учета подается в газотранспортную систему.

3.33 региональная газораспределительная компания: Компания, поставляющая газ местным газораспределительным компаниям и/или промышленным, коммерческим или бытовым потребителям.

3.34 бытовой потребитель: Лицо, которое занимает помещение, снабжаемое газом полностью или частично, при этом данный газ не используется для коммерческих и промышленных целей.

3.35 систематическая погрешность (измерения): Составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или же закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

[РМГ 29-2013, пункт 5.19 [1]]

3.36 прослеживаемость: Свойство результата измерения или значения (величины) стандартного образца, в соответствии с которым результат может быть соотнесен с установленными эталонами, как правило, национальными или международными, через непрерывную цепочку сравнений, каждая из которых имеет установленную неопределенность.

3.37 неопределенность (измерений): Параметр, относящийся к результату измерения и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

[ГОСТ Р 54500.3–2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008]

3.38 переменное приписывание: Процедура приписывания теплоты сгорания, измеренной на узле определения теплоты сгорания, природному газу, проходящему через один или более пунктов приемки-передачи.

Примечание – Для получения теплоты сгорания в сети газопроводов данная процедура приписывания теплоты сгорания может учитывать время, затраченное на прохождение газа от узла определения теплоты сгорания до соответствующей газоизмерительной станции и другие факторы, определяющие среднюю теплоту сгорания в сети, в том числе состояния воспроизведения изменений теплоты сгорания в пределах сети и т.д.

3.39 плавающая нулевая точка: Место в сети газопроводов, где существует граница между газами разного качества

3.40 недостоверные данные: Данные измерений, которые явно неверны из-за нештатной ситуации с измерениями на газоизмерительной станции и с потоком газа.

4 Обозначения

4.1 Условные обозначения

Условные обозначения величин приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Условные обозначения величин

Символ	Значение	Единица СИ
E	энергия	МДж
e	скорость потока энергии	МДж/с
H	теплота сгорания	МДж/м ³ ; МДж/кг
M	масса	кг
p	давление (абсолютное)	Па, кПа
Q	количество газа	м ³ , кг
q_v	объемный расход	м ³ /ч, м ³ /с
q_m	массовый расход	кг/с, кг/ч
T	температура (абсолютная)	К
t	время	с, ч, д
V	объем (газа)	м ³
Z	коэффициент сжимаемости	
ρ	плотность	кг/м ³
ϑ	температура	°С

Примечания

1 Если теплота сгорания выражена в мегаджоулях на кубический метр, и объем газа - в кубометрах, или если теплота сгорания выражена в мегаджоулях на килограмм и масса газа - в килограммах, тогда рассчитанная энергия выражается в мегаджоулях.

Если теплота сгорания выражена в киловатт-часах на кубический метр, и объема газа - в кубометрах, или если теплота сгорания выражена в киловатт-часах на килограмм и масса газа - в килограммах, тогда рассчитанная энергия выражается в киловатт-часах.

Чтобы преобразовать количество мегаджоулей в количество киловатт-часов, следует разделить первое на 3,6.

2 Если количество газа выражается в кубических метрах, необходимо приводить также температуру и давление измерения.

4.2 Нижние индексы

- i – низшая теплота сгорания;
- j – количество интервалов времени;
- n – стандартные условия измерения (273,15 К; 101,325 кПа);
- r – стандартные условия измерения, рекомендованные ИСО (288,15 К; 101,325 кПа);
- s – высшая теплота сгорания.

5 Общие принципы

Количество энергии, E , содержащееся в данном количестве газа, Q , вычисляют путем умножения теплоты сгорания, H на соответствующее количество газа.

Энергию определяют либо методом прямых измерений (см. рисунок 1), либо расчетным (косвенным) методом по количеству газа и его теплоте сгорания (см. рисунок 2).



Рисунок 1 – Схема определения энергии прямым методом



Рисунок 2 – Схема определения энергии косвенным методом

Обычно количество газа выражают в единицах объема, а теплоту сгорания определяют на основе компонентного состава газа, выраженного в единицах объемной доли. Для достижения точного определения энергии, необходимо, чтобы и объем газа и его теплота сгорания были определены при тех же стандартных условиях. Энергию определяют либо путем накопления в течение определенного периода времени результатов вычислений из последовательного набора теплот сгорания и объемов проходящего газа, либо путем умножения полного прошедшего объема газа на представительную (приписанную) теплоту сгорания за этот период.

Особенно внимательно следует рассматривать случай, когда теплота сгорания изменяется и расход определяется не в том же месте, где приписывается теплота сгорания, при этом разница во времени между определением расхода и теплоты сгорания влияет на точность определения. (см. раздел 11).

Объем газа может быть определен и представлен как объем при стандартных условиях измерения или измерен при других условиях, а затем преобразован в эквивалентный объем при рекомендованных ИСО стандартных условиях соответствующим методом пересчета объемов. Метод пересчета объемов, используемый на определенной газоизмерительной станции может потребовать данных о качестве газа, определенных в других местах. В настоящем стандарте необходимо использовать рекомендованные ИСО и установленные в ИСО 13443 [5] стандартные условия: 288,15 К и 101,325 кПа.

П р и м е ч а н и е – Для целей газоснабжения допускается использовать другие условия, согласно национальным стандартам и правовым нормам. Метод пересчета объемов между различными условиями для сухого природного

газа приведен в ИСО13443 [5]. В соответствии с ГОСТ Р 56333 в Российской Федерации для измерения объема природного газа установлены следующие стандартные условия: 293,15 К и 101,325 кПа.

Теплота сгорания может быть измерена на газоизмерительной станции, либо в другом месте, а затем приписана для использования на данной станции. Для представления количества газа и теплоты сгорания могут быть также использованы массовые единицы.

Указанные общие принципы определения энергии подробно изложены в разделе 9 для тех случаев, когда количество газа выражается либо в объемных, либо в массовых единицах.

Для расчета количества энергии газа, проходящего через газоизмерительную станцию в течение некоторого периода времени, используются методы определения энергии, описанные в разделах 6–9. Данные методы включают интегрирование за период времени; при этом интегрироваться могут:

- скорость потока энергии;
- расход газа за период времени для получения количества газа, которое затем умножается на представительную теплоту сгорания.

Метод интегрирования может зависеть от условий контракта или национального законодательства.

Общие принципы определения энергии, описанные в Разделах 6–9, независимы от метода, которым проводится интегрирование. Метод интегрирования влияет на неопределенность определения энергии (см. раздел 11).

6 Измерения параметров газа

6.1 Общие положения

Типы средств измерений и методов, используемых на газоизмерительных станциях, зависят, в основном, от

- соответствующих требований национальных стандартов;
- расхода газа;
- стоимости газа;
- типов газов различного состава;
- необходимости резервирования;
- спецификации на средства измерений.

На соответствующих пунктах приемки-передачи необходимо использовать лишь проверенные методы и средства измерений. В Приложении А приведен обзор методик и процедур, используемых в настоящее время в различных странах.

Методы, используемые для определения потока и теплоты сгорания, должны соответствовать стандартам, условиям контрактов и/или национальному законодательству.

Необходимо принимать меры по обнаружению систематических расхождений и их учету. Например, использование разных национальных стандартов, норм и/или рабочих процедур может обуславливать систематические расхождения; стороны должны определить подходящие средства для преодоления этих расхождений.

Качество результатов измерения, в общем случае, зависит от следующих факторов:

- рабочих условий;
- качества и частоты технического обслуживания;
- градуировочных эталонов;
- отбора проб и состояния пробоотборной системы;
- изменений компонентного состава газа;
- старения средств измерений.

Высокой точности измерений достигают при выполнении требований производителей средств измерений и уполномоченных органов, а также при строгом выполнении всех процедур при работе, калибровке и техническом обслуживании средств измерений.

6.2 Измерения объема

Система измерения объемного расхода природного газа на газоизмерительной станции состоит из одного или более измерительных газопроводов. Обычно, расходомеры измеряют объемный расход газа при фактических рабочих условиях. Требования к диафрагменным и турбинным расходомерам изложены в ГОСТ 8.586.1 и ГОСТ Р 8.740, соответственно.

Выбор системы измерения расхода зависит, как минимум, от следующих факторов:

- условий течения потока;
- диапазона измерения расхода;
- рабочих условий, особенно, рабочего давления;
- допустимых потерь давления;
- необходимой точности.

Для измерения объемного расхода природного газа наиболее часто в пунктах приемки-передачи 1-6 используются приборы (см. пункт 7.1), которые приведены в Приложении А.

6.3 Измерения теплоты сгорания

6.3.1 Методы измерения и отбор проб

Комплекс для определения теплоты сгорания состоит из пробоотборной системы и средства измерений и предназначен для:

- прямого определения (калориметрическим методом);

- косвенного определения (по компонентному составу, определенному на газовых хроматографах).

Для достижения высокой точности измерения теплоты сгорания необходимо использовать представительные пробы. Требования к проведению отбора проб природного газа установлены в ГОСТ 31370.

В зависимости от измерительной системы, рабочих процедур, флуктуаций в составе газа и/или количества переданного газа используют одну из следующих методик отбора проб:

- непрерывный отбор проб;
- периодический точечный отбор проб;
- последовательный отбор проб.

Пробы отбирают с целью последующего их анализа либо на потоковом, либо на лабораторном хроматографе.

6.3.2 Прямое определение калориметрическим методом

При прямых измерениях природный газ сжигается в избыточном количестве воздуха (кислорода) и выделившаяся энергия сгорания передается в теплообменную среду, что приводит к увеличению ее температуры. Теплота сгорания газа напрямую связана с увеличением температуры.

Калориметрия используется в пунктах приемки-передачи 1-3, 5 (рисунок 3). Подробное описание калориметрического метода приведено в ГОСТ Р 8.816.

6.3.3 Косвенное определение

При косвенном определении теплота сгорания вычисляют по составу газа в соответствии с ГОСТ 31369.

Наиболее широко используется хроматографический метод анализа. Процедуры для определения состава газа с соответствующими неопределенностями методом газовой хроматографии установлены в ГОСТ 31371 (части 1-6). Метод газовой хроматографии используется в пунктах приемки-передачи 1-3, 5 (рисунок 3).

П р и м е ч а н и е – В Российской Федерации определение компонентного состава природного газа методом газовой хроматографии проводят также по ГОСТ 31371.7.

6.4 Пересчет объемов

6.4.1 Общие положения

Пересчет объема природного газа, измеренного при рабочих условиях, в объем при стандартных условиях, основывается либо на давлении, температуре и коэффициенте сжимаемости газа (pTZ -преобразование) или на плотности при рабочих и стандартных условиях (пересчет по плотности).

Информация по проведению пересчета объема приведена в приложении С, подразделах Е.1 и Е.2 приложения Е, ИСО 12213 (части 1 и 2) [6-7], ГОСТ Р 8.769 и ЕН 12405-1[8].

6.4.2 Определение плотности

Для пересчета объема используют значения плотности газа при стандартных условиях. Для определения массового расхода и пересчета объема также возможно определять плотность при рабочих условиях. Подробности приведены в ИСО 15970[9].

6.4.3 Измерения давления и температуры

Для пересчета объема газа при рабочих условиях в объем при стандартных условиях используют результаты измерений давления и температуры. Подробности приведены в ИСО 15970[9].

6.4.4 Коэффициент сжимаемости

Для пересчета объема газа коэффициент сжимаемости:

- рассчитывают из состава газа с использованием результатов определения компонентного состава, выраженного в молярных долях (см. подраздел Е.2 приложения Е и ИСО 12213-2[7]);
- рассчитывают с использованием физических свойств и содержания некоторых компонентов природного газа (см. подраздел Е.1 приложения Е и ГОСТ Р 8.769);
- измеряют непосредственно.

Подробности приведены в ИСО 15970 [9].

Коэффициент сжимаемости при стандартных условиях измерений можно также вычислять согласно ГОСТ 31369. В зависимости от количества прошедшего газа и изменения его давления, температуры и компонентного состава в определенной точке измерения, коэффициент сжимаемости или принимают постоянной величиной, или периодически пересчитывают.

При пользовании настоящим стандартом следует принимать во внимание молярные соотношения между высшими углеводородами, особенно при высоком давлении. В зависимости от состава и давления газа метод вычисления коэффициента сжимаемости на основе ИСО 12213-2[7] более предпочтителен и имеет меньшую систематическую погрешность по сравнению с ГОСТ Р 8.769.

6.5 Калибровка

Качество калибровки оказывает значительное влияние на точность результатов измерений. В зависимости от стабильности показаний средства измерений выбирают соответствующую периодичность калибровки. Средства калибровки должны быть прослеживаемы к соответствующим эталонам.

Представительную калибровку проводят в условиях, близких к условиям выполнения измерений. Согласно ИСО 15971 [10] в приборах, измеряющих тепловые величины, для калибровки должны использоваться газы, близкие по теплоте сгорания или составу к анализируемым газам.

Если при проверке измерительного прибора, используемого для определения энергии, превышено допустимое отклонение его показаний от значения заданной эталоном величины, то проводят подстройку прибора для обеспечения минимальной разницы между измеренной и заданной величинами, или вносят поправку, применяемую к измеренным величинам в течение последующего периода времени для получения правильных результатов.

Фактический процесс подстройки или корректировки проводится вручную, либо автоматически, в зависимости от типа прибора.

Если при калибровке прибора, измеряющего теплоту сгорания, возникает разница между измеренными и эталонными величинами, для последующих периодов должна проводиться коррекция измеряемой величины, либо подстройка прибора.

6.6 Хранение и передача данных

Все необходимые для определения энергии данные необходимо хранить. Длительность и место хранения устанавливают с учетом требований национальных стандартов и/или контрактных условий.

Указанные данные включают в себя:

- информацию, о количестве поставленной энергии;
- информацию о достоверности данных или работе газоизмерительной станции (оборудования и программного обеспечения). Для передачи данных используют безопасные процедуры, обеспечивающие сохранность данных.

7 Определение энергии

7.1 Пункты приемки-передачи

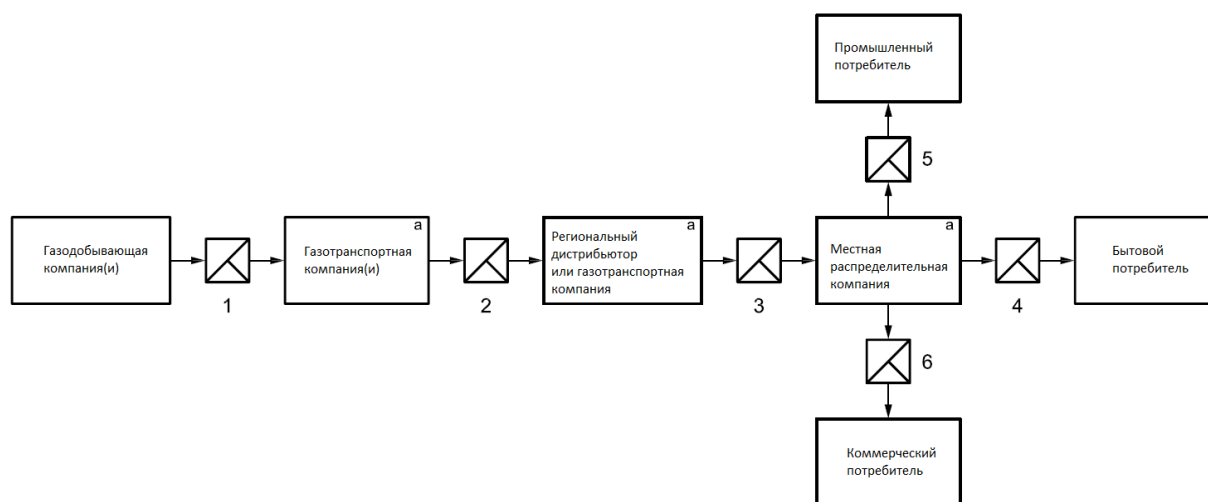
Передача природного газа, обычно, происходит от газодобывающей компании или хранилища газа к конечному потребителю через промежуточные стадии, включающие все или некоторые из нижеприведенных:

- газотранспортная организация(-ции);
- региональный газораспределительная компания(-ии);
- местная газораспределительная компания(-ии).

Обозначения 1-6 на рисунках 3 и 4 представляют собой различные пункты приемки-передачи в пределах цепи поставки; они могут включать в себя реальные газоизмерительные станции, или же могут рассматриваться лишь как виртуальные пункты приемки-передачи без ка-

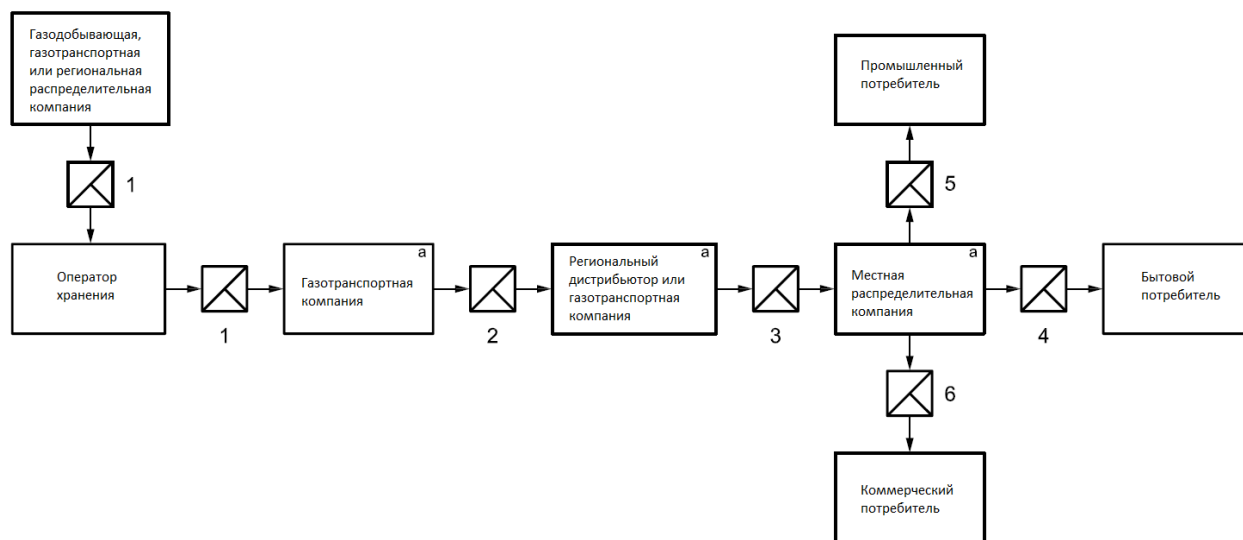
14

ких-либо измерений для обозначения точки передачи, оговоренной в контракте. Определение энергии в цепи поставки между сторонами контракта производится в пунктах приемки-передачи 1-6 (см. рисунки 3 и 4), которые часто называются также точкой передачи.



1-6 – пункты приемки-передачи; а) при наличии компании

Рисунок 3 – Возможные пункты приемки-передачи для определения энергии (от газодобывающей компании до конечных потребителей)



1-6 – пункты приемки-передачи; а) при наличии компании

Рисунок 4 – Возможные пункты приемки-передачи для определения энергии (от газодобывающей компании до конечных потребителей), включая хранилища газа

Рисунок 3 показывает цепь поставки от газодобывающей компании до конечного потребителя; а рисунок 4 включает, дополнительно, компанию, эксплуатирующую хранилища газа, в котором хранение газа осуществляется для обеспечения договоров будущих поставок. Виды пунктов

приемки-передачи в разных странах могут отличаться. Если они являются реальными газоизмерительными станциями, то они могут быть использованы для оплаты счетов за газ.

Если газотранспортная компания напрямую снабжает промышленного потребителя, то для определения энергии в пункте 5, объем газа измеряется в пунктах 2 или 5; т.к. в данном случае отсутствует региональная газораспределительная компания/компания, эксплуатирующая хранилища и местная газораспределительная компания. Если предполагается, что состав газа практически неизменен, используют теплоту сгорания, измеренную в пункте 2 (см. рисунок В.1 примечания В).

Если газодобывающая компания снабжает промышленного потребителя через газотранспортные компании и региональную газораспределительную компанию без участия местных газораспределительных компаний и по пути к промышленному потребителю не происходит никаких изменений в составе газа, то для определения энергии в пункте 5 объем газа измеряется в пункте 5, а теплота сгорания, например, в пунктах 2, 3 или 5.

Если местная газораспределительная компания поставляет газ конечному потребителю, а сама получает газ от региональной газораспределительной компании, газотранспортной компании или компании, эксплуатирующей хранилища, то для определения энергии объем газа измеряется в пунктах 4-6. Вследствие разного качества газа (см. рисунок В.3 приложение В), региональная газораспределительная компания применяет методы воспроизведения состояния для определения теплоты сгорания в пункте 3; эта теплота сгорания принимается газораспределительной компанией для определения энергии в пунктах 4-6.

Метод определения энергии зависит от ряда важных факторов, которые должны быть приняты во внимание пользователем настоящего стандарта при выборе метода определения энергии и правильном его применении. Эти факторы включают:

- топологию сети;
- направления потоков;
- структуру поставок или профиль потребления;
- тенденции изменения теплоты сгорания;
- техническое оборудование;
- требования контрактов;
- требования национальных стандартов.

7.2 Методы определения энергии

Главные цели методов, описанных в настоящем подразделе, состоят в корректировке недопоставок энергии в сети и обеспечении достоверного определения энергии в пунктах приемки-передачи, принимая во внимание экономические аспекты.

7.2.1 Прямое определение энергии

При прямых измерениях (см. рисунок 5), индивидуальные физические параметры (например, теплота сгорания и объем газа) не измеряются. Расход энергии и ее количество калибруются и показываются в точке измерения. На момент подготовки настоящего стандарта приборы прямого измерения энергии начали входить на рынок, однако их применение не является проверенной технологией для целей передачи газа. В настоящее время международные стандарты, устанавливающие методы прямого определения энергии отсутствуют.



Рисунок 5 – Прямое определение энергии

7.2.2 Косвенное определение энергии

Косвенно энергию определяют на базе ранее измеренных или вычисленных значений теплоты сгорания, массы/объема газа и других величин.

7.2.2.1 Измерение объема или массы и теплоты сгорания на одной и той же газоизмерительной станции

При косвенном определении энергии на газоизмерительной станции отдельно измеряют такие величины, как объем или масса газа, теплота сгорания и дополнительные физические величины, такие как содержание диоксида углерода, плотность, и т.д. (см. рисунок 6); средства измерений калибруют индивидуально. Объемный расход и количество энергии обычно регистрируют в точке измерения. Для больших количеств газа Q_1 и Q_2 , например, при пересечении границы, может потребоваться определение теплот сгорания H_{S1} и H_{S2} с помощью средств измерений для обеих теплот сгорания на каждой станции (см. рисунок 15).

Другой способ – это сбор данных о теплоте сгорания и объеме на газоизмерительных станциях и их передача на центральную станцию определения энергии, где измеряют расход и количество энергии.

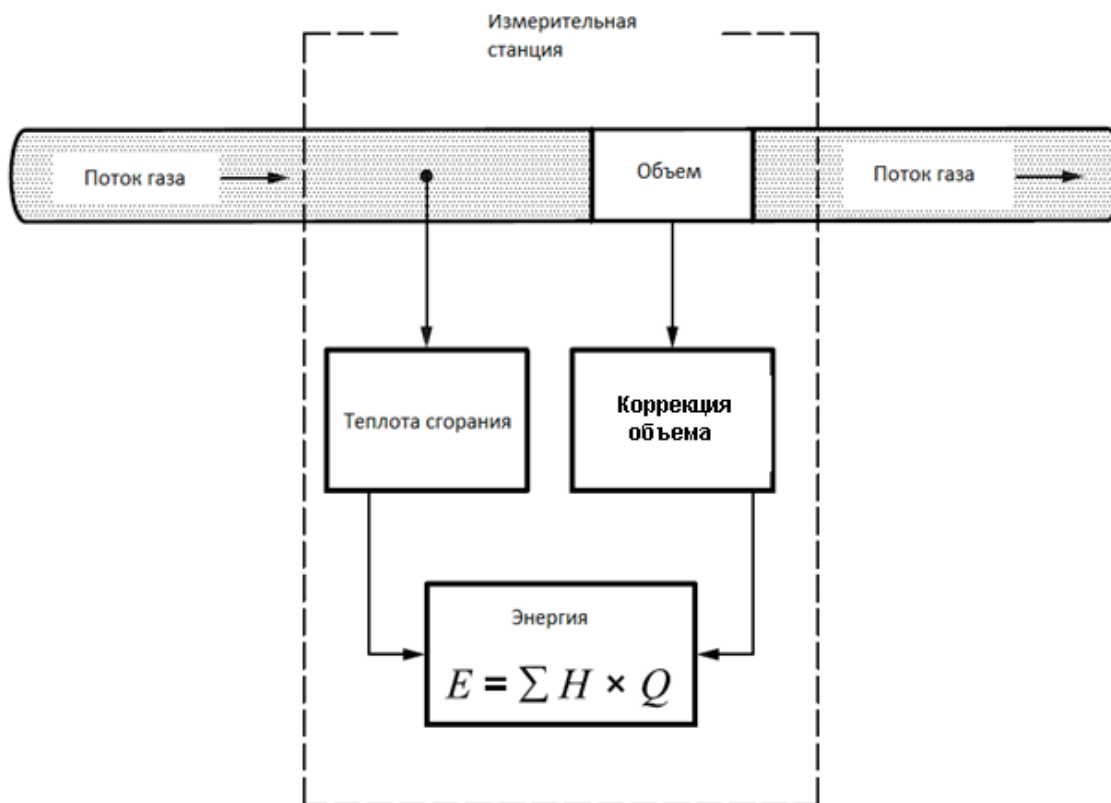


Рисунок 6 – Измерение теплоты сгорания в потоковом режиме на газоизмерительной станции

В спорных ситуациях по качеству газа и по экономическим соображениям, иногда следует отбирать пробы газа (пропорционально потоку или времени) на газоизмерительной станции для определения теплоты сгорания в другом месте (см. рисунок 7).

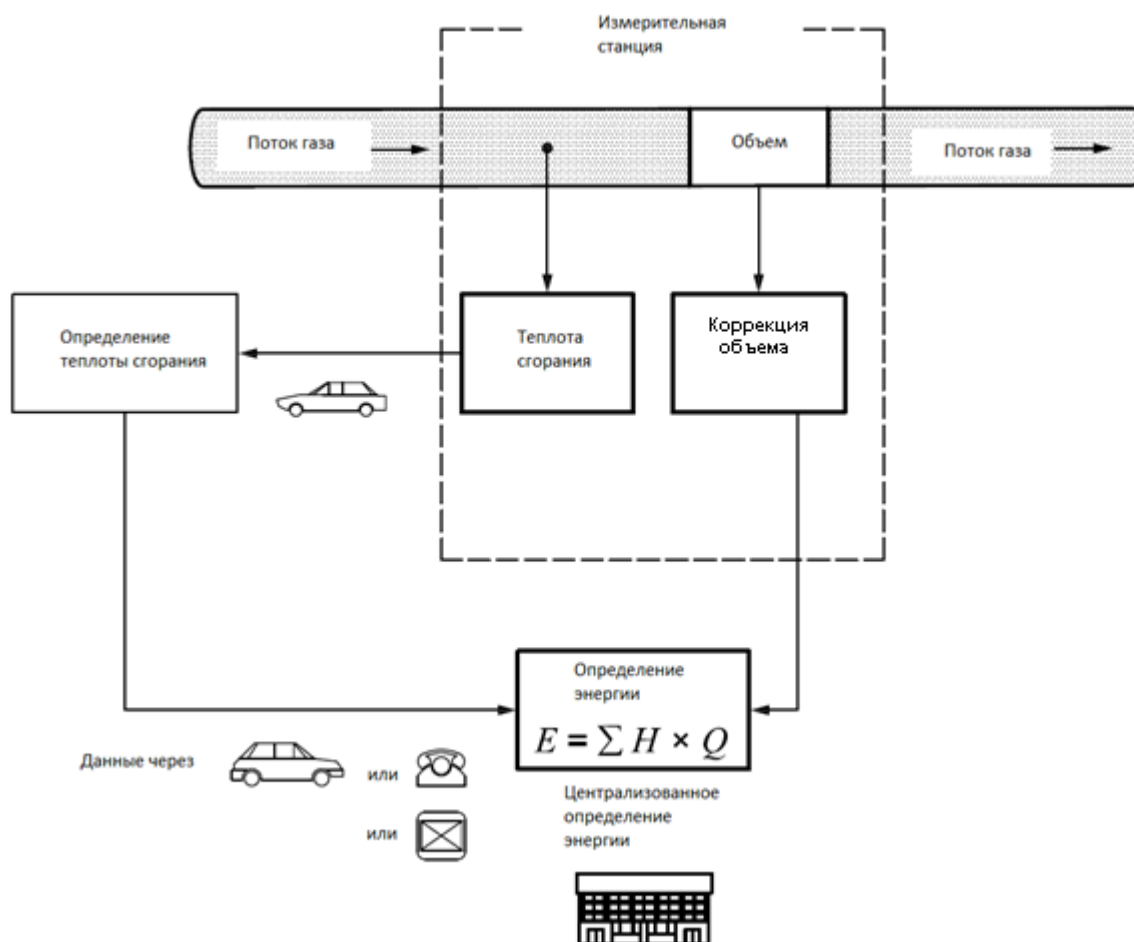


Рисунок 7 – Измерение теплоты сгорания в лаборатории с косвенным отбором проб газа в контейнеры

7.2.2.2 Измерение объема/массы газа и теплоты сгорания на разных газоизмерительных станциях

Так как объем газа измеряют в каждой точке передачи между сторонами контракта, наличие в каждой из этих точек средства измерений теплоты сгорания экономически неэффективно. Так, наиболее общим методом (особенно в протяженных системах газоснабжения) является приписывание представительной теплоты сгорания (см. раздел 8) данному объему газа. Теплоты сгорания, приписываемые данным пунктам приемки-передачи (точкам измерения объемов), являются величинами, измеряемыми в другом месте, либо величинами, сформированными из нескольких представительных измеренных величин (см. рисунок 8). Данные величины являются основой для определения энергии. Вид приписывания определяют с учетом расположения газоизмерительных станций и условиями потока газа (см. раздел 8).

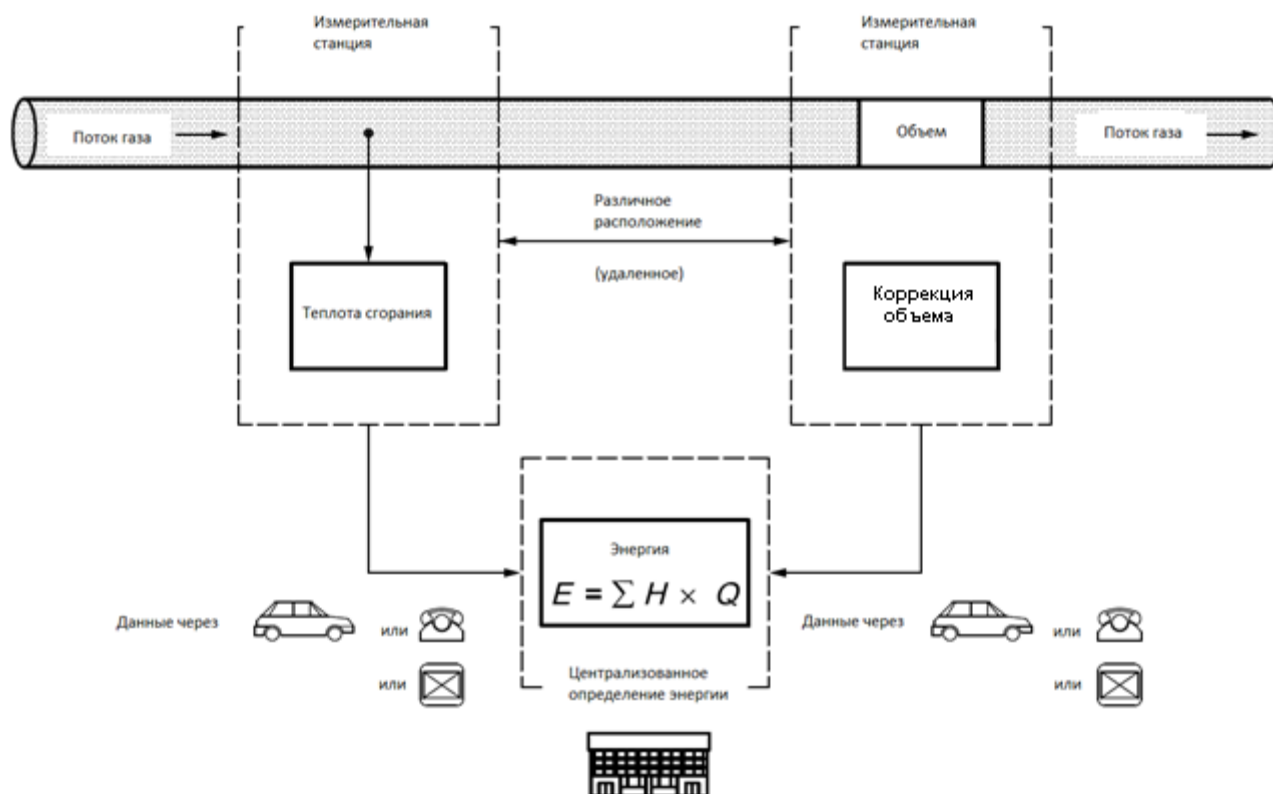


Рисунок 8 – Удаленное измерение теплоты сгорания (пример)

8 Методология и процедуры

8.1 Общие положения

Понятие «моделирование» в контексте настоящего стандарта охватывает требования к необходимой информации и методу ее получения для соответствия методологии определения энергии, принимая во внимание ожидаемые значения данных.

Определение энергии начинают с выбора оптимальной методологии ее проведения, за которой следует проверка данных измерений на достоверность. На следующем этапе следует приписывание значения теплоты сгорания и комбинирование данных (вычислительные процедуры). В заключение проводят процедуру контроля качества.

Схема определения энергии, включая «начальную» и «конечную» точки, показана на рисунке 9.

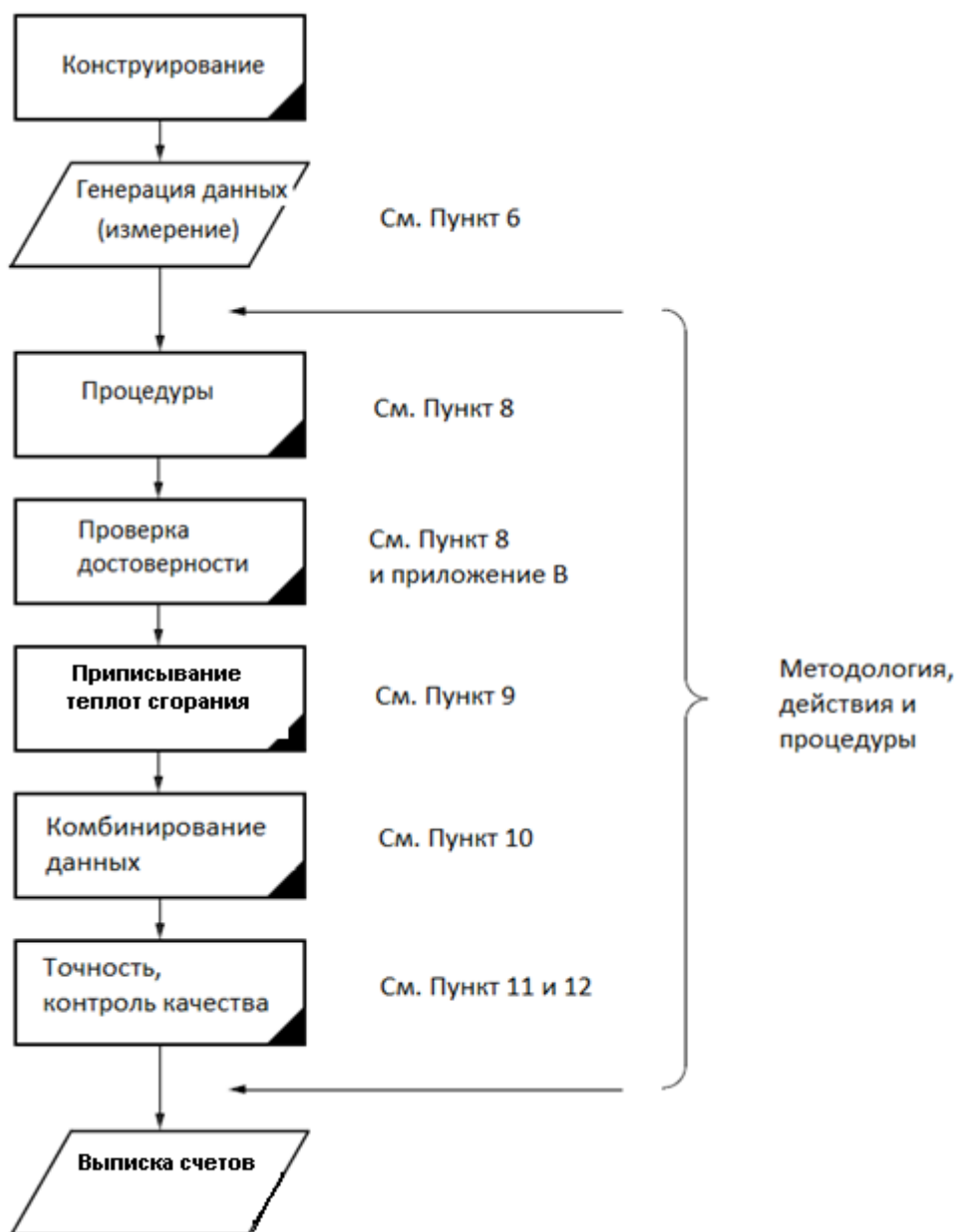


Рисунок 9 – Методология для косвенного определения энергии

В общем случае для определения энергии следует применять разработанную методологию с подходящими методами и процедурами, которые используют без внесения в них изменений. Они могут быть изменены только при гарантии, что точность результатов в результате изменений не ухудшится и если методы или процедуры более не применимы вследствие изменений расхода и/или качества газа.

Кроме того, может оказаться необходимым изменить применяемые методы/процедуры вследствие существенных изменений экономических условий.

Газоизмерительные системы не являются предметом рассмотрения настоящего стандарта. Однако, данные, генерируемые новыми системами или модифицированными устройствами, могут

быть как лучшего, так и худшего качества, чем первоначальные; что может приводить к изменениям в определении энергии.

8.2 Методология определения энергии

В отношении периодичности определения энергии необходимо, чтобы оптимальная методология определения энергии учитывала временные тенденции изменения теплоты сгорания в зависимости от ситуации со снабжением, и точность измеренных данных (т.е. необработанных данных) в определенном пункте приемки-передачи.

Учет изменений качества газа в пункте приемки-передачи – ключевой фактор в обосновании метода определения энергии и его точности, т.е. прослеживаемости определения теплоты сгорания для определенного пункта приемки-передачи.

Применения несоответствующей методологии определения энергии следует избегать, так как это может нанести ущерб сторонам (или одной из сторон) контракта. Это может произойти, например, при использовании непредставительной теплоты сгорания, или другой физической величины (например, плотности, содержания диоксида углерода) в таком пункте приемки-передачи, где измеряется лишь объем газа, или при использовании необработанных данных.

В общем случае, изменения качества газа зависят от ситуации с поставкой газа на заданный пункт приемки-передачи, что приводит к необходимости проверять из одного (см. рисунки 12, 13 и 15) или нескольких (см. рисунки 14 и 15) источников поступает газ на заданный пункт приемки-передачи.

Зачастую ситуация с поставками и потреблением газа согласно рисункам 14 и 15 значительно изменяет качество газа.

Так, изменения в дневной или месячной усредненной теплоте сгорания за расчетный период необходимо тщательно анализировать для принятия решения о его разбивке на более короткие периоды.

Изменения качества газа в течение дня обычно не ведут к разбиению этого интервала на часовые (см. приложение В).

8.2.1 Методология для единственного пункта приемки-передачи

8.2.1.1 Общие положения

Через пункты 1-3 обычно проходят большие количества газа (см. рисунки 3 и 4). Для пунктов 2 и 3 соответствующие величины теплоты сгорания могут быть определены непосредственно на месте (см. рисунки 6 и 7), на удалении (см. рисунок 8), и соответствующим методом приписывания или отслеживания качества (см. 9.3.3). О методе согласования между собой должны договариваться стороны контракта и региональные власти.

В тех точках сети, где измерения теплоты сгорания и другие важные показатели качества газа не могут быть выполнены по техническим и/или экономическим причинам, иногда проводят определение этих величин косвенным путем (см. 9.2, 9.3.1, 9.3.2 или 9.3.3).

8.2.1.2 Пункт приемки-передачи 1

Для вычисления объема при заданных условиях применяют методику пересчета объема с использованием рTZ-преобразования или по плотности при рабочих и стандартных условиях.

На этом пункте теплоту сгорания измеряют в потоковом режиме (см. 6.3).

В случае добычи газа из одной залежи, где не ожидается изменения состава газа в течение времени, потоковые измерения для определения теплоты сгорания могут оказаться необязательными. В этом случае теплоту сгорания рассчитывают по составу газа, определенного периодическим лабораторным анализом проб (см. Приложение J).

Тенденция изменения отдельных значений теплоты сгорания во времени относительно начальной теплоты сгорания оценивается статистически. Если эти величины превосходят оговоренный предел (например 0,5 %, см. Рисунок J.1 приложение J) со временем, метод измерения должен быть изменен с лабораторного на потоковый.

Применение указанного метода для определения теплоты сгорания должно учитывать зависимость состава поставляемого газа от типа установки подготовки газа. Определение коэффициента сжимаемости проводят по 6.4.4.

8.2.1.3 Пункт приемки-передачи 2

Вычисление объема при заданных условиях проводят по 8.2.1.2.

Определение теплоты сгорания для целей определения энергии проводят путем измерений по 6.3 или приписыванием (см. раздел 9)

8.2.1.4 Пункт приемки-передачи 3

Определение объема и теплоты сгорания для определения энергии проводят по 8.2.1.3. Пользователь настоящего стандарта должен учитывать, что метод и/или оборудование для определения теплоты сгорания в пункте 3 и далее в разных странах могут отличаться.

8.2.1.5 Пункт приемки-передачи 4

В пункте 4 измерения теплоты сгорания и других свойств газа обычно не проводят по техническим и/или экономическим причинам. Для данного пункта необходимо использовать метод приписывания (см. раздел 9).

Перед тем, как газ пройдет через средство измерения, выше по потоку газа должно быть гарантировано стабильное давление с помощью регулятора газа. Местная газораспределительная компания определяет процедуры установки надлежащих температуры и давления, используемых

для целей определения энергии, принимая во внимание давление окружающей среды. Вследствие низкого давления коэффициент сжимаемости не вычисляется и устанавливается равным 1.

Для данного пункта может применяться заявленная или приписанная теплота сгорания, с использованием теплоты сгорания, определенной выше по потоку в пункте 3.

Если ожидаются лишь незначительные изменения в качестве газа (см. рисунок В.1 приложения В), рекомендуется использовать исключительно только заявленную теплоту сгорания для годовых периодов определения энергии. Заявленная теплота сгорания устанавливается местной газораспределительной компанией как фиксированная величина из расчета теплоты сгорания за предыдущие 12 месяцев (Рисунок В.1 приложения В). В течение периода определения энергии местная газораспределительная компания регулярно контролирует теплоту сгорания выше по потоку в пункте 3, откуда газ поступает в пункт 4.

Если разница между заявленной теплотой сгорания и теплотой сгорания, определенной выше по потоку в пункте 3 больше, чем допустимая разность (предположим, 1 %), например, если измеренная теплота сгорания сильно изменяется (см. рисунки В.2 и В.3 приложения В), эти измеренные теплоты сгорания должны быть приписаны соответствующему периоду определения энергии. Например, на рисунке В.2 теплота сгорания H_{S1} должна быть приписаны для целей определения энергии в периоды времени t_1 и t_2 , и теплота сгорания H_{S2} —в период времени t_3 .

Для обеспечения приемлемой точности процесса определения энергии для этих потребителей, нужно делать различие между газовой сетью без подачи газа другого качества и газовой сетью с подачей газа различного качества (открытой сетью).

8.2.1.6 Пункт приемки-передачи 4 в газовой сети без подачи газа другого качества

Если газы с различными теплотами сгорания присутствуют отдельно в различных газовых сетях и не происходит никакого смешивания этих газов, то теплоту сгорания, измеренную или определенную в пункте 3, принимают за основу при определении энергии в пункте 4, как изложено ниже.

Среднее значение теплоты сгорания вычисляют либо арифметически, либо на основе почасового объемного или массового определения количества вещества, способом, описанным в 9.2.

На первом этапе, в конце каждого дня, или другого интервала в пределах периода определения энергии, количество энергии в газе, прошедшем пункт 3, вычисляют усреднением измеренных/определенных индивидуальных теплот сгорания (см. уравнение (6)) и умножением данной усредненной теплоты сгорания на объем или массу газа, прошедшего через пункт 3 в течение того же временного интервала (см. уравнение (7)) способом, описанным ниже.

Для этого индивидуальные значения теплоты сгорания в пределах одного часа усредняют с использованием уравнения (6) и получают «величины теплот сгорания с почасовым усреднением».

Значения теплот сгорания с почасовым усреднением применяют для вычисления ежедневной усредненной теплоты сгорания с использованием уравнения (6) или усреднения с учетом веса каждого члена по уравнению (8).

Затем полученную ежедневную усредненную теплоту сгорания умножают на объем или массу газа, прошедшего через пункт 3 в течение того же дня.

На втором этапе в конце периода определения энергии, количество энергии для всех интервалов времени следует просуммировать и разделить на сумму всех объемов/масс газа по всем временным интервалам данного периода определения энергии (см. уравнение (8)).

Полученную усредненную теплоту сгорания применяют для вычисления энергии на любом пункте 4 сети (подробная информация содержится в 9.1). Практические примеры приведены в Приложении F.

8.2.1.7 Пункт приемки-передачи 4 в газовой сети с подачей газа различного качества

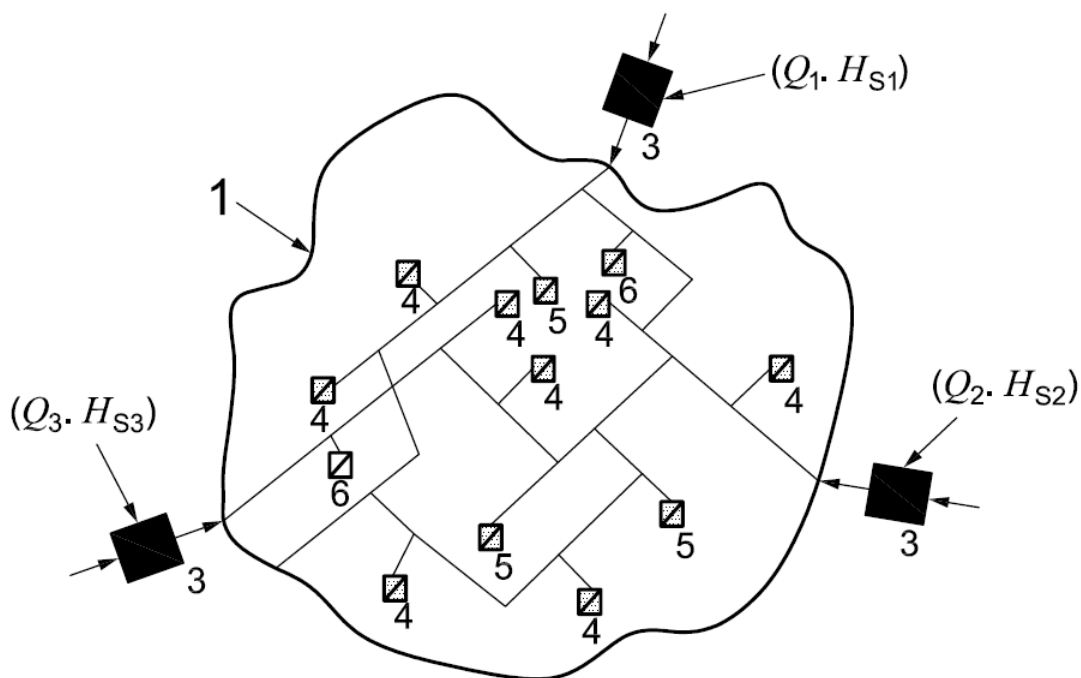
Если конечные потребители в пункте 4 снабжаются через несколько пунктов 3 газом различного качества, то теплоты сгорания, определенные на всех этих пунктах 3 являются значимыми..

Если в этих пунктах теплота сгорания изменяется со временем, то обычно невозможно провести ее измерение в каждом пункте 4 вследствие экономических причин, даже если, из-за местных условий (сложная топология, низкое давление), ситуация с поставками остается неопределенной. В большинстве случаев, вследствие относительно малого количества газа на этих пунктах технические измерения, такие как отбор проб, измерение теплоты сгорания, воспроизведение состояния и т.д., не могут обычно рассматриваться как средство повышения точности.

Если газы с различным качеством поступают в газовую сеть на нескольких пунктах 3, то теплоты сгорания на пунктах 4 вычисляют арифметическим усреднением величин теплот сгорания (см. 9.3.1) или с помощью следующей процедуры:

- сначала для каждого пункта 3 вычисляют количество энергии для каждого периода в соответствии с 8.2.1.6;
- количества энергии по всем пунктам 3 затем суммируются и делятся на сумму всех объемов или масс газа на всех пунктах 3 за этот период, что дает средневзвешенную теплоту сгорания для сети за этот период;
- если ни одна из средневзвешенных теплот сгорания на любом пункте 3 не отличается от средневзвешенной теплоты сгорания для сети более, чем на допустимое значение, тогда средне-

взвешенное значение теплоты сгорания для сети принимают для вычисления энергии в каждом пункте 4. Практический пример показан на рисунке 10.



1 – область загрузки; 3-6 – пункты приемки-передачи

Рисунок 10 – Определение средневзвешенной теплоты сгорания (пример)

На рисунке 10 область загрузки, где проводят определение энергии, снабжается на входе в пункты 3 различным газом в количествах Q_1 , Q_2 и Q_3 с соответствующими теплотами сгорания H_{S1} , H_{S2} и H_{S3} . Данные величины теплот сгорания были либо измерены на точках входа, либо определены выше по потоку в пунктах 1 или 2, и приписаны значениям в пункте 3 в соответствии с разделом 9. Затем усредненную теплоту сгорания H для целей определения энергии в области загрузки рассчитывают по 8.2.1.6.

Для пунктов 5 и 6 для целей определения энергии используют усредненную теплоту сгорания, либо измеряют ее в данных пунктах индивидуально. В последнем случае, процедура определения энергии для всех других пунктов должна учитывать количества энергии, определенные индивидуально по измеренной теплоте сгорания в пунктах 5 и 6.

Если отклонения результатов измерений превышают допустимые пределы, уполномоченные органы должны быть проинформированы о величине этих отклонений и проведенных мероприятиях. Передача информации уполномоченным органам не обязательна, если отклонения, например, вызванные мерами обеспечения газоснабжения происходят крайне редко и не превышают одной недели.

При наличии возможности обеспечения процесса определения энергии с достаточной точностью (см. 8.2.1.5), следует применять способ арифметического усреднения теплоты сгорания. Если разница между средневзвешенной теплотой сгорания в пункте 3 и средневзвешенной теплотой сгорания в области загрузки превышает допустимое значение вследствие сильного изменения качества газа в пунктах 3, то внутри области загрузки могут быть предприняты дополнительные меры. Данные меры необходимы для определения представительной теплоты сгорания для одной части трубопроводной системы настолько представительно, насколько это возможно. Этого достигают, например, используя отбора проб с последующим анализом Q_1 , Q_2 и Q_3 , и вычисленные или измеренные объемы отбора газа в последующих пунктах от четвертого до шестого. В данных случаях, различные средние теплоты сгорания могут быть вычислены для различных частей системы определения энергии с использованием теплот сгорания в каждой входной точке пунктов и измеренных теплот сгорания в отобранных пробах. Подробная информация приведена в 9.2.

8.2.1.8 Пункт приемки-передачи 5

Для промышленных потребителей (пункт 5) соответствующую теплоту сгорания определяет либо выше по потоку газотранспортная компания, либо местная газораспределительная компания. Вследствие больших количеств газа и по экономическим соображениям, соответствующую теплоту сгорания для последующего распределения также достаточно часто определяют в этом пункте. В соответствии с количествами газа и его давлением определение энергии в пункте 5 проводят так же, как в пунктах с первого по четвертый (см. 8.2.1.7).

8.2.1.9 Пункт приемки-передачи 6

Требования к данному пункту аналогичны требованиям к пункту 4. Подробная информация приведена в 8.2.1.7.

8.3 Проверки достоверности

Первый шаг для определения энергии – это проверка на достоверность измеренных, переданных или зарегистрированных данных. Недостоверные данные могут формироваться, например, при:

- неисправности средства измерений,
- внешних воздействиях, например, электромагнитных помех в линиях связи,
- поломке записывающей аппаратуры, и т.д.

Также необходимо тщательно рассмотреть другие возможные причины получения недостоверных данных.

Алгоритм, приведенный на рисунке 11, демонстрирует проведение формальной проверки достоверности. Если объемный поток равен нулю, то это необходимо проверить. Если поток присутствует, а расходомер показывает нулевое значение, то очевидно, что расходомер или связанное

с ним устройство неисправно. Очевидно, что неверные данные не должны быть использованы. Для неверных или отсутствующих данных должны быть определены подходящие замещающие величины (см. 12.4).

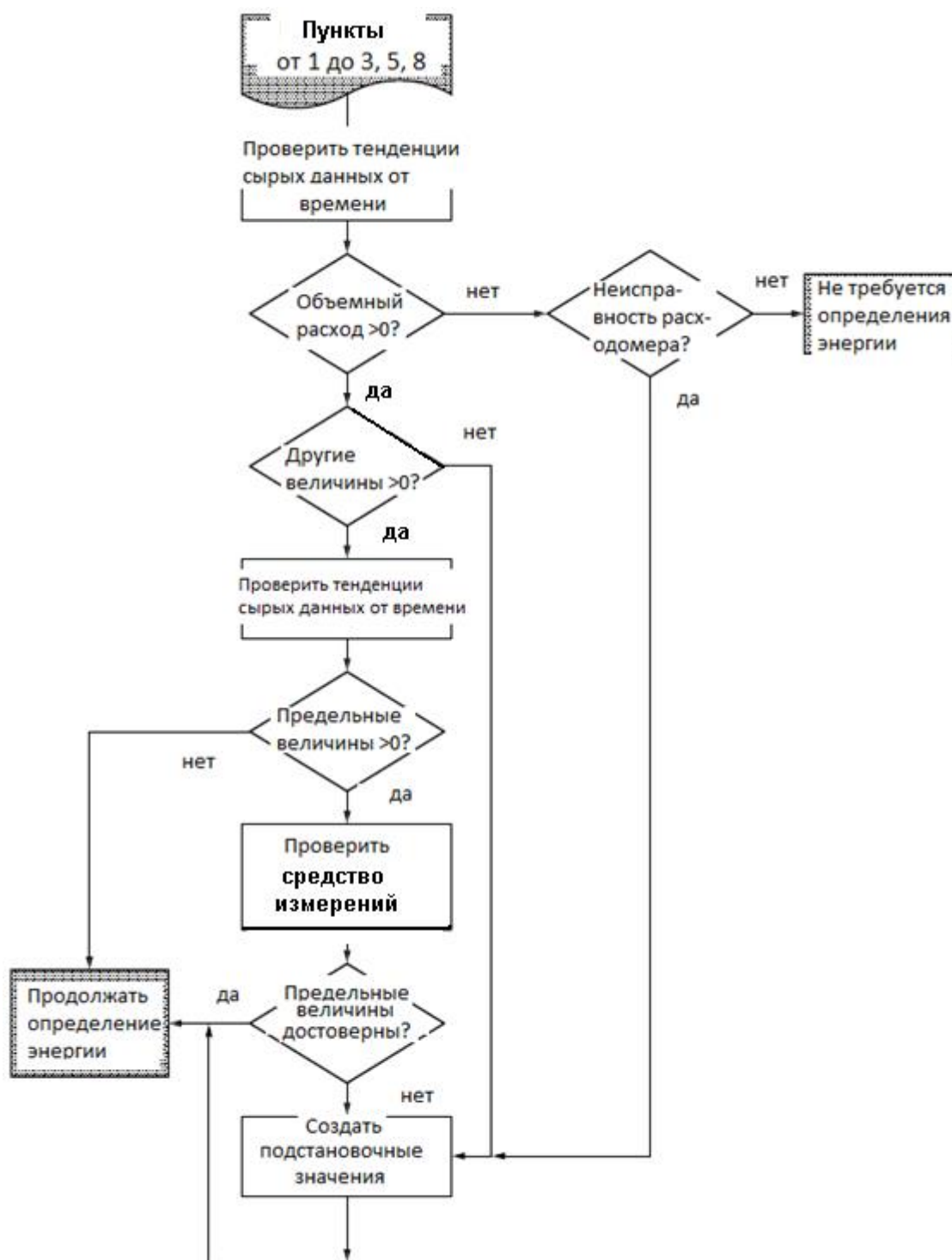


Рисунок 11 – Проверка достоверности данных

Фигура «другие величины» (см. рисунок 11) обозначает свойства газа, такие как давление, p , температура, T , плотность или другие. Фигура «экстремальные значения» означает, что измеренные величины находятся на границе допустимых значений. Практический пример показан в приложении Н.

9 Методы присваивания

9.1 Фиксированное присваивание

Фиксированное присваивание теплоты сгорания в пределах области загрузки для периодов определения энергии, в общем случае, проводят в простых изолированных сетях, при соблюдении следующих условий:

- направление газового потока между точками измерения теплоты сгорания и объема постоянно;
- изменения в качестве газа и время транспортировки газа между точками измерения теплоты сгорания и измерения количества газа достаточно малы (см. 10.4 и рисунок В.1 приложения В) за данный период изменения энергии. Допускается использовать раздел 11 для проверки возможности достижения требуемой точности.

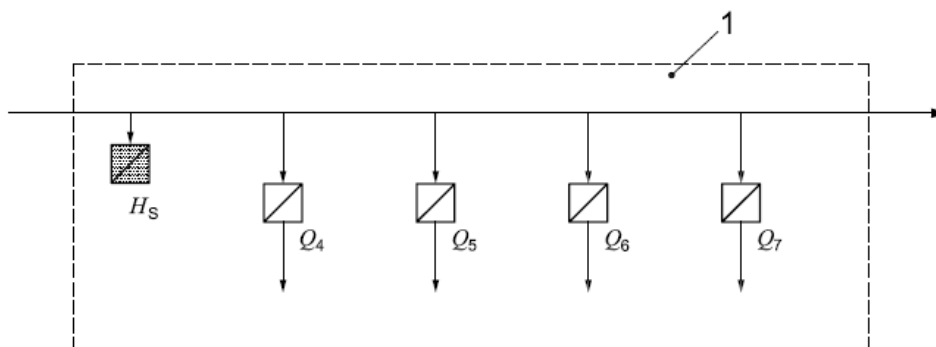
Допускается использование методов, описанных в 9.1.1 и в 9.1.2.

9.1.1 Фиксированное присваивание измеренной теплоты сгорания

Теплота сгорания измеряется на узле измерения теплоты сгорания. Данные показывают, что изменение качества газа очень мало (см. рисунок В.1 приложения В). В этом случае оправдано присваивание предварительно измеренной теплоты сгорания как фиксированной величины всем последующим пунктам. Присвоение величины, полученной на одном узле измерения теплоты сгорания, может быть продемонстрировано в следующем примере.

На рисунке 12 приведен единственный источник газа, теплота сгорания H_s которого определена в точке входа в газопровод, управляемый газотранспортной/региональной газораспределительной компанией и который питает ряд пунктов приемки-передачи газопровода. Теплота сгорания, присваиваемая по всем пунктам, является теплотой сгорания в точке входа и не модифицируется для отражения различных времен прохождения газа до различных пунктов.

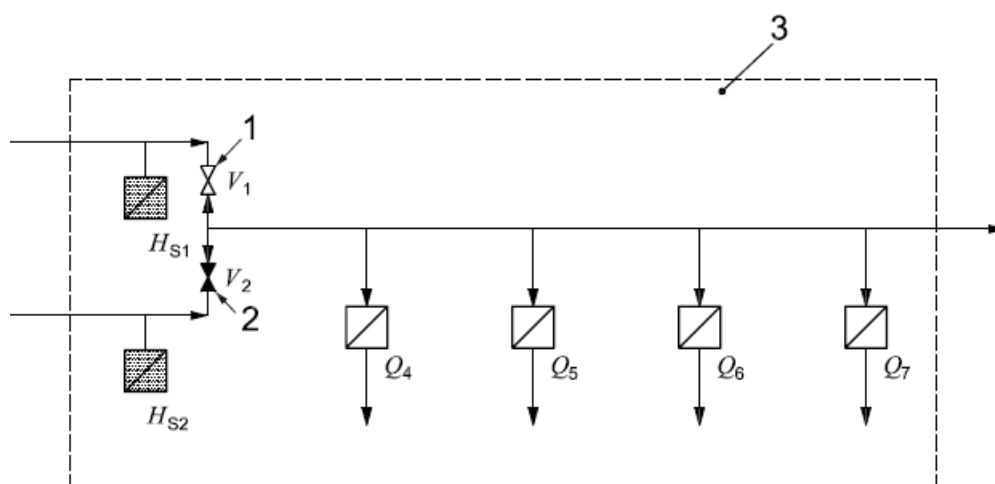
Присваивание величины, полученной на двух или более узлах измерения теплоты сгорания может быть продемонстрировано в следующем примере.



1 – сеть определения энергии; H_S , Q_4 , Q_5 , Q_6 и Q_7 – пункты приемки-передачи

Рисунок 12 – Пример фиксированного приписывания для газа одного качества: поток газа в одном направлении

На рисунке 13 приведена система, в которой газотранспортная компания имеет возможность использования двух видов газа, поступающего в газопровод. Теплоты сгорания каждого газа, H_{S1} и H_{S2} , определяют выше по потоку от точки входа в трубопровод, а ниже по потоку от точки входа не производится никаких измерений теплоты сгорания.



1, 2 – клапаны; 3 – сеть определения энергии; H_{S1} , H_{S2} , Q_4 , Q_5 , Q_6 и Q_7 – пункты приемки-передачи

Рисунок 13 – Пример фиксированного присваивания для двух газов определенного качества: поток газа в одном направлении

Газотранспортная компания принимает решение об использовании фиксированного присвоения от одной или другой точки определения теплоты сгорания на основании следующего:

- постоянное снабжение гарантировано в любое время от одного источника;
- поставка газа с величинами, отличными от H_{S1} и H_{S2} , приводящая к образованию смеси с теплотой сгорания, отличной от H_{S1} и H_{S2} , исключена (два клапана никогда не открывают одновременно),
- период поставки каждого из этих различных газов регистрируется;

- для целей присваивания используют теплоту сгорания либо H_{S1} либо H_{S2} , соответствующую тому же периоду снабжения, для последующих пунктов.

9.1.2 Фиксированное присваивание заявленной теплоты сгорания

Данную теплоту сгорания подразумевают достаточно постоянной в течение периода определения энергии и измеряют для контрольных целей на узле измерения теплоты сгорания. Полученные данные при этом подтверждают, что изменения качества газа очень малы (см. рисунок В.1 приложения В). При соблюдении указанных выше условий оправданно заявляют теплоту сгорания и присваивают ее всем последующим пунктам.

Например, местная газораспределительная компания управляет газовой сетью, снабжающей различных потребителей (бытовых, коммерческих, а также небольших промышленных). Имеется два входных пункта приемки-передачи в газовую сеть, которая снабжается газом из единого газопровода. Теплота сгорания газа, проходящего по газопроводу, имеет незначительные колебания, кроме периодов пикового потребления в течение зимы, когда теплота сгорания может подниматься на величину до 1 % выше среднего значения.

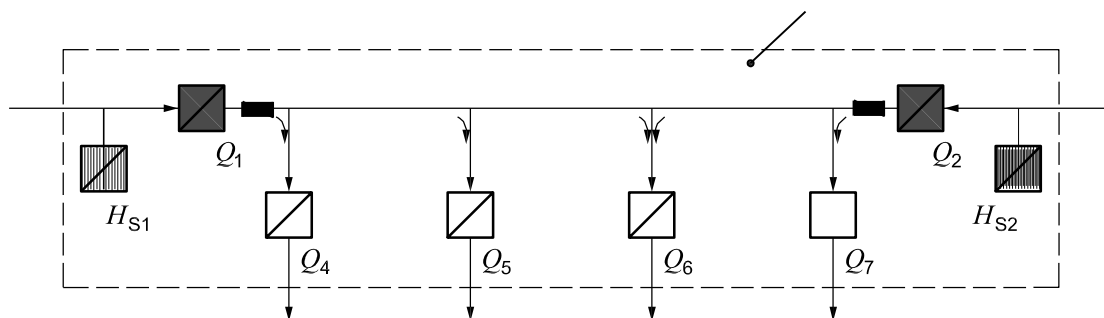
Местная газораспределительная компания использует фиксированное присваивание заявленной теплоты сгорания для всех пунктов в газовой сети на определенный период времени таким образом, что:

- определенная теплота сгорания поставляемого потребителям газа, в среднем, равна или выше заявленной теплоты сгорания (на величину до 0,1 МДж/м³);
- средняя теплота сгорания поставляемого потребителям газа вычислена усреднением для каждого дня заявленного периода;
- теплоты сгорания всех газов, входящих в сеть, определяют на ежедневной основе;
- если, для любого периода определенная теплота сгорания ниже заявленной величины – компания пересматривает заявленную величину на следующий период таким образом, что в течение двух периодов определенная величина равна или выше усредненной заявленной величине.

9.2 Переменное присваивание

Качество газа в пункте приемки-передачи может значительно изменяться с течением времени, особенно в открытых газовых сетях (см. рисунок В.3 приложения В). В этом случае требования для фиксированного присваивания более не применимы, и необходимо адаптировать метод присваивания/вычисления, таким образом, чтобы он стал пригодным для этих, изменяемых со временем, условий. Выбор подходящего метода присваивания изменяют в соответствии с изменениями количества газа на входных пунктах, а также с изменениями структуры потребления в последующих пунктах. Таким образом, для переменного присваивания следует применять тщательно выбранную процедуру. Существует две различных ситуации, описанные в 9.2.1 и 9.2.2.

9.2.1 Ввод газа в двух или более пунктах с плавающей нулевой точкой

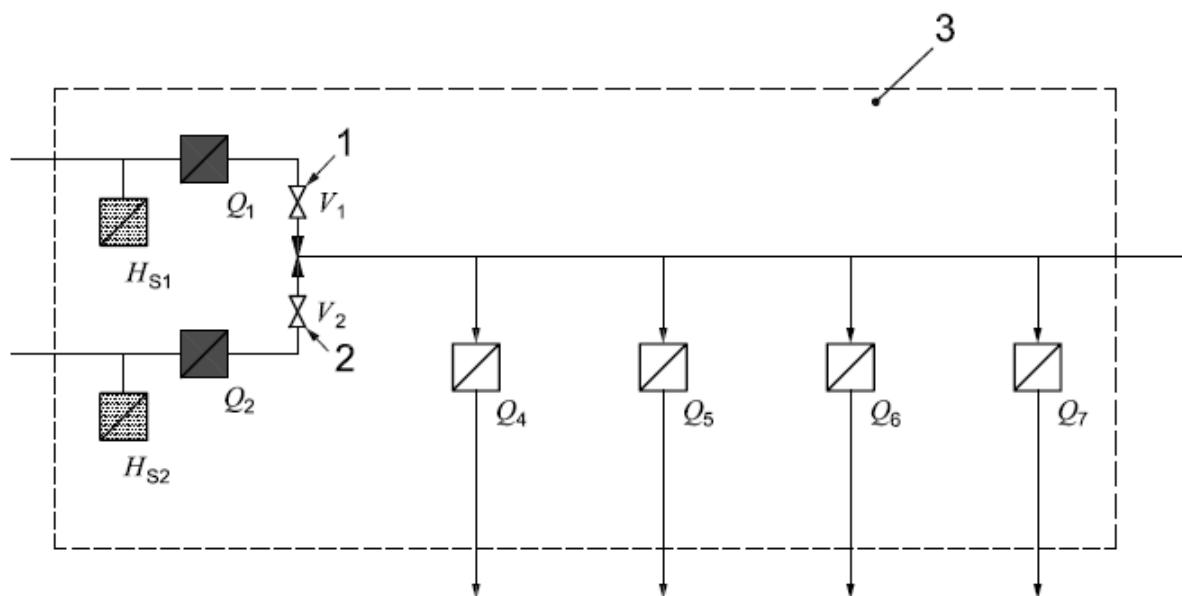


1 – сеть определения энергии; H_{S1} , H_{S2} , Q_1 , Q_2 , Q_4 , Q_5 , Q_6 и Q_7 – пункты приемки-передачи

Рисунок 14 – Переменное присваивание:

пример для двух газов разного качества и двунаправленных газовых потоков

Например, на период определения энергии (см. рисунок В.3 приложения В), как показано на рисунке 14, количества газа разного качества проходят через пункты 1 и 2 (входные пункты). Определенная плавающая нулевая точка может быть расположена между двумя пунктами (например, между двумя соседними пунктами, или между входным пунктом и соседним пунктом). В соответствии со структурой отбора газа на пунктах 4-7, газ с теплотой сгорания H_{S1} может снабжать пункты 4 и 5, в то время как газ с теплотой сгорания H_{S2} может снабжать пункт 7. Смесь газов от пунктов 1 и 2 может проходить через пункт 6.



1,2 – клапаны; 3 – сеть определения энергии; H_{S1} , H_{S2} , Q_1 , Q_2 , Q_4 , Q_5 , Q_6 и Q_7 – пункты

Рисунок 15 – Переменное присваивание: пример для двух газов разного качества и газового потока одного направления

Поэтому теплота сгорания H_{S1} может быть присвоена пунктам 4 и 5, а теплота сгорания H_{S2} может быть присвоена пункту 7. Для пункта 6, представительная теплота сгорания может быть либо измерена в этом пункте, либо определена с учетом парциальных количеств Q_1 на пункте 1 и Q_2 на пункте 2 и теплот сгорания H_{S1} и H_{S2} с использованием потокового или арифметического усреднения (см. 10.2.2). Нулевой поток в главном газопроводе может находиться на пунктах 4-7, либо между ними.

Для периода, в течение которого плавающая нулевая точка имеет фиксированное положение в сети, теплоты сгорания могут быть присвоены каждому пункту на основе газовых потоков от входных до рассматриваемых пунктов.

9.2.2 Ввод газа в два или более пункта со смешивающимися газовыми потоками

Например, в течение периода определения энергии измерено количество Q_1 на пункте 1 с теплотой сгорания H_{S1} и количество Q_2 на пункте 2 с теплотой сгорания H_{S2} . Эти две теплоты сгорания всегда отличны друг от друга и могут также изменяться в течение периода определения энергии. Вследствие подобного присваивания теплот сгорания пунктам от четвертого до седьмого, схема результирующей теплоты сгорания для каждого из этих пунктов схожа, например, с показанной на рисунке В.3 приложения В, при этом ее можно определять на пункте 4.

Если узлы измерения теплоты сгорания H_{S1} и H_{S2} находятся далеко от пунктов Q_4 - Q_7 , время прохождения газа от узлов H_{S1} и H_{S2} до пунктов Q_4 - Q_7 должно быть дополнительно учтено, так как это время может составлять часы или дни. Вычисления проводят по количествам Q_4 - Q_7 , соответствующим давлениям и площадям сечения газопроводов, а также объемам газа, необходимого для заполнения газопровода.

Средневзвешенные теплоты сгорания необходимо вычислять в точках смешения после клапана 1 и клапана 2 для количеств газа от Q_4 до Q_7 , поставленных в соответствующие пункты в период определения энергии, принимая во внимание время прохождения газа от узлов измерения теплот сгорания H_{S1} и H_{S2} до точки смешения.

9.3 Определение представительной теплоты сгорания

Точность определения представительной теплоты сгорания зависит от точности и полноты данных, а также от топологии газовой сети. Для определения теплоты сгорания в точке смешения теплоту сгорания вычисляют, используя количество и качество газа. Для получения представительной теплоты сгорания учитывают время прохождения газа от входного пункта до точки смешения, а также время прохождения газа до последующих пунктов. Для определения представительной теплоты сгорания на период определения теплоты на каждом пункте, во всех случаях, кроме случая фиксированного присваивания, могут использоваться методы, приведенные в 9.3.1, 9.3.2 и 9.3.3.

9.3.1 Арифметически усредненная теплота сгорания

На входном пункте арифметически вычисляют среднюю теплоту сгорания на период определения энергии путем деления суммы единичных периодических измерений теплоты сгорания на входном пункте на количество измерений теплоты сгорания (см. 10.2.1).

9.3.2 Средневзвешенная теплота сгорания

На входном пункте вычисляют средневзвешенную теплоту сгорания на период определения энергии для ее использования на последующих пунктах (см. 10.2.2).

9.3.3 Отслеживание качества

Данный специальный метод присваивания включает определение свойств газа в любом месте газопровода или сети газопроводов с помощью сеточного моделирования или воспроизведения состояния, основываясь на свойствах газа, определенных на всех точках его подачи в газопровод(ы).

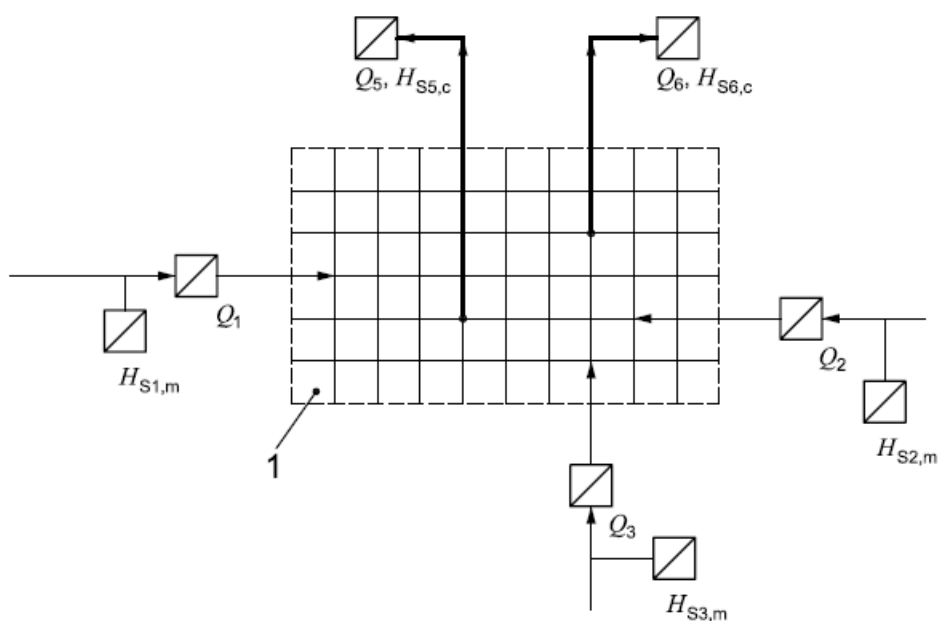
Целью отслеживание качества газа является получение информации о качестве газа в тех местах газопровода или сети, где не установлены приборы контроля качества газа.

Точность определения представительной теплоты сгорания зависит от точности и полноты данных, топологии газовой сети, а также от качества математической модели.

9.3.3.1 Воспроизведение состояния теплот сгорания

Воспроизведение состояния теплот сгорания включает в себя вычисление их в удаленном режиме по набору соответствующих давлений и расходов газа в реальном газопроводе или сети газопроводов на основе полной топологии, проверенных измеренных величин скоростей потока в точках подачи и потребления газа, а также давлений и температур, и, возможно, дополнительных измерений, в различных точках газопровода с использованием подходящей динамической математической модели.

Целью воспроизведения состояния является сбор информации о реальных состояниях потоков в газопроводе или сети. Поэтому результаты работы систем определения качества газа на основе воспроизведения состояния могут быть использованы для целей коммерческих расчетов. В этом случае, работа такой системы отслеживания качества должна проверяться дополнительными контрольными измерениями в подходящих местах газопровода. На рисунке 16, схематически показана сеть с большим количеством пунктов приемки (пункты 5 и 6 - два примера таких пунктов). Обозначения H_{S1} - H_{S3} – измеренные теплоты сгорания газа полученные из различных источников, соответственно, в количествах Q_1 - Q_3 , а H_{S5} и H_{S6} – вычисленные теплоты сгорания газа на принимающих пунктах в количествах, соответственно, Q_5 и Q_6 .



1 – модель сети газопроводов; Q_1, Q_2, Q_3, Q_5, Q_6 – пункты

Рисунок 16 – Пример схемы отслеживания качества газа на основе воспроизведения состояния

9.3.3.2 Сеточное моделирование

В сеточном моделировании также вычисляется теплота сгорания для любой точки в газопроводе или сети газопроводов, но вследствие того, что данные (топология, теплоты сгорания, потоки, давления и температуры) являются лишь непроверенными данными, полученными в реальном времени, или даже предполагаемыми величинами, результаты обычно неточны, и, поэтому, непригодны для целей коммерческих расчетов.

Чтобы избежать путаницы, термин «сеточное моделирование» не следует использовать как синоним выражения «восстановление состояния».

10 Расчет количества энергии

10.1 Общие уравнения для расчета энергии

В соответствии с рисунком 2 определение энергии прошедшего газа основано на величинах, изменяющихся во времени:

- текущий расход – $q(t)$;
- текущая теплота сгорания – $H(t)$.

Поток энергии $e(t)$ рассчитывают по дифференциальному уравнению

$$e(t) = H(t) \cdot q(t). \quad (1)$$

Количество энергии, $E(t_j)$ протекающее за период времени от t_0 до t_j (например, в пределах периода определения энергии; см. рисунки от В.1 до В.3 приложения В) вычисляют интегрированием уравнения (1) по времени от t_0 до t_j и дает $E(t_j)$, как в уравнении

$$E(t_j) = \int_{t_0}^{t_j} e(t) dt = \int_{t_0}^{t_j} H(t) \cdot q(t) dt. \quad (2)$$

П р и м е ч а н и е – Например, если поток газа измеряется в течение 24 часов, или одного дня, $E(t_j)$ обозначают $E(24)$, что соответствует количеству энергии за этот период.

Кратчайший период времени определения энергии для коммерческих расчетов равен одному часу, или кратный ему (например, дни, недели, месяцы, один год).

Для определения энергии в течение одного часа возможно применение следующих процедур (см. также 7.2.2.1 и 7.2.2.2):

- перемножение вычисленного объема при заданных условиях измерения и усредненной вычисленной теплоты сгорания за тот же час;
- определение энергии непосредственно в преобразователе объема с использованием фактических измеренных величин для вычисления энергии на основе вычисления Q_f и H_f , с последующим суммированием этих отдельных количеств энергии в течение одного часа.

Соответствующие величины для часа могут быть впоследствии просуммированы для получения величин за день, месяц или год по уравнениям, приведенным ниже:

Малый промежуток времени Δt выбирают таким образом, что теплота сгорания, $H(t)$, может быть принята за постоянную величину H_{const} . На практике H_{const} совпадает с результатом, выдаваемым измерительным прибором, который периодически определяет и регистрирует последнюю измеренную величину между циклами измерения.

Для упрощения процесса период от t_0 до t_j делится на j интервалов времени, чтобы обеспечить выполнение допущения, принятого в уравнении

$$E(t_j) = H_{const,1} \int_{t_0}^{t_1} q(t) dt + H_{const,2} \int_{t_1}^{t_2} q(t) dt + \dots + H_{const,j} \int_{t_{j-1}}^{t_j} q(t) dt. \quad (3)$$

Интегралы в уравнении (3), соответствующие переданному количеству газа, Q за соответствующие интервалы времени Δt , могут быть вычислены интегрированием фактического расхода газа по времени, t , как показано уравнением

$$Q(t) = \int q(t). \quad (4)$$

На практике, однако, измерительные системы выдают количество, Q , напрямую, как результат измерений.

Таким образом, уравнение (4) может быть преобразовано в уравнение

$$E(t_j) = \sum_{m=1}^j E_m = (H_{const,1} \times Q_1) + (H_{const,2} \times Q_2) + \dots + (H_{const,j} \times Q_j) = \sum_{m=1}^j (H_{const,m} \times Q_m) \quad (5)$$

Уравнение (5) может использоваться для любого периода определения энергии, т.е. от 1 часа до дней или месяцев.

Среднемесячные значения могут быть получены вычислением, к примеру, с помощью средних значений за сутки.

Практическое применение последовательного определения энергии приведено в приложении D.

10.2 Вычисление усредненных величин с помощью средних теплот сгорания и суммарных объемов

В случае, когда теплота сгорания постоянна в интервале от t_0 до t_n (см. рисунок В.1 приложения В), никаких специальных вычислений не проводят; если теплота сгорания изменяется в указанном интервале, то используют процедуры для вычисления подходящей теплоты сгорания, описанные в 10.2.1 и 10.2.2 (см. Рисунки В.2 и В.3 приложения В).

9.2.1 Арифметическое усреднение теплоты сгорания

На практике, теплота сгорания часто измеряется в представительной точке газопроводной сети и распространяется на газоизмерительные станции, расположенные в других точках. Таким образом, среднее арифметическое значение теплоты сгорания, H_{arith} определяют из n отдельных измерений, по уравнению

$$H_{arith} = \sum_{m=1}^j (H_m / j). \quad (6)$$

Уравнение (6) может быть упрощено, если отдельные величины, $H_{const,m}$ близки к среднему арифметическому значению, H_{arith} , как показано в уравнении

$$E = H_{arith} \times Q. \quad (7)$$

10.2.2 Количественно-весовое усреднение теплоты сгорания

Если энергия количества газа, переданного за интервал времени от t_0 до t_n зависит от количества газа, $Q(t_n)$, которое было передано за тот же период, то так называемое «количественно-весовое усреднение теплоты сгорания» проводят по следующему уравнению с учетом уравнения (5)

$$H(t_j) = \frac{E(t_j)}{Q(t_j)} = \sum_{m=1}^j H_{\text{const},m} \times Q_m / \sum_{m=1}^j Q_m. \quad (8)$$

Каждое из j отдельных теплот сгорания, $H_{\text{const}, m}$, имеет вес в зависимости от соответствующего количества Q_m . Практическое применение приведено в приложении F.

10.3 Пересчет объемов и пересчет объем-масса

Если данные о качестве газа должны быть использованы для целей пересчета в пунктах приемки-передачи, то необходимо, чтобы эти данные были связаны с газом, проходящим через эти пункты, то есть измерены на соответствующих узлах определения теплоты сгорания. Если теплота сгорания выражена в единицах объема, а количество газа измерено в единицах массы, то теплота сгорания должна быть переведена из объемных величин в массовые. Общее описание приведено в приложении С. Практические примеры пересчета объема и объема-массы на основе физических свойств и на основе состава приведены в Е.1 и Е.2 приложения Е, соответственно.

10.4 Определение энергии на базе заявленной теплоты сгорания

Для практичного и простого определения энергии, в основном, в пункте 4, но также в пунктах 5 и 6 (см. рисунки 3 и 4), заявляют теплоту сгорания в пределах периода определения энергии для области загрузки с различными пунктами. Перед применением процедуры определения энергии необходимо с помощью количественно-вещного усреднения определить заявленную теплоту сгорания. Например, если в качестве периода определения энергии выбран один год, то теплоту сгорания для каждого месяца определяют как арифметическое или средневзвешенное значение. В начале каждого месяца, для которого определяют энергию, устанавливают средневзвешенное годовое среднее на основе данных за последние 12 месяцев, учитывая ежемесячный отбор определенного количества газа соответствующим потребителем (потребителями).

Для более длинных периодов определения энергии, месяц, в который проводилось определение энергии, не учитывают при расчете среднего значения.

В случае, если период определения энергии равен одному году, заявленную теплоту сгорания определяет местная газораспределительная компания. Разницу между заявленной теплотой сгорания и фактическим средним следует оценивать ежегодно. Если разница составляет более 1 %, в качестве теплоты сгорания следует принимать фактическое среднее значение. Важно, чтобы в течение длительного времени не наблюдалось существенного смещения между заявленной и вычисленной средней теплотами сгорания.

Практический пример приведен в приложении В.

11 Точность определения энергии

11.1 Точность

11.1.1 Точность определения количества энергии в газе, прошедшем через заданный пункт, определяется по неопределенностям и смещениям.

11.1.2 Источниками неопределенности являются:

- неопределенности измерений количества газа и теплоты сгорания, рассчитанные при определении энергии;
- непостоянство измеряемого параметра (особенную важность этот источник неопределенностей приобретает, когда численные значения параметра, используемого для определения энергии, косвенно получены из других измеренных величин).

11.1.3 Смещение проистекает из систематического расхождения между фактическим количеством и теплотой сгорания, используемыми в определении энергии на газоизмерительной станции, и истинными значениями этих параметров.

Возможное смещение определенной величины энергии может иметь несколько источников:

- погрешность калибровочного коэффициента, которая влияет на последующие измерения,
- использование постоянных коэффициентов, например, при пересчете измеренных объемов газа в соответствующие объемы при стандартных условиях измерения;
- теплота сгорания, приписанная пункту, в котором измеряют только объем газа, что может сделать ее непредставительной для газа, проходящего через этот пункт.

Общая информация по вычислению неопределенности и установления смещения при определении количества энергии приведена в 11.2 и 11.3. График, иллюстрирующий принципиальную разницу между нескорректированными измерениями, смещениями и окончательными результатами (например, скорректированной теплотой сгорания) с помощью схемы, в соответствии с ГОСТ Р 54500.3–2011, приведен в Приложении I.

11.2 Вычисление неопределенности

Выведенную из общего уравнения измерения энергии (уравнение 10) относительную неопределенность измерения $u(E)$ рассчитывают по уравнению

$$u(E) = [u^2(H) + u^2(Q)]^{1/2}, \quad (9)$$

где $u(H)$ – относительная неопределенность измерения теплоты сгорания;

$u(Q)$ – относительная неопределенность измерения количества газа.

При вычислении неопределенности определения энергии необходимо принимать во внимание неопределенности, возникающие в результате влияния факторов, указанных в ГОСТ Р 54500.3–2011.

Общая неопределенность вычисленной энергии также зависит от способа, которым выполнено интегрирование по промежутку времени, в течение которого проводят измерение энергии. Если на газоизмерительной станции измеряют как теплоту сгорания, так и объем, а энергию вычисляют через короткие интервалы времени с последующим суммированием этих вычисленных величин, то интегрирование вносит незначительный вклад в общую неопределенность. В противном случае, когда общий объем газа, поставленный за несколько месяцев умножается на среднюю теплоту сгорания за этот же период для получения энергии за указанный период, эффект интегрирования вносит существенный вклад в неопределенность, особенно, когда потребление газа и фактическая теплота сгорания изменяются в течение этого периода времени. При применении метода присваивания теплоты сгорания, следует учитывать влияние на неопределенность разницы во времени присваивания теплоты сгорания газа и времени его реального поступления на пункт (см. 9.2.2). На практике вычисления неопределенностей (см. ИСО 12213 (части 1 и 2) [6-7] и ГОСТ Р 8.769 для расчета неопределенности вычисления коэффициента сжимаемости) зависят от способа вычисления количества энергии, прошедшего через пункт (см. раздел 7).

П р и м е ч а н и е – Неопределенности расхода, давления, температуры и коэффициента сжимаемости, могут быть определены по методам, приведенным в ИСО 12213 (части 1 и 2)[6-7] и ГОСТ Р 8.769. В первом приближении относительная неопределенность для отдельного вычисления энергии может рассматриваться равной относительной неопределенности энергии, вычисленной относительно более длинных периодов времени (даже в течение периода оплаты счетов) интегрированием небольших количеств энергии. Это приближение можно применять только когда:

- относительная неопределенность измеренного значения теплоты сгорания постоянна во всем диапазоне измеренных теплот сгорания;
- относительная неопределенность измерения количества постоянна во всем диапазоне расходов. На практике такое предположение действительно лишь в интервале диапазона расходов. Например, для некоторых диафрагменных систем измерения расхода неопределенность почти постоянна в диапазоне расхода от 30 % до 100 % от $Q_{\max}$. В некоторых случаях допустимо использовать максимальную относительную неопределенность для диапазона расхода, измеряемого расходомером.

Энергия, E в общем случае рассчитывается из уравнению

$$E = H \times Q, \quad (10)$$

где H – средняя или присвоенная теплота сгорания за этот период.

Неопределенность $u(E)$ вычисляется по уравнению (9).

Неопределенность средней или присвоенной теплоты сгорания состоит из:

- неопределенности измерений;
- неопределенности, обусловленной изменением теплоты сгорания газа за период усреднения;
- неопределенности, обусловленной разницей во времени приписывания теплоты сгорания газа и времени его реального поступления на пункт.

11.3 Смещение

11.3.1 Смещение (см. Приложение I) по возможности следует установить и устранить.

Если на пункте измеряют и теплоту сгорания и объем (массу) газа, смещение определения энергии может быть вызвано следующими потенциальными факторами, такими как

- погрешности калибровки;
- использование постоянных коэффициентов вместо данных, полученных в реальном времени, например, при пересчете объема при рабочих условиях в объем при стандартных условиях измерения.

Идентификацию источников смещения получают сравнением данных (см. 9.2.2), например, определением состава и теплоты сгорания аттестованных эталонных газовых смесей для контроля свойств рабочих эталонных газовых смесей. В некоторых случаях возможно сравнение выходных данных измерительных систем, включенных последовательно, например, двух систем измерения в том же пункте, расположенных, соответственно, выше и ниже по потоку и эксплуатируемых разными сторонами контракта.

Возможность возникновения смещения возрастает при использовании приписанных теплот сгорания, или в случае, если на пункте используются расходомеры простых конструкций с низкой точностью.

11.3.2 Смещение может являться результатом пересчета измеренного расходомером объема газа в эквивалентный объем при стандартных условиях. Возможность возникновения смещения высока при использовании относительно простых расходомеров на пункте 4 для бытовых потребителей в случае:

- если пересчет измеренного объема газа при рабочей температуре в эквивалентный объем при стандартной температуре включает присвоенную, фиксированную величину для рабочей температуры расходомера; в таких случаях, если рабочая температура выше (ниже), чем стандартная, объем газа при стандартной температуре будет завышенным (заниженным);
- если пересчет измеренного объема газа при рабочем давлении в эквивалентный объем при стандартном давлении включает использование фиксированного среднего значения, например, полученного из средней высоты над уровнем моря для компенсации изменения атмосферного давления в зависимости от нее; в таких случаях, там где высота пункта выше (ниже), чем установ-

ленная высота, объем газа, вычисленный при стандартном давлении, будет завышенным (заниженным).

11.3.3 Смещение может возникать вследствие того, что приписанная теплота сгорания в пункте не является достаточно представительной для газа, проходящего через пункт, например, вследствие:

- использования усредненной по времени теплоты сгорания в пункте, где расход может значительно изменяться, возможно даже падать со временем до нуля;
- использования усредненной по потоку теплоты сгорания для сети, в которой большинство пунктов систематически снабжаются из источников, газы которых имеют теплоты сгорания, отличные от усредненной по потоку;
- использования заявленной теплоты сгорания, которая, вследствие требований нормативных документов, должна быть ниже, чем реальная теплота сгорания газа, проходящего через любой из пунктов сети.

12 Контроль и гарантии качества

12.1 Общие положения

Необходимо проводить мониторинг системы определения энергии для обеспечения ее правильного функционирования и поддержания заданного уровня точности и целостности, например, с использованием дублирующих систем. Данный мониторинг включает в себя техническое обслуживание, поверку и калибровку системы, которые проводятся в течение срока ее службы, и может сопровождаться техническим обслуживанием программного обеспечения системы, ответственного за ее работу. Обработку и передачу данных необходимо проводить с использованием безопасных и надежных процедур.

Если представлены согласованные данные для сравнения, то их необходимо проанализировать на предмет возможного возникновения смещения и его оценки. Обычно, это проводят в случае наличия достаточного количества данных, например, после одного года эксплуатации. Поэтому, данные, собранные в соответствии с разделом 9 используют непосредственно для целей оплаты счетов.

В существующую организацию работы (обслуживания), принятую у данного пользователя, необходимо включать процедуру контроля качества.

12.2 Проверка тенденций результатов измерения

Определение смещений допускается проводить методом сравнение на базе статистических методов, использующих графические и/или вычислительные инструменты, например, методом CUSUM по ИСО/ТО 7871 [11].

При использовании методов на базе вычислительных инструментов для определения смещения необходимо учесть, что применение этих методов обычно оправдано только для пунктов с большими количествами газа, где производится расширенный сбор и анализ данных, включая архивные данные.

В общем случае, доступны следующие возможности для сравнения данных:

- | | | |
|------------------------|-----|-------------------------|
| - калибровочный эталон | <=> | калибровочный эталон; |
| - средства калибровки | <=> | средство измерений; |
| - измеренные величины | <=> | вычисленные величины; |
| - средство измерений | <=> | средство измерений; |
| - входной пункт | <=> | набор выходных пунктов. |

В общем случае, установление смещения может быть выполнено достаточно надежно только с учетом достаточно продолжительного периода времени.

Для калориметров продолжительность данного периода может составлять два периода калибровки, например, один месяц. Обычно сравнение для газоизмерительных станций имеет смысл лишь после одного года, принимая во внимание случайное влияние погоды в течение года. Когда смещения или систематические погрешности идентифицированы, следует принять меры для их количественной оценки и устранения, используя подходящие замещающие величины или коэффициенты коррекции.

12.3 Прослеживаемость

Точность измерения поставленной энергии имеет огромное значение. Смещения или систематические погрешности приносят выгоду одной стороне контракта в ущерб другой. Случайные же ошибки обладают нейтральным эффектом.

Большинство средств измерений использует сравнительные методы, и точность измерений, в основном, зависит от точности используемых калибровочных эталонов. Отсюда возникает интерес к используемым эталонам и прослеживаемости.

12.4 Подстановочные значения

Определение энергии должно быть постоянно обеспечено в любое время ее передачи через пункт, даже если средство измерений полностью или частично вышло из строя.

Если средство измерений вышло из строя, необходимо использовать подстановочные значения до тех пор, пока его работоспособность не будет восстановлена. Подстановочные значения могут быть получены на базе наиболее достоверных из имеющихся величин и могут быть определены средствами измерений, дополнительным оборудованием и/или с помощью использования вычислительных моделей количественной оценки.

Подстановочные значения и их происхождение следует объяснить и довести до сведения сторон контракта. Данные значения требуют подтверждения всеми сторонами, контракта. Подстановочные значения должны быть легко отличимы от других величин.

Стороны контракта должны одобрить общие процедуры получения подстановочных значений с достаточным запасом по времени до передачи энергии. Такие процедуры могут включать:

- средства измерений, установленные выше и ниже по потоку;
- линейную регрессию;
- интерполяцию от последней достоверной величины перед выходом из строя средства измерений до первой достоверной величины после введения в строй;
- почасовое, ежедневное, еженедельное, ежемесячное или ежегодное сравнение с эквивалентным прошедшим периодом;
- сравнение выхода или коэффициента полезного действия установок в случае промышленного потребителя;
- сравнение, основанное на пробах;
- сравнения параметров потока в мультипоточковых измерительных системах с постоянным гидравлическим сопротивлением;
- вычисления согласно физическим законам течения и т.д.

Примеры таких процедур приведены в Приложении G.

Приложение А
(справочное)
Основные средства измерений и методы определения энергии

А.1 Методики измерения объема газа и методики, которые используют в пунктах приемки-передачи разных стран для определения энергии, приведены в таблицах А.1-А.5.

Т а б л и ц а А.1 – Пункт(-ы) и методики измерений объема в различных странах

Страна	Пункт(-ы) на котором применяются следующие методики измерений объема							
	Диафрагменная	Роторного типа	Вихревая	Турбинная	Дроссельная	Ультразвуковая	Другая	Дублирование измерения объема
Бельгия	–	3,5,6	–	1,2,3,5,6	–	–	–	–
Китай	4,6	4,5,6	3,5,6	2,3,5,6	1,2,3,5,6	1,2,3,5	–	–
Германия	4,6	3,4,5,6	2,3	1,2,3,5,6	1,2	2	–	1,2,3,5
Франция	4,6	3,5,6	–	1,2,3,5,6	1,2	–	–	1,2
Великобритания	4,6	5	–	1,5	1	4,5,6	–	1,5
Италия	4,6	3,5	–	3,5	1,3,5	–	–	1,3,5
Голландия	4,6	3,5,6	–	1,2,3,5,6	1	1,2	–	1,2,3,5
Австрия	–	–	–	1,2	1,2	–	–	1,2
Российская Федерация	1,3,5,6	–	–	1,3,5	1,2,3,5	–	–	3,4
Венгрия	4,5,6	3,5,6	–	3,5,6	1,3,5	–	–	1,3
США	4,5,6	1,2,3,4,5,6	3,5	1,2,3,5,6	1,2,3,5	2,3,5	5a	1,2,3,5
а Сопло Вентури и определение массы газа								

Т а б л и ц а А.2 – Пункт(-ы) и проводимые на них мероприятия для различных стран

Страна	Пункт(-ы), в которых проводятся следующие мероприятия											
	Измерение		Хранение данных		Измерение плотности при		Вычисление коэф. сжимаемости	Пересчет объема	Калориметрические измерения	Коррекция теплоты сгорания	Подстановочные значения при отказах	Прямое измерение энергии
	Объема	Температуры, давления	Внутри пункта	Снаружи пункта	Рабочих условиях	Стандартных условиях						
Бельгия	1,2,3, 4,5,6	2,3	–	–	–	–	3	1,2,3	2	–	2	–
Китай	1,2,3, 4,5,6	1,2,3,5, 6	1,2	–	–	–	1,2,3, 5,6	–	–	–	–	–
Германия	1,2,3, 4,5,6	1,2,3,5, 6	1	–	1,2,5	1,2,5, (1,2)a	1	1	1,2,5	1	1	–
Франция	1,2,3, 4,5,6	1,2,3,5, 6	1	–	(1,2)a	2 (1,2)a	1	1	1,2	–	1	–
Велико-британия	1,4,5,6	1,2,5,6	1	1	1 (1,2,5)a	1a	1	1	1,2,5	1	1	–
Италия	1,3,4, 5,6	1,3,5	1	–	1a	3,5 (1,3,5)a	1	1	1,3,5	–	1	–
Голландия	1,2,3, 4,5,6	1,2,3,5, 6	1,2, 5,6	2	1 (1,2,5)a	1,2 (1,2, 3,5)a	1,2,4, 5,6	1,2,3, 4,5,6	1,2,3,5	5,6	1	–
Россий-ская Фе-дерация	1,2,3, 4,5,6	1,2,3,4, 5,6	1,2, 3,4, 5,6		(1,2, 3,5)a	1,2,3,4, 5,6 (1,2, 3,5)a	1,2,3, 4,5,6	1,2,3, 4,5,6	–	–	1,2,3,4, 5,6	–
Венгрия	1,3,4, 5,6	1,3,5,6	1	1	(1,3,5)a	(1,3,5)a	1	–	3,5	–	1	–
США	1,2,3, 4,5,6	1,2,3,4, 5,6	1,2, 3,5,6	1,2,3, 5,6	1 до 6, (1 до 6)a	1,2,3,5,6 (1,2,3, 5,6)a	1,2,3, 5,6	1,2,3, 5,6	1,2,3,5	1,2, 3,5	1,2,3, 5,6	1,2,3,5
а Значение вычисленной плотности.												

Т а б л и ц а А.3 – Пункт(-ы) и проводимые на них мероприятия для различных стран

Страна	Пункт(-ы) на котором проводятся следующие мероприятия							
	Плотность при		Измерение объема и тем- пературы	Теплота сгорания измеренная с помощью				Резервиро- вание измерений теплоты сго- рания .
	Рабочих условиях	Стандарт- ных усло- виях		Газовой хромато- графии	Влажной калоримет- рии	Сухой ка- лориметрии	Другой	
Бельгия	–	(2,3,5,6)a	2,3,5,6	(2,3,5,6)c	–	–	–	2
Китай	(3,5)a	(3,5)a	3,5	(3,5)d	–	–	–	–
Германия	(1,2,5)b	(1,2,5)b; (1,2)a	1,2,3,5,6	(1,2,5)c; 2d	1,2,5	–	–	1,2
Франция	(1,2)a	(2,5)b; (1,2)a	1,2,3,5,6	(1,2)c	1	–	–	1,2
Великобри- тания	1b; (1,2,5)a	1a	1,2,5,6	(1,2,5)c	–	–	–	1,2,5
Италия	1a	(3,5)b; (1,3,5)a	1,3,5	(1,5)c; (1,3,5)d	–	–	–	–
Голландия	(1,5)b; (1,2,5)a	(1,2,5)b; (1,2,3,5)a	1,2,3,5,6	(1,2,5)c; 1d	1	–	–	1,2,5
Российская Федерация	(1,2,3,5)a	(1,2,3,5)a,b	1,2,3,5,6	–	–	5	1,2,3,5	–
Венгрия	(1,3,5)a	(1,3,5)a	1,3,5,6	(1,5)c	–	–	–	–
США	(1,2,3, 5,6)a,b	(1,2,3, 5,6)a,b	1,2,3,4,5,6	(1,2, 3,5)c,d	1,2,3,5	1,2,3,5	–	1,2,3,5
a Вычисленная величина. b Измеренная величина. c Потоковое измерение. d Лабораторное измерение.								

Т а б л и ц а А.4 – Пункт(-ы) и проводимые на них мероприятия для различных стран

Страна	Пункт(-ы) на котором проводятся следующие мероприятия					
	Коэффициент сжимаемости	Преобразование объема	Хранение данных	Генерация под-становочных величин	Коррекция вычис-ленных величин расхода с помощью коэффициента коррекции	Прямое изме-рение энергии
Бельгия	1b,c	1d	1d,e	1f,g	–	–
Китай	1,5a	1,5d	1d	–	–	–
Германия	1b	1d	1d	1f,g	1	–
Франция	1b	1d	1d	1f,g		–
Великобри-тания	1b; 5a	1,5d; (4,5,6)e	1d,e	1g	1	–
Италия	1a	1d	1d	1f,g	–	–
Голландия	(1,3,4,6)a; (2,4,6)b	(1,2,3,4, 5,6)d; 2e	(1,2,5,6) ; 2d	1 ^g	5,6	–
Российская Федерация	(1,2,3,4)a	(1,2,3,5)d,e	(1,2,3,5)d	(1,2,3,5)f,g	–	1,5
Венгрия	(1,3,5)a; (1,3,5) b	(1,3,5) ^{de}	(1,3,5) ^{de}	(1,3,5) ^{fg}	–	–
США	(1,2,3,5,6)a	(1,2,3,5,6)d,e	(1,2,3,5,6)d,e	(1,2,3,5,6) ^f (1,2,3,5)g	1,2,3,5	1,2,3,5
a Пересчет объема методом AGA 8 (см [12]). b Пересчет объема методом S-GERG88 (см. [13]). c Средство измерений коэффициента сжимаемости. d Внутри станции. e Снаружи станции. f На месте. g Удаленно.						

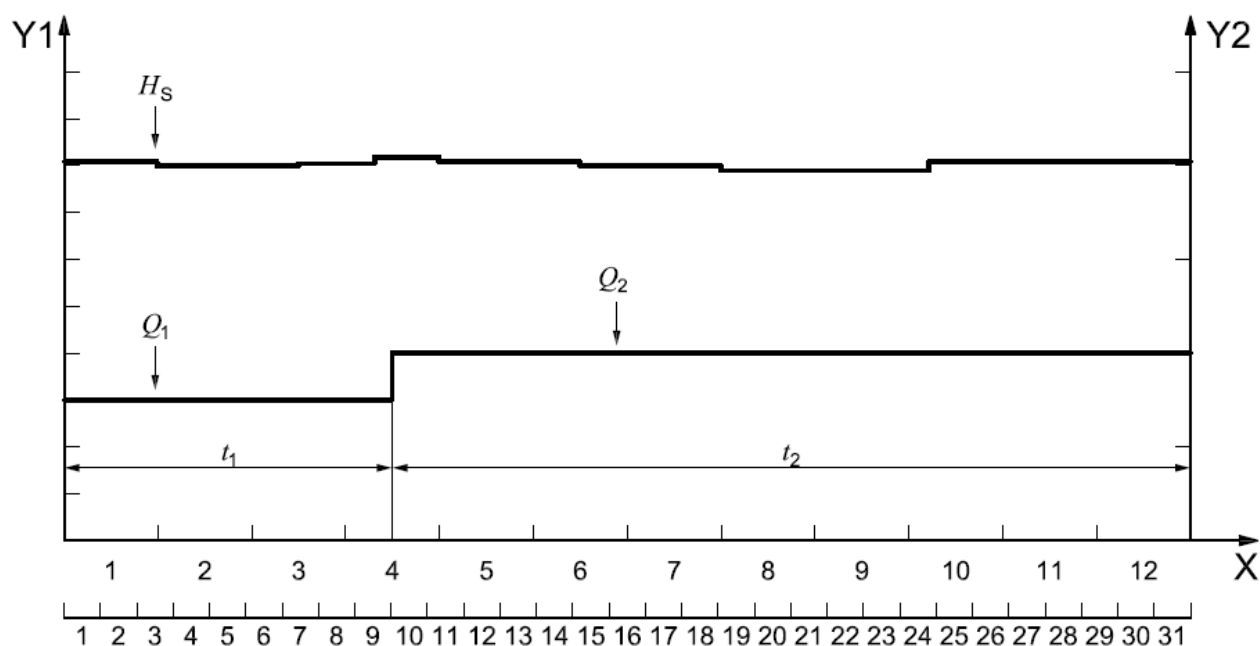
Т а б л и ц а А.4 – Пункт(-ы) и проводимые на них мероприятия для различных стран

Страна	Пункт(-ы) на котором проводятся следующие мероприятия						
	Определение энергии на базе измеренных на месте величин	Определение энергии на базе вычисленных значений теплоты сгорания	Энергетические величины, вычисленные методом восстановления состояния или из математических моделей	Минимальные периоды определения энергии для загрузки			
				Каждый час	Каждый день	Каждый месяц	Другая
Бельгия	2,3,5,6	4	4	2,3,5,6	3,5,6	5	(4,6)c
Китай	3,5	–	–	5	–	–	4c, 5a
Германия	1,2,3,5	2,3,4,5,6	3,5	1,2,3,5,6	1,2,3	3,4,5,6	(4,6)c
Франция	1,2,3,5	3,4,5,6	3,5	1,2,5	1,2,3,5	3,4,6	4a
Великобритания	1,2,5,6	1,4,5,6	–	–	1,4,5	5,6	4b
Италия	1,3,5	3,4,5,6	–	–	1,4,5	3,4,5,6	–
Голландия	1,2,3,5	4,5,6	–	1,2,3,5	–	6	(4,6)c
Российская Федерация	1,2,3,4,5,6	–	1,2,3,4,5,6	–	–	1,2,3,4,5,6	–
Венгрия	1,3,5	3,4,5,6	–	–	1	3,4,5,6	4c, 5a
США	1,2,3,5	1,2,3,5	4,5,6	1,2,3	1,2,3,5	4,6	–
a	Еженедельно.						
b	Ежеквартально.						
c	Ежегодно.						

Приложение В (справочное)

Различные возможные модели изменения теплоты сгорания

В.1 На рисунках В.1 - В.3 изображены различные примеры возможных моделей изменения теплоты сгорания в течение периода определения энергии.

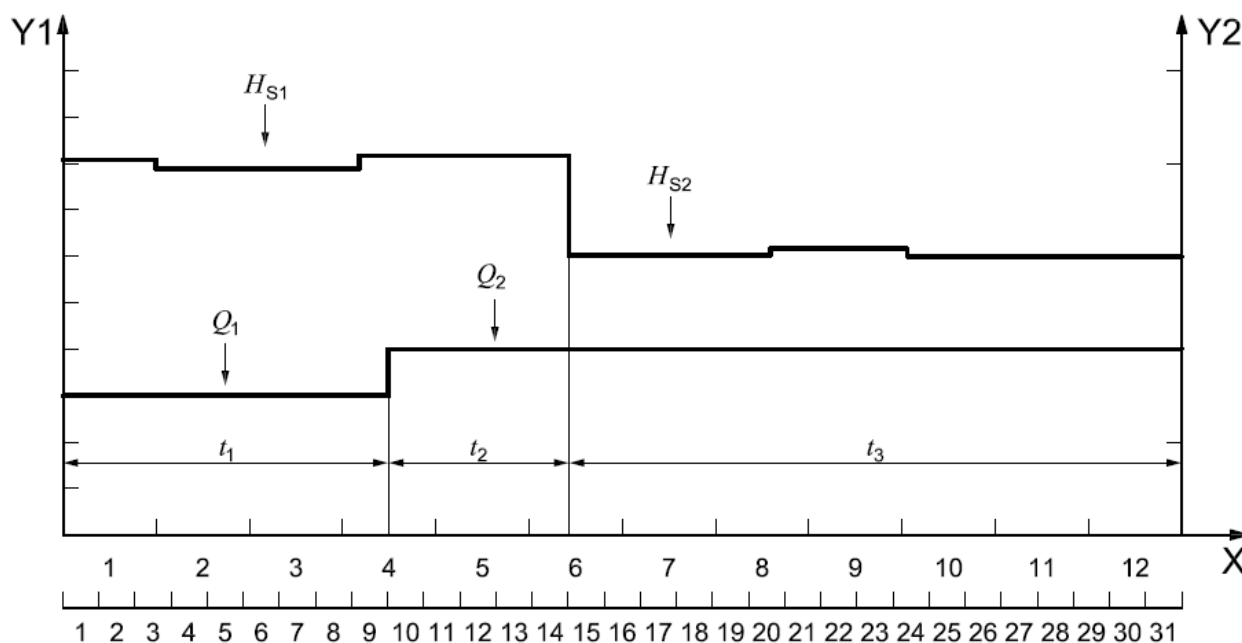


По оси X месяцы (1 - январь, 12 - декабрь) или дни (с 1-го по 31-е каждого месяца); по оси Y_1 – теплота сгорания H_s , выраженная в мегаджоулях на кубический метр; по оси Y_2 – объемный расход q_v , выраженный в кубических метрах в день или в кубических метрах в месяц

Рисунок В.1 – Определение энергии с периодом в один год или один месяц с постоянной теплотой сгорания

На рисунке В.1 теплота сгорания в течение периода определения энергии, например, одного месяца, практически постоянна. Поэтому оправдано вычисление средней теплоты сгорания за полный месяц (см. раздел 9). Особое внимание необходимо уделить информации, приведенной в 10.4. При определении энергии следует учесть, что расход газа с 1-го по 10-е число меньше, чем за период с 10-го по 31-е число. Поэтому количество энергии, E_1 вычисляют для периода времени t_1 и количество энергии, E_2 , для периода времени, t_2 .

Если шкала времени растянута на год, оправдано вычисление среднегодовой теплоты сгорания по форме кривой теплоты сгорания. Для этого года количество энергии, E_1 вычисляют с января по апрель, а с мая по декабрь – количество энергии, E_2 .



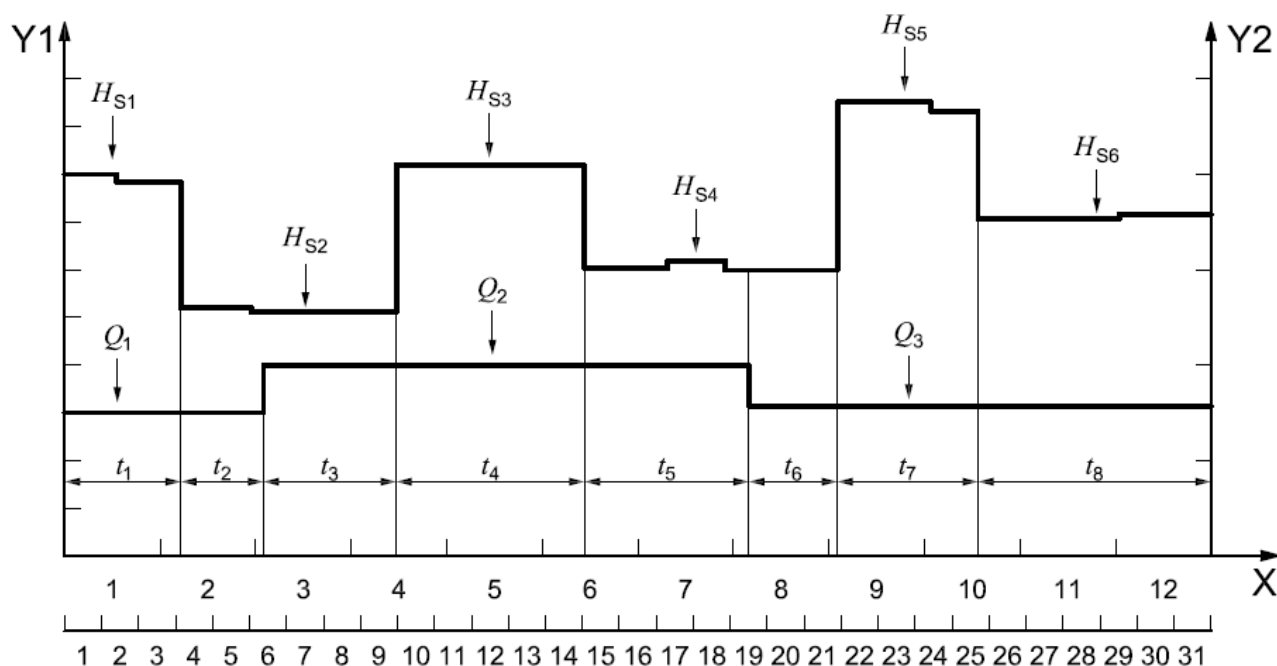
По оси X месяцы (1 - январь, 12 - декабрь) или дни (с 1-го по 31-е каждого месяца); по оси Y_1 – теплота сгорания H_s , выраженная в мегаджоулях на кубический метр; по оси Y_2 – объемный расход q_v , выраженный в кубических метрах в день или в кубических метрах в месяц

Рисунок В.2 – Определение энергии с периодом в один год или один месяц с двумя разными теплотами сгорания

На рисунке В.2 теплота сгорания почти постоянна за период до 15-го числа, после чего она значительно уменьшается. Для определения энергии нужно либо разбить месяц на два периода - с 1-го по 15-е и с 16-го по 31-е число, либо же использовать усреднение (см. раздел 9 и приложение F). Для больших количеств газа по экономическим соображениям следует проводить разделение на два периода.

В этом случае, для целей определения энергии, количества энергии, E_1 , E_2 и E_3 для соответствующих периодов t_1 , t_2 и t_3 необходимо определять раздельно для компенсации различных количеств газа с 1-го по 10-й день и изменения теплоты сгорания 15-го числа.

Если шкала времени растянута на год, характер изменения теплоты сгорания оправдывает разделение года на периоды определения t_1 , t_2 и t_3 . Так, количество энергии, E_1 , вычисляют с января по апрель, E_2 – для периода с мая по июнь и E_3 – для периода с июля по декабрь.



X По оси X месяцы (1 - январь, 12 - декабрь) или дни (с 1-го по 31-е каждого месяца); по оси Y_1 – теплота сгорания H_s , выраженная в мегаджоулях на кубический метр; по оси Y_2 – объемный расход q_v , выраженный в кубических метрах в день или в кубических метрах в месяц

Рисунок В.3 – Энергия за периоды определения год или месяц с несколькими разными теплотами сгорания

На Рисунке В.3 теплота сгорания изменяется несколько раз за период определения энергии; таким образом, либо делят месяц на два периода, либо вычисляют среднюю теплоту сгорания (см. раздел 9 и приложение F). Для больших количеств газа по экономическим соображениям необходимо разделить теплоту сгорания на шесть индивидуальных теплот сгорания от H_{s1} до H_{s6} .

В этом случае, количества энергии от E_1 до E_8 , связанные с периодами от t_1 до t_8 , соответственно, вычисляют отдельно с использованием различных количеств Q_1 , Q_2 и Q_3 и различных теплот сгорания для каждого периода времени. Общее количество энергии получают суммированием величин от E_1 до E_8 по уравнению (5).

Если шкала времени растянута на год, характер изменения теплоты сгорания оправдывает разделение года на различные периоды определения энергии с теплотами сгорания H_{s1} , H_{s2} , H_{s3} , и т.д. и определение для каждого периода средней теплоты сгорания для целей определения энергии.

Приложение С
(справочное)
Пересчет объемов и пересчет объем-масса

Так как стандарты, устанавливающие требования к определению расхода газа (ГОСТ 8.586.1, ГОСТ Р 8.740) обычно приводят объемный расход в единицах массы в секунду или единицах объема (при рабочих условиях) в секунду, то в последнем случае необходим пересчет объема в объем при заданных условиях.

В приложении С ЕН 1776:1998[2], начиная с уравнения неразрывности по массе, выведены уравнения для пересчета объема и определения массы на основе объема и плотности при рабочих условиях. Они приведены с использованием символов, согласующихся с директивами ИСО подобно уравнениям (С.1) и (С.2) для расчета скорректированного объема V_r при заданных условиях, выраженных в кубических метрах, и уравнения (С.3) для вычисления массы M , выраженной в килограммах.

Для вычислений, относящихся к данному международному стандарту, допускается использовать следующие уравнения:

$$V_r = V \frac{p \cdot T_r \cdot Z_r}{p_r \cdot T \cdot Z}; \quad \text{С.1}$$

$$V_r = V \cdot \frac{\rho}{\rho_r}; \quad \text{С.2}$$

$$M = V \cdot \frac{p \cdot M_m}{T \cdot Z \cdot R}, \quad \text{С.3}$$

где p – давление при рабочих условиях, выраженное в килопаскалях (барах);

p_r – давление при стандартных условиях измерения, выраженное в килопаскалях (барах);

T – рабочая температура, выраженная в кельвинах;

T_r – стандартных условиях измерения, выраженная в кельвинах;

V – объем при рабочих условиях, выраженный в кубических метрах;

Z – коэффициент сжимаемости при рабочих условиях;

Z_r – коэффициент сжимаемости при стандартных условиях измерения;

M_m – молярная масса, выраженная в килограммах на моль;

R – универсальная газовая постоянная, равная 8,314510 кДж/(кмоль·К);

ρ – плотность при рабочих условиях, выраженная в килограммах на метр кубический;

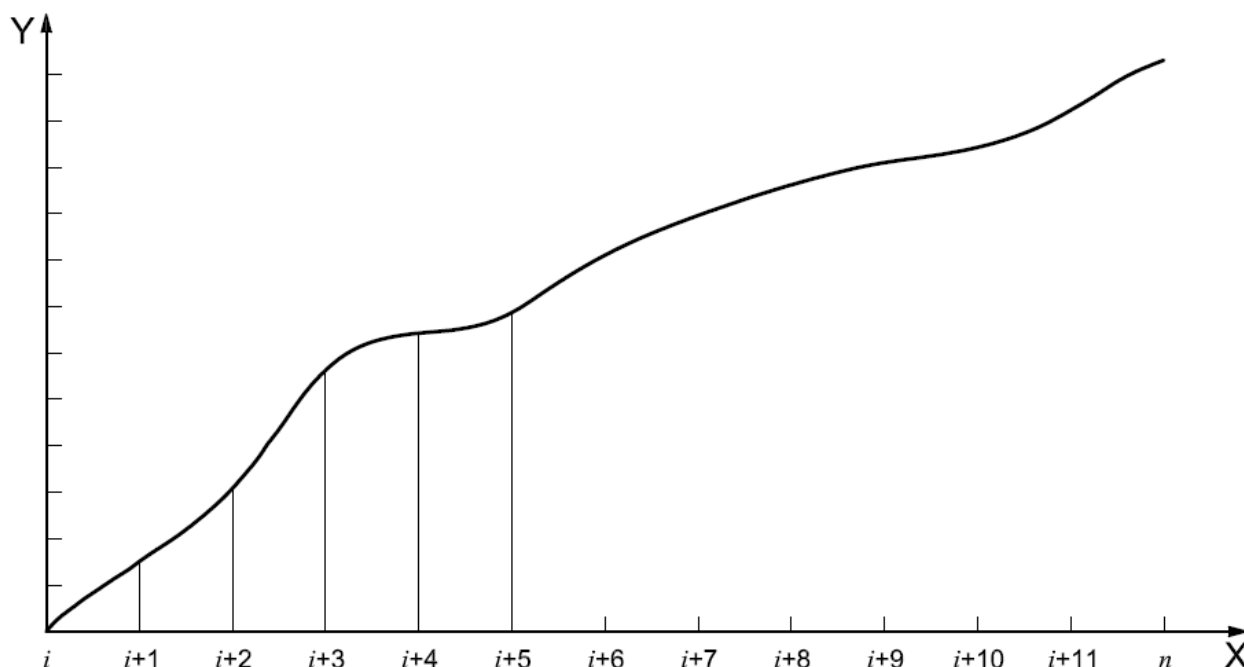
ρ_r – плотность при стандартных условиях измерения, выраженная в килограммах на метр кубический

П р и м е ч а н и е – Информация по коэффициенту сжимаемости приведена в 5.4.4.

Приложение D (справочное) Последовательное определение энергии

В соответствии с настоящим методом измерения теплоты сгорания проводят через короткие интервалы времени с последующим их умножением на количество зарегистрированного расходомером газа в течение интервала между последовательными измерениями для получения количества энергии для данного интервала времени. Обычно интервалы времени выбираются периодичностью в несколько минут; необходимо, чтобы теплота сгорания газа оставалась постоянной с достаточной точностью в течение выбранного временного интервала.

Во многих случаях, интервал времени равен времени цикла анализа компонентного состава газовым хроматографом, используемым для определения теплоты сгорания. Затем отдельные количества энергии для всех интервалов времени за расчетный период складываются для получения общей энергии. Метод проиллюстрирован на рисунке D.1.



Ось X - время ($t = i, i + 1, i + 2, \dots, j$); ось Y - измеренное количество газа

Рисунок D.1 – Последовательное определение энергии

При времени i количество газа, зарегистрированного расходомером, равно $Q_{t=i}$ и теплота сгорания газа равна $H_{t=i}$. При времени $i + 1$, количество газа, зарегистрированного расходомером, равно $Q_{t=i+1}$ и теплота сгорания газа равна $H_{t=i+1}$.

В этом случае количество энергии для интервала от $t=i$ до $t=i + 1$ рассчитывают по уравнению

$$E_{t=i \text{ до } t=i+1} = (Q_{t=i+1} - Q_{t=i}) \cdot H_{t=i}. \quad (\text{D.1})$$

Тогда, для любого интервала от времени i до времени j , общее количество энергии, E , получают сложением всех дискретных порций энергии, как показано в уравнении

$$E = (E_{t=i \text{ до } i=i+1} + E_{t=i+1 \text{ до } t=t+2} + \dots + E_{t=j-1 \text{ до } t=j}). \quad (\text{D.2})$$

На практике данный метод применяют, используя потоковый компьютер для записи количества газа, зарегистрированного расходомером; результаты измерений теплоты сгорания также направляют в этот потоковый компьютер.

Обычно этот метод применяют на пунктах, в которых проводят измерения, как количества, так и качества газа. Однако, с использованием новейших информационных систем, работающих в режиме реального времени, в данном методе также возможно использование фиксировано - присвоенных теплот сгорания.

Приложение Е
(справочное)
Практические примеры пересчета объема и вычисления энергии

Е.1 Вычисления с использованием ГОСТ Р 8.769

Е.1.1 Общие уравнения

Вычисление объема V_n , выраженного в кубических метрах в стандартных условиях измерения из объема при рабочих условиях рассчитывают по уравнению

$$V_n = V \cdot z \quad (\text{Е.1})$$

где V - объем при рабочих условиях, выраженный в метрах кубических;

z - коэффициент сжимаемости, вычисленный по уравнению

$$z = \frac{T_n}{T} \cdot \frac{p_{amb} + p_g - p_{H_2O}}{\rho_n} \cdot \frac{Z_n}{Z}, \quad (\text{Е.2})$$

где T_n - температура при стандартных условиях измерения, выраженная в кельвинах;

T - рабочая температура, выраженная в кельвинах;

p_{amb} - среднее атмосферное давление, выраженное в килопаскалях (барах);

p_g - рабочее давление по показаниям манометра, выраженное в килопаскалях (барах);

p_{H_2O} - парциальное давление паров воды в природном газе, выраженное в килопаскалях (барах);

ρ_n - плотность при стандартных условиях измерения, выраженная в килограммах на метр кубический;

Z - коэффициент сжимаемости при рабочих условиях;

Z_n - коэффициент сжимаемости при стандартных условиях измерения.

Отношение Z_n/Z вычисляют из H_s , ρ_n и концентраций диоксида углерода, азота и водорода, например, с использованием ГОСТ Р 8.769 (S-GERG88; см. [13]).

Е.1.2 Пример вычисления

Вычисление преобразованного объема V_n приводится в качестве примера с использованием следующих параметров, указанных в ГОСТ Р 8.769 (S-GERG 88; см. [13]):

- среднее атмосферное давление p_{amb}	99,66 кПа (0,9966 бар);
- рабочее давление p_g	700 кПа (7,0 бар);
- рабочая температура T	288,15 К;
- теплота сгорания $H_{s,n}$, приведенная к стандартным условиям измерения	11,901 кВтч/м ³ ;
- плотность ρ_n	0,822 7 кг/м ³ ;
- содержание диоксида углерода, C_{CO_2}	1,12 мольных %;
- содержание азота, C_{N_2}	0,80 мольных %;
- содержание водорода, C_{H_2}	0 мольных %;
- парциальное давление паров воды в природном газе, p_{H_2O}	< 0,1 кПа (< 0,001 бар);

Примечание – Парциальное давление паров воды в природном газе p_{H_2O} может быть выражено в виде произведения ϕ (относительной влажности газа) и p_{sat} (парциальное давление насыщенного водяного пара). В осушенных природных газах парциальное давление паров воды обычно не превышает 0,1 кПа (0,001 бар). Таким образом, для осушенного природного газа произведение относительной влажности газа и парциального давления насыщенного пара обычно устанавливают равным нулю.

- отношение Z_n/Z 1,01752.

Примечание – Это значение вычислено с использованием первых восьми значений, приведенных в ГОСТ Р 8.769 (S-GERG 88; см. [13]).

Подстановка измеренных значений в Уравнение (Е.2) приводит к выражению

$$z = \frac{273,15K}{288,15K} \cdot \frac{0,9966 \text{ кПа} + 70 \text{ кПа} - 0 \text{ кПа}}{101,325 \text{ кПа}} \cdot 1,01752. \quad (\text{Е.3})$$

В результате расчетов получено значение коэффициента сжимаемости, равное 7,61224.

На газоизмерительной станции измерено количество Q ($V = 1000 \text{ м}^3$; $T = 288,15 \text{ К}$; $p_g = 700 \text{ кПа}$ (7,0 бар); $p_{amb} = 99,66 \text{ кПа}$ (0,9966 бар)). Пересчет объема к стандартным условиям измерения, рекомендованным ИСО с использованием уравнения (Е.1) дает значение V_n , равное $7612,24 \text{ м}^3$.

Количество энергии E , вычисляют в соответствии с уравнением (10) следующим образом:

$$E = 7612,24 \text{ м}^3 \times 11,901 \text{ кВтч/м}^3 = 90593,27 \text{ кВтч} (326135,77 \text{ МДж}). \quad (\text{Е.4})$$

Е.2 Вычисления с использованием ИСО 12213-2[7]

Е.2.1 Общие уравнения

Общие уравнения и принципы, приведенные в Е.1.1, остаются в силе. Помимо этого соотношение Z_n/Z допускается вычислять по компонентному составу газа с использованием ИСО 12213-2[7].

Е.2.2 Пример вычисления

Вычисление энергии, E , проводится, как продемонстрировано, с использованием следующих параметров, измеренных на одном из пунктов.

- среднее атмосферное давление p_{amb}	99,66 кПа (0,9966 бар);
- рабочее давление p_g	5000 кПа (50,0 бар);
- рабочая температура T	283,15 К;
- содержание диоксида углерода, C_{CO_2}	2,22 мольных %;
- содержание азота, C_{N_2}	0,77 мольных %;
- содержание кислорода, C_{O_2}	0,01 мольных %;
- содержание метана, C_{CH_4}	87,62 мольных %;
- содержание этана $C_{C_2H_6}$	8,75 мольных %;
- содержание пропана $C_{C_3H_8}$	0,53 мольных %;

- содержание изобутана $C_{i-C_4H_{10}}$	0,03 мольных %;
- содержание н-бутана $C_{n-C_4H_{10}}$	0,04 мольных %;
- содержание изопентана $C_{i-C_5H_{12}}$	0,01 мольных %;
- содержание н-пентана $C_{n-C_5H_{12}}$	0,01 мольных %;
- содержание группы C_{6+} , $C_{C_6H_{14}+}$	0,01 мольных %;
- теплота сгорания, приведенная к стандартным условиям измерения (рассчитанная по анализу), $H_{S,n}$	11 581 кВт·ч/м ³ ;
- плотность, приведенная к стандартным условиям измерения (рассчитанная по анализу), ρ_n	0,813 3 кг/м ³ ;
- парциальное давление паров воды в природном газе, p_{H_2O}	< 0,1 кПа (< 0,001 бар);

Пр и м е ч а н и е – Парциальное давление паров воды в природном газе p_{H_2O} выражают в виде произведения ϕ (относительной влажности газа) и p_{sat} (парциальное давление насыщенного водяного пара). В осушенных природных газах парциальное давление паров воды обычно не превышает 0,1 кПа (0,001 бар). Таким образом, для осушенного природного газа произведение относительной влажности газа и парциального давления насыщенного пара обычно устанавливают равным нулю.

- Отношение Z_n/Z	1,1520737
---------------------	-----------

Пр и м е ч а н и е – Это значение вычислено с использованием содержаний в газе компонентов от диоксида углерода до группы C_{6+} , приведенных в ИСО 12213-2[7](AGA:8-92DC, уравнение (8); см. [12]).

Подстановка измеренных значений в уравнение (Е.2) приводит к следующему выражению:

$$z = 0,96468 \cdot 50,32973 \cdot 1,1520737. \quad (E.5)$$

В результате расчетов получено значение коэффициента сжимаемости, равное 55,93558.

На газоизмерительной станции измерено количество Q ($V = 10000$ м³; $T = 283,15$ К; $p_g = 5000$ кПа (50,0 бар); $p_{amb} = 99,66$ кПа (0,9966 бар)). Пересчет объема к стандартным условиям измерения, рекомендованным ИСО с использованием уравнения (Е.1) дает значение V_n , равное 559355,8 м³.

Количество энергии E , вычисляют в соответствии с уравнением (10) следующим образом:

$$E = 559355,8 \text{ м}^3 \times 41,6916 \text{ МДж/м}^3 = 23320438,27 \text{ МДж (6477899,52 кВтч)}. \quad (E.6)$$

Приложение F

(справочное)

Практические примеры усреднения теплоты сгорания при различных вариантах поставок газа

Следующие примеры демонстрируют вычисление поставленной энергии для пункта 5 (промышленный потребитель) на базе:

- арифметически усредненной теплоты сгорания (см. рисунок F.1 и таблицу F.1);
- средневзвешенной теплоты сгорания/фиксированного присваивания (см. рисунок F.2 и таблицы F.2 и F.3);
- средневзвешенной теплоты сгорания/переменного присваивания (см. рисунок F.3 и таблицы F.4, F.5 и F.6.

Пр и м е ч а н и е – Процедуру коррекции теплоты сгорания (см. 6.5, 12.2 и Приложение I) используют для пунктов 1-3 и 5.

В таблице F.1 представлен расчет энергии по отдельным измеренным теплотам сгорания $H_{S5,n}$ при стандартных условиях и различных количествах газа $V_{Q5,n}$ при стандартных условиях измерения для промышленного потребителя в пункте 5. Точки входа пунктов 1 и 2 (см. рисунок F.1) снабжают газом ряд пунктов 4-7. Значения H_{S5} , Q_5 , p_5 , T_5 , плотности и содержания диоксида углерода измерены в пункте 5.

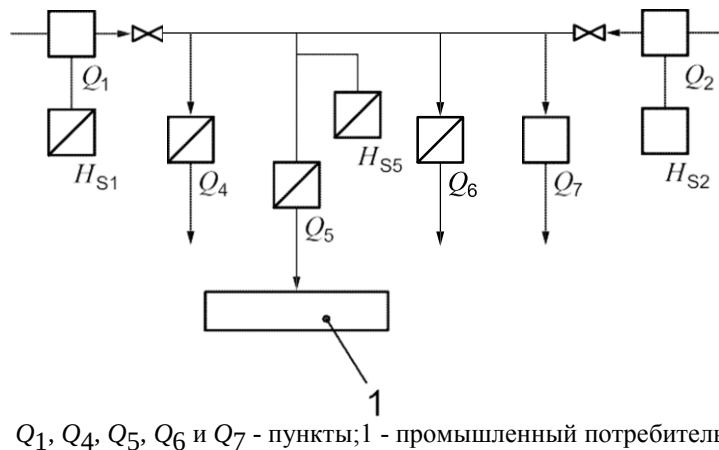
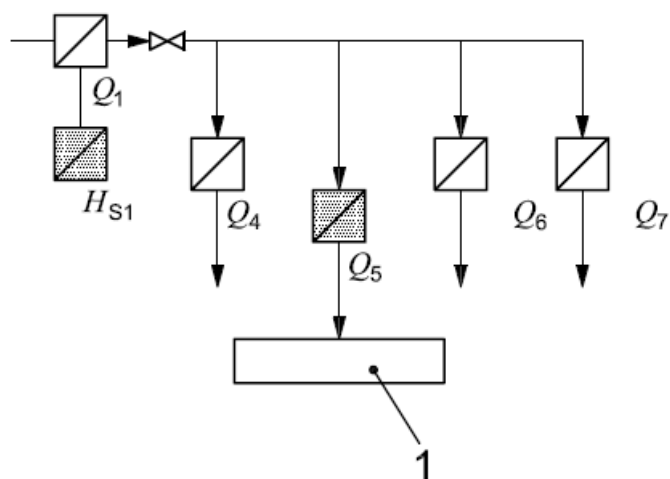


Рисунок F.1 – Система с точками входа в пунктах 1 и 2, которые затем снабжают ряд пунктов 4-7

Т а б л и ц а F.1 – Расчет энергии с использованием отдельных измерений теплот сгорания на пункте 5

Час	Теплота сгорания $H_{S5,n}$		Количество газа $V_{Q5,n}, \text{м}^3$	Энергия E	
	МДж/м ³	кВт·ч/м ³		МДж	кВтч
1	39,89	11,08	5100	203429	56508
2	39,82	11,06	4950	197089	54747
3	39,82	11,06	4880	194303	53973
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
744	39,64	11,01	5000	217998	60555
суммарно	—	—	3868800	153343757	42595488



Q_1, Q_4, Q_5, Q_6 и Q_7 – пункты; 1 - промышленный потребитель

Рисунок F.2 – Система с одной точкой входа в пункте 1, который затем снабжает ряд пунктов 4-7

Т а б л и ц а F.2 – Данные для вычисления средневзвешенной теплоты сгорания, используемой для фиксированного приписывания в пункте 5 (промышленный потребитель)

Час	Теплота сгорания ^{а)} $H_{S1,n}$		Количество газа $V_{Q1,n}, \text{м}^3$	Энергия E	
	МДж/м ³	кВт·ч/м ³		МДж	кВтч
1	39,89	11,08	101000	4028688	1119080
2	39,82	11,06	105000	4180680	1161300
3	39,82	11,06	107000	4260312	1183420
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
744	39,64	11,01	98000	3884328	1078980
суммарно	—	—	72912785	2895220864,8	804228018

а) Средневзвешенная за месяц величина теплоты сгорания $H_{S1,n}$ вычисляют по часовым данным в точке входа следующим образом:

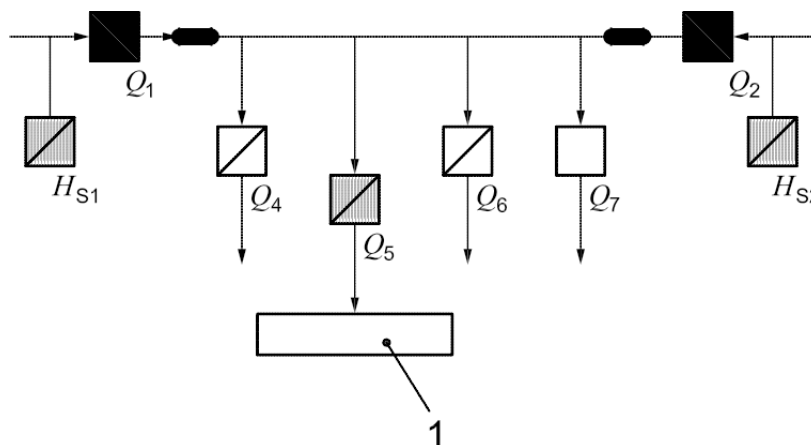
$$H_{S1,n} = E/V_{Q1,n} = 2895220844,8 \text{ МДж}/72912785 \text{ м}^3 = 39,71 \text{ МДж/м}^3 (11,03 \text{ кВт·ч/м}^3). \quad (\text{F.1})$$

Т а б л и ц а F.3 – Расчет энергии в пункте 5 с использованием средневзвешенной теплоты сгорания для фиксированного приписывания

Час	Средневзвешенная теплота сгорания $H_{S,n}$		Количество газа $V_{05,n}$, м ³	Ежемесячно, энергия E	
	МДж/м ³	кВт·ч/м ³		МДж	кВтч
1	–	–	5100	–	–
2	–	–	4950	–	–
3	–	–	4880	–	–
...	–	–	...	–	–
744	–	–	5500	–	–
суммарно	–	–	3809280	–	–
–	39,71	11,03	–	151258888,8	42016358

Рисунок F.3 иллюстрирует газотранспортную систему с двумя точками входа 1 и 2, которые снабжают ряд пунктов 4-7 с двух направлений. Изменения качества газа аналогичны изображенным на рисунке B.2.

Промышленный потребитель снабжается на пункте 5, где измеряют Q_5 , p_5 и T_5 . Используемую теплоту сгорания $H_{S1,n}$ (см. таблицу F.6) для определения энергии, приписывают по усредненной $H_{S1,n}$ в пункте 1 (см. таблицу F.4) и усредненной $H_{S2,n}$ в пункте 2 (см. таблицу F.5).



Q_1 , Q_4 , Q_5 , Q_6 и Q_7 – пункты; 1 - промышленный потребитель

Рисунок F.2 – Система с двумя входными пунктами 1 и 2, которые снабжают пункты 4 - 7 с двух направлений

Т а б л и ц а F.4 – Данные для расчета ежемесячной средневзвешенной теплоты сгорания в пункте 1

День	Теплота сгорания ^{а)} $H_{S1,n}$		Количество газа $V_{Q1,n}$, м ³	Энергия E	
	МДж/м ³	кВт·ч/м ³		МДж	кВт·ч
1	39,82	11,08	1150251	45881208	12744781
2	39,82	11,06	1200500	47799108	13277530
...	...	...	...	...	...
31	39,64	11,01	1080500	42826698	11896305
суммарно	–	–	37747354	1497513027,6	415975841
а) Средневзвешенную теплоту сгорания за месяц $H_{S1,n}$ вычисляют по ежедневным данным измерений в пункте 1 следующим образом:					
$H_{S1,n} = E/V_{Q1,n} = 149751027,6 \text{ МДж} / 37747354 \text{ м}^3 = 39,672 \text{ МДж/м}^3 \text{ (11,02 кВт·ч/м}^3\text{)}.$ (F.2)					

Т а б л и ц а F.5 – Данные для расчета ежемесячной средневзвешенной теплоты сгорания на пункте 2

День	Теплота сгорания ^{а)} $H_{S2,n}$		Количество газа $V_{Q2,n}, \text{ м}^3$	Энергия E	
	МДж/м ³	кВт·ч/м ³		МДж	кВтч
1	38,88	10,80	600500	23347440	6485400
2	39,528	10,98	580540	22947584	6374329
...	...	...	...	...	...
31	39,564	10,99	520000	20573280	5714800
суммарно	–	–	17577413	692660160	192405600
а) Средневзвешенную теплоту сгорания за месяц $H_{S2,n}$ вычисляют по ежедневным данным измерений в пункте 2 следующим образом: $H_{S2,n} = E/V_{Q2,n} = 192405600 \text{ кВт·ч} / 17577413 \text{ м}^3 = 10,95 \text{ кВт·ч/м}^3 (39,420 \text{ МДж/м}^3). \quad (F.3)$					

Т а б л и ц а F.6 – Расчет энергии для пункта 5 с использованием переменного присваивания средневзвешенной теплоты сгорания за месяц

День	Теплота сгорания ^{а)} $H_{S1+S2,n}$		Количество газа $V_{Q5,n}, \text{ м}^3$	Ежемесячно, энергия E	
	МДж/м ³	кВт·ч/м ³		МДж	кВтч
1	–	–	5100	–	–
2	–	–	4950	–	–
...	–	–	...	–	–
31	–	–	5000	–	–
суммарно	–	–	3809280	–	–
–	39,600	11,00	–	150847488	41902080
а) Расчет действителен при условии, что разница между H_{S1} и H_{S2} менее чем $\pm 2 \%$. Тогда средневзвешенную теплоту сгорания за месяц $H_{S1+S2,c}$, в пунктах 4 - 7 вычисляют как отношение суммы всех количеств энергии в пунктах 1 и 2 к сумме всех объемов в данных пунктах. Пример расчета приведен ниже $H_{S1+S2,n} = \frac{(415\,975\,841 + 192\,405\,600) \text{ кВт·ч}}{(37\,747\,354 + 17\,577\,413) \text{ м}} = 11,00 \text{ кВт·ч/м}^3 (39,600 \text{ МДж/м}^3). \quad (F.4)$					

Приложение G (справочное)

Способы определения подстановочных значений

G.1 Дублирующая система

Если в наличии имеется дублирующая система, все величины от данной системы необходимо использовать в случае отказа главной (рабочей) измерительной системы.

G.2 Система без дублирования

Если дублирующая система отсутствует, наилучшими вариантами решений могут быть следующие:

а) объем при рабочих условиях может быть получен из:

-собственных показаний средства измерений;

-архивных данных;

-пересчета объема.

- по данным параллельно работающих средств измерений.

- по линейной интерполяции между последним корректным значением до отказа и первым корректным значением после восстановления функциональности системы.

- усреднением на основе периодов измерений до и после отказа.

б) объем при стандартных условиях измерения V_r :

- в случае, если V , p , T , Z известны, вычисляют по уравнению

$$V_r = V \cdot \frac{p \cdot T_r \cdot Z_r}{p_r \cdot T \cdot Z}, \quad (G.1)$$

а если известны V , ρ , ρ_r ; то V_r вычисляют по уравнению

$$V_r = V \cdot \frac{\rho}{\rho_r}; \quad (G.2)$$

- вычисляют линейной интерполяцией между последним корректным значением до отказа и первым корректным значением после восстановления функциональности системы;

- вычисляют усреднением по периодам до и после отказа;

с) значения параметров газа (H_s , содержание диоксида углерода, ρ и ρ_n) могут быть получены:

- по результатам контрольных измерений,

- из величин, полученных методами моделирования или восстановления состояния системы;

- линейной интерполяцией между последним корректным значением до отказа и первым корректным значением после восстановления функциональности системы;

- усреднением по периодам до и после отказа;

- продолжением использования последней (сохраненной) величины;

д) величины, определяющие термобарические условия газа (p , T) могут быть получены:

- по представительным величинам из системы SCADA или систем управления технологическим процессом (передача данных из точек измерения);

- линейной интерполяцией между последним корректным значением до отказа и первым корректным значением после восстановления функциональности системы;

- усреднением по периодам до и после отказа;

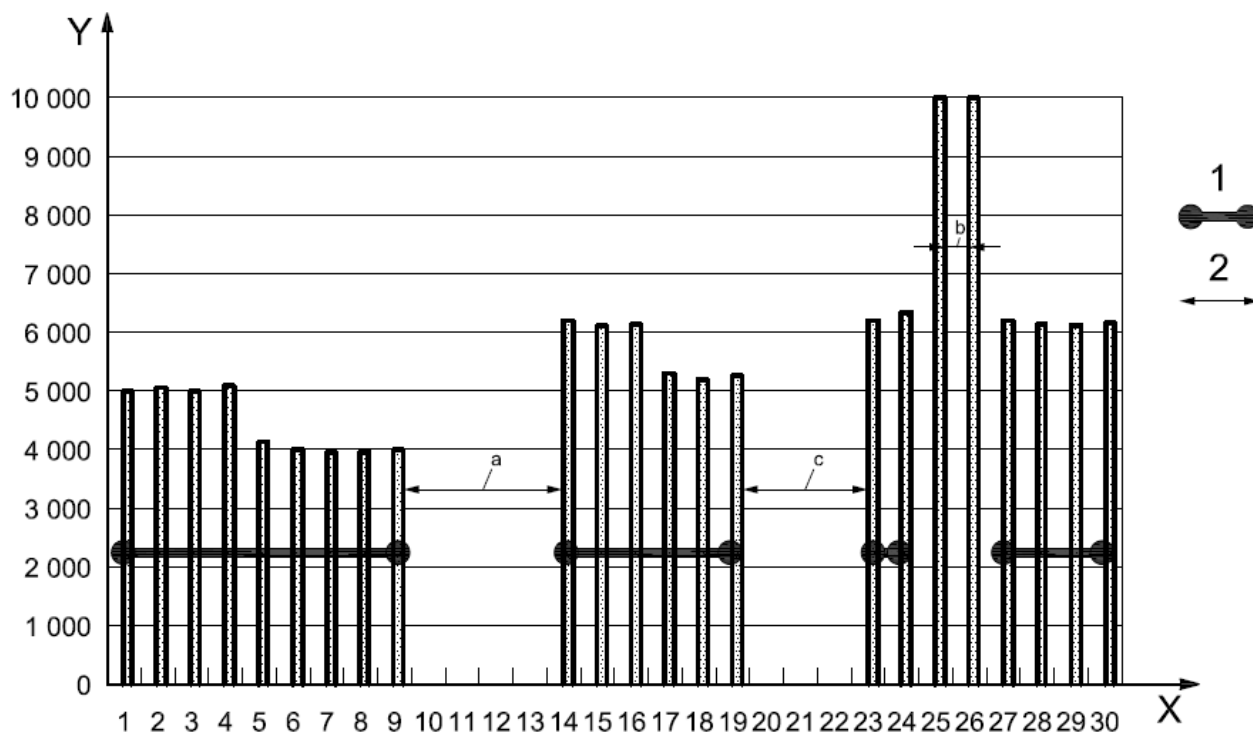
- продолжением использования последней (сохраненной) величины.

Приложение Н

(справочное)

Графический пример проверки достоверности

На рисунке Н.1 приведен пример использования простого графического способа проверки достоверности, например, дневного расхода газа.



X - день месяца; Y - количество газа, выраженное в кубометрах в день; 1 - значения, рассматриваемые как достоверные; 2 - проверяемые значения; a - неисправность средства измерений; b - неисправность газоизмерительной станции; c - отсутствие расхода.

Рисунок Н.1 – Проверка достоверности дневных количеств газа на газоизмерительной станции (пример)

Данные, которые признаны достоверными в период с 1-го по 9-е число месяца, регистрируют. Однако, в периоды с 10-е по 13-е число и с 20-го по 22-е число данные отсутствовали вследствие неисправности в первый период средства измерений и отсутствия расхода газа во второй период. Это означает, что для первого периода необходимо создать подстановочные данные (см. 11.4). Подстановочные данные необходимо создать также для проведения расчетов 26-го и 27-го числа, в связи с тем, что проверка средства измерений показала, что оно работало в штатном режиме.

Приложение I

(справочное)

Графический пример нескорректированных данных, коррекции смещения и конечного результата

Рисунок I.1, аналогичный рисунку, приведенному в приложении D ГОСТ Р 54500.3, помогает простым графическим способом пользователю настоящего стандарта интерпретировать влияние инструментального смещения и избежать недоразумений при использовании продавцом в контрактах указанных терминов.

Данные для данного схематического примера могут быть основаны на наборе измерений теплот сгорания отобранных проб, результатах калибровки расходомера на калибровочном оборудовании или других.

Предполагается, что нескорректированные значения, являющиеся результатами измерений, нормально распределены (см. линия a на рисунке I.1). Из данных значений может быть вычислено нескорректированное арифметическое среднее (линия b на рисунке I.1). Затем проводится коррекция для всех известных инструментальных смещений, например, с помощью сравнения с калибровочным эталоном. Результат измерений показан линией d на рисунке I.1.

Вследствие того, что истинная величина среднего из результатов измерений никогда не может быть найдена, между результатом процедуры коррекции и истинной величиной всегда присутствует неизвестная погрешность.

Линии f и g на рисунке I.1 содержат дополнительную статистическую информацию, в частности, значение измеряемой величины, которое не может быть точно определено и неизвестные значения измеряемой величины вследствие неполного определения.

П р и м е ч а н и е – Дополнительная информации приведена в ГОСТ Р 54500.3 (приложение D).

Таким образом, скорректированная средняя величина (линия h на рисунке I.1) на практике является конечным результатом измерений.

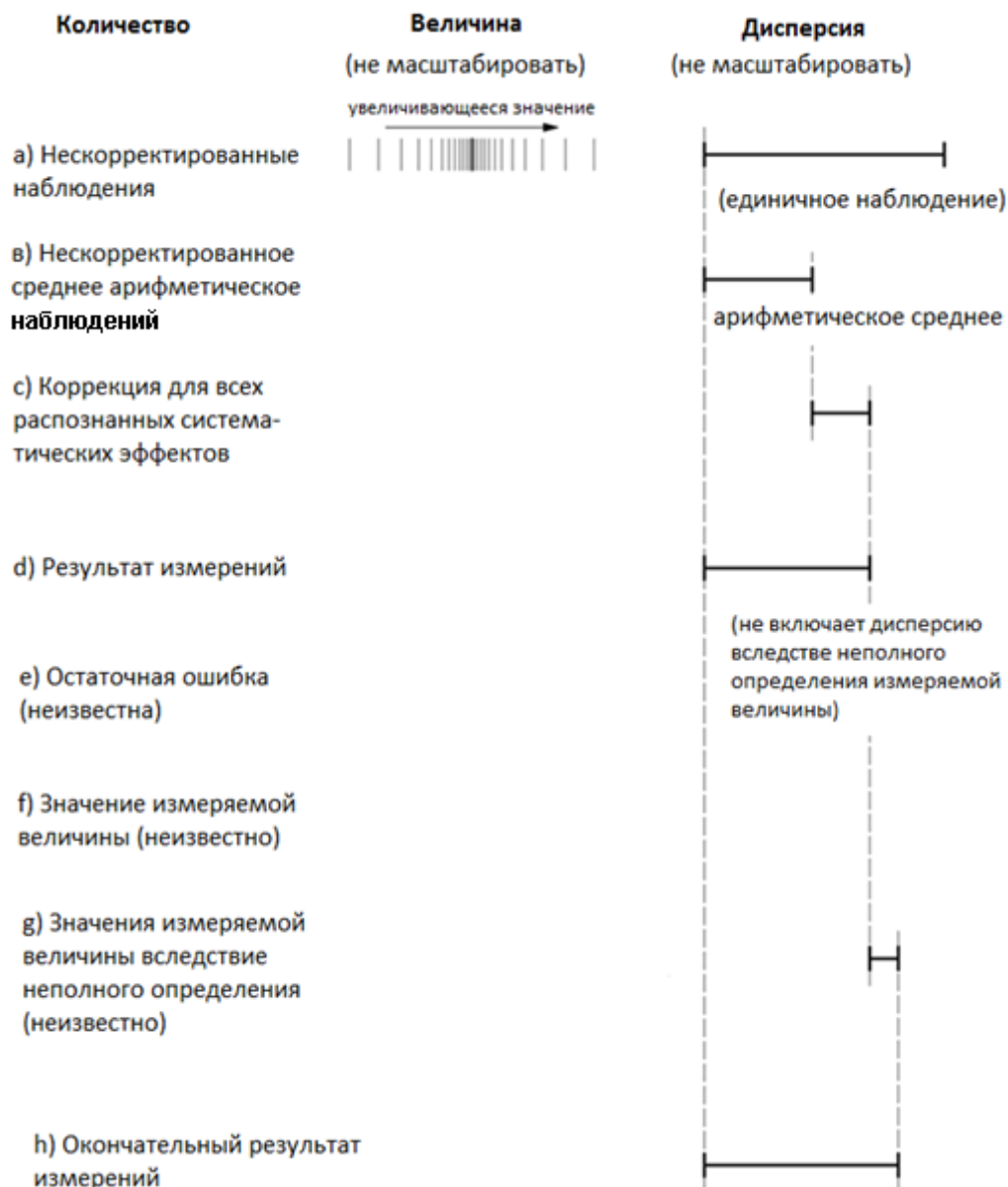
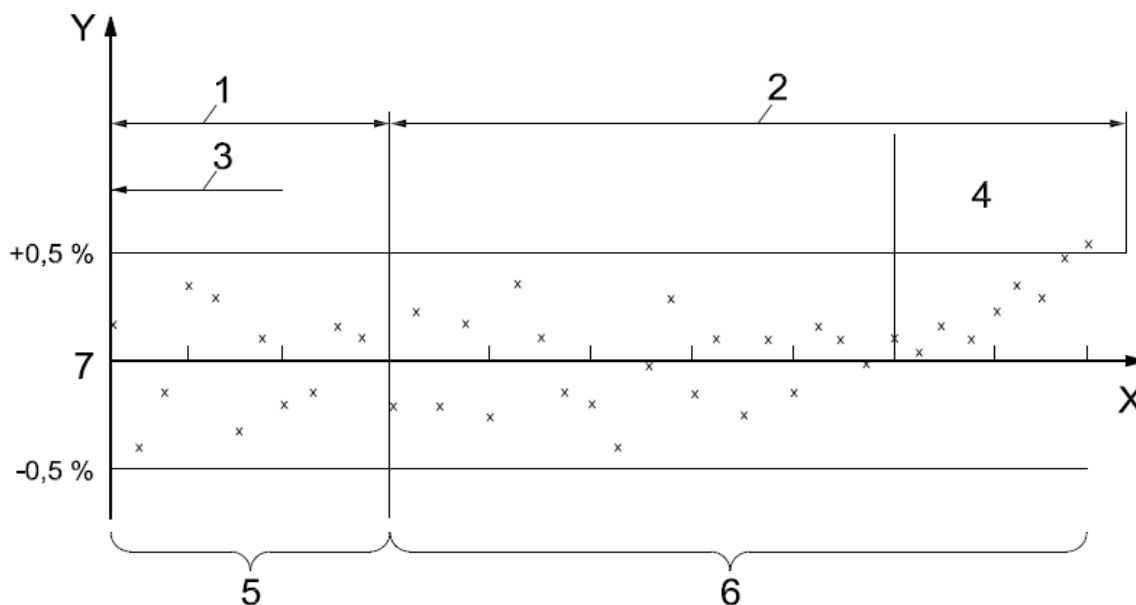


Рисунок I.1 – Графическое представление измеренных величин, нескорректированного среднего арифметического, инструментального смещения, скорректированного среднего, остаточной ошибки и окончательного результата

Приложение J

(справочное)

Определение теплоты сгорания для одного пласта



X - время, выраженное в неделях или месяцах; Y - разность между фактической теплотой сгорания и начальной теплотой сгорания, выраженной в процентах от первоначальной величины; 1 - начальный период добычи; 2 - основной период добычи; 3 - начало добычи; 4 - конечная стадия истощения; 5 - отбор проб с интервалом в одну неделю; 6 - отбор проб с интервалом в один квартал; 7 - теплота сгорания в начальный период

Рисунок J.1 – Определение теплоты сгорания для одного пласта

При начале разработки пласта с постоянным составом необходимо проводить отбор нескольких проб через относительно короткие интервалы (обычно 6 - 12 проб с интервалом в неделю). Значения теплот сгорания индивидуальных проб усредняют арифметически. Усредненную величину называют «начальной теплотой сгорания» и считают эталоном.

В течение периода добычи из пласта для определения теплоты сгорания отбирают пробы через оговоренные контрактом интервалы (обычно от 3-х до 6-ти месяцев). Данное значение теплоты сгорания используют для определения энергии, если она достоверна (см. 8.3) и ее величина находится в пределах отклонения, равного 0,5 % от начальной теплоты сгорания.

В зависимости от условий контракта для определения энергии до момента отбора и анализа новой пробы допускается использовать последнее значение теплоты сгорания или среднее из, по крайней мере, трех последних значений теплот сгорания.

Если теплота сгорания, вычисленная из состава газа последней пробы, отклоняется более чем на 0,5 % от начальной теплоты сгорания, то отбирают и анализируют в течение двух недель контрольную пробу. Если теплота сгорания, рассчитанная по составу контрольной пробы достоверна (см. 7.3) и отличается менее, чем на 0,5 % от начальной теплоты сгорания, то непредставительную пробу отбрасывают и заменяют на контрольную пробу.

Библиография

[1]	Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29–2013	Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения
[2]	ЕН 1776:1998 (EN 1776:1998)	Системы газоснабжения. Газоизмерительные станции. Функциональные требования (Gas supply systems – Natural gas measuring stations – Functional requirements)
[3]	ИСО 14532:2014 (ISO 14532:2014)	Газ природный. Словарь (Natural gas – Vocabulary)
[4]	ИСО/МЭК Руководство 99:2007 (ISO/IEC Guide 99:2007)	Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM) (International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM))
[5]	ИСО 13443:1996 (ISO 13443:1996)	Природный газ. Стандартные условия (Natural gas. Standard reference conditions)
[6]	ИСО 12213–1:2006 (ISO 12213–1:2006)	Газ природный. Расчёт коэффициента сжимаемости. Часть 1. Введение и руководящие указания (Natural gas – Calculation of compression factor – Part 1: Introduction and guidelines)
[7]	ИСО 12213–2:2006 (ISO 12213–2:2006)	Газ природный. Расчёт коэффициента сжимаемости. Часть 2. Расчёт на основе анализа молярного состава (Natural gas – Calculation of compression factor – Part 2: Calculation using molar composition analysis)
[8]	ЕН 12405–1:2005 + A2:2010 (EN 12405–1:2005 + A2:2010)	Счетчики газа – Коррекционные устройства – Часть 1. Коррекция объема (Gas meters – Conversion devices – Part 1: Volume conversion)
[9]	ИСО 15970:2008 (ISO 15970:2008)	Газ природный – Измерение свойств – Свойства, относящиеся к объему: плотность, давление, температура и коэффициент сжимаемости (Natural gas – Measurement of properties – Volumetric properties: density, pressure, temperature and compression factor)
[10]	ИСО 15971:2008 (ISO 15971:2008)	Газ природный. Измерение свойств. Теплота сгорания и число Воббе (Natural gas – Measurement of properties – Calorific value and Wobbe index)
[11]	ИСО/ТО 7871:1997 (ISO/TR 7871:1997)	Кумулятивные диаграммы. Руководство по контролю качества и анализу данных с использованием методов CUSUM (Cumulative sum charts – Guidance on quality control and data analysis using CUSUM techniques)

[12]	Starling, K.E., Savidge, J.L. Compressibility Factors for Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Gases, American Gas Association (AGA) Transmission Measurement Committee Report No. 8, American Petroleum Institute (API) MPMS, chapter 14.2, second edition, November 1992
[13]	Jaeschke, M., Audibert, S., Van Caneghem, P., Humphreys, A.E., Janssen-Van Rosmalen, R., Pellei, Q., Michels, J.P.J., Schouten, J.A., Ten Seldam, C.A. <i>High Accuracy Compressibility Factor Calculation for Natural Gases and Similar Mixtures by Use of a Truncated Virial Equation</i> , GERG Technical Monograph TM2 (1988) and Fortschritt-Berichte VDI, Series 6, No. 231 (1989)

Ключевые слова: газ горючий природный, определение, энергия, методы приписывания, пересчет объема, точность
