ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71114— 2023

СИСТЕМА СТАНДАРТОВ РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

Методика расчета массового расхода парникового газа в газовом потоке

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным автономным учреждением «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ «ЦЭПП») совместно с Обществом с ограниченной ответственностью «НИИ экономики связи и информатики «Интерэкомс» (ООО «НИИ «Интерэкомс»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 020 «Экологический менеджмент и экономика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 ноября 2023 г. № 1466-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». 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 в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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

1 Область применения 1
2 Термины и определения. 1
3 Методики измерения 2
4 Методика мониторинга. Данные и параметры, подлежащие мониторингу 9
Приложение А (справочное) Дополнительные рекомендации по обработке данных и мониторингу для определения массового расхода метана в биогазе 14
Приложение Б (справочное) Давление воды и водяного пара в состоянии насыщения (по температуре) 16
Библиография 22

Введение

Настоящий стандарт разработан на основе международных методических указаний «TOOL08. Methodological tool: Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream. Version 03.0» («Методика № 8: Методика количественного определения массового расхода парниковых газов в газовом потоке. Версия 03.0»).

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИСТЕМА СТАНДАРТОВ РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

Методика расчета массового расхода парникового газа в газовом потоке

System of standards for implementing climate projects. Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream

Дата введения — 2024—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт представляет собой методическое руководство для количественного определения массового расхода парниковых газов в газовом потоке.

Настоящий стандарт описывает процедуры для определения показателя, приведенного в таблице 1.

Таблица 1 — Определяемый параметр

Параметр	Ед. изм. СИ	Описание
$F_{i,t}$	кг/ч	Массовый расход парникового газа *i* (CO_2, CH_4, N_2O, SF_6 или ПФУ) в газовом потоке за интервал времени *t*

Для расчета массового расхода определенного парникового газа измеряются следующие параметры:

а) общий объемный или массовый расход газового потока;

б) объемная доля парникового газа в газовом потоке,

в) состав газа и содержание воды.

Расход и объемная доля могут быть измерены как в сухом, так и во влажном газе. В стандарте описываются все возможные сочетания измерений в шести вариантах расчета для оценки массового расхода того или иного парникового газа (варианты A—F представлены в таблице 2).

Дополнительные указания по расчету массового расхода метана в биогазе представлены в приложении А.

Типичные области применения данного стандарта — методики, по которым измеряются расход и состав остаточных, факельных или дымовых газов для определения выбросов базовой линии и по проекту.

В методиках, в которых рассматривается только CO_2, следует применять материальные балансы для определения расхода и можно не использовать настоящий стандарт, поскольку расчет материального баланса — это более экономичный способ контроля расхода CO_2.

Базовая методология должна определять:

газовый поток, к которому применим стандарт;

- для каких парниковых газов следует применять стандарт;
- за какие временные интервалы будет определяться массовый расход;
- ситуации, когда упрощение, предлагаемое для расчета молекулярной массы газового потока [см. формулы (3) или (17)], применять нельзя (например, когда газовый поток состоит преимущественно из газа, отличного от N_2).

2 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

2.1 **абсолютная влажность:** Отношение массы H_2O (газообразной фазы) в газе к массе сухого газа.

Издание официальное

2.2 **на сухую массу:** Параметр, не учитывающий наличие H_2O в газе.

2.3 **газовый поток:** Смесь газообразных компонентов, которая может содержать различные доли N_2, CO_2, O_2, CO, H_2, CH_4, N_2O, NO, NO_2, SO_2, SF_6, ПФУ и H_2O в газообразной фазе, с абсолютным давлением ниже 10 атм или 1,013 МПа[1)].

Примечание — В смеси также могут присутствовать другие газы (например, углеводороды) при условии, что их общая концентрация составляет менее 1 % (об./об.)[2)] всех газов. Расчеты на сухую массу исключают наличие H_2O, расчеты на рабочую (влажную) массу потока включает влагу H_2O.

2.4 **влажность:** Концентрация H_2O по массе H_2O (газообразная фаза) на объем сухого газа при нормальных условиях, выраженная в мг $H_2O/м^3$ сухого газа.

2.5 **нормальные условия:** Условия, при которых температура 0° С (273,15 К, 32 F) и 1 атм [101,325 кН/м^2, 101,325 кПа, 14,69 абс. давления в фунтах на квадратный дюйм (psia), 29,92 дюйма рт. ст., 760 мм рт. ст.].

2.6 **абсолютная влажность:** Максимальное количество H_2O (газообразной фазы), которое может содержаться в газе при заданной температуре и давлении, выражаемое как отношение массы H_2O к массе сухого газа.

2.7 **на рабочую [влажную] массу:** Параметр, учитывающий наличие H_2O в газе.

2.8 **базовая методология (в климатических проектах):** Основные принципы, подходы или методы, которые используются как основное руководство при разработке и реализации проекта.

Примечания

1 Базовая методология может включать в себя технические, научные, экономические и организационные аспекты проекта.

2 Базовая методология определяет фундаментальные принципы, на которых строится проект, и обычно включает в себя следующие элементы:

- анализ и оценку выбросов парниковых газов — определение и измерение исходных выбросов, чтобы иметь точную базу для измерения снижения;
- технологические решения — определение технологий, процессов и методов, которые будут использоваться для снижения выбросов;
- мониторинг и отчетность — установление системы мониторинга и отчетности, для отслеживания прогресса в снижении выбросов и обеспечения прозрачности перед заинтересованными сторонами.

2.9 **парниковый газ;** ПГ: Газообразная составляющая атмосферы как природного, так и антропогенного происхождения, которая поглощает и испускает инфракрасное излучение, исходящее от земной поверхности, атмосферы и облаков.

Примечания

1 Перечень ПГ см. в последнем Оценочном Докладе Межправительственной рабочей группы по оценке изменений климата (IPCC).

2 Водяной пар и озон являются как антропогенными, так и природными парниковыми газами, но они не включены в перечень признанных ПГ из-за трудностей, в большинстве случаев связанных с выделением антропогенной составляющей глобального потепления, обусловленной их присутствием в атмосфере.

3 Методики измерения

Расход парникового газа *i* в газовом потоке $F_{i,t}$ определяются через измерение его расхода и объемной доли в газовом потоке. В таблице 2 приведены разные способы проведения этих измерений и соответствующие варианты расчета величины $F_{i,t}$. Описание данных и параметров, не подлежащих мониторингу, приведено в таблицах 3—8.

Участники проекта обязаны указать выбранный вариант в проектно-технической документации. Величину $F_{i,t}$ определяют согласно алгоритму и указаниям, описанным ниже для каждого варианта.

---

1) Это условие необходимо, поскольку в расчетах предполагается, что газовый поток ведет себя как идеальная бинарная смесь водяного пара и идеального газа. Если газовый поток содержит большие доли других газов, таких как углеводороды за исключением метана или гидрофторуглеродов, газ не может считаться идеальной газовой смесью. При среднем давлении газы будут вести себя как идеальные.

2) Для свалочного газа и дымовых газов от термического окисления с использованием природного газа предполагается, что общая концентрация прочих газов не превышает 1 % от общего объема.

Таблица 2 — Варианты измерений

Вариант	Расход газового потока	Объемная доля
A	Объемный расход — на сухую массу	На сухую или рабочую массу[1)]
B	Объемный расход — на рабочую массу	На сухую массу
C	Объемный расход — на рабочую массу	На рабочую массу
D	Массовый расход — на сухую массу	На сухую или рабочую массу
E	Массовый расход — на рабочую массу	На сухую массу
F	Массовый расход — на рабочую массу	На рабочую массу

3.1 Определение абсолютной влажности газового потока

Абсолютная влажность является параметром, используемым в вариантах B и E. Ее можно определить, измерив влажность (вариант 1) или приняв газовый поток за сухой или насыщенный в упрощенном консервативном подходе (вариант 2). Участники проекта должны указать выбранный вариант в проектно-технической документации.

3.1.1 Вариант 1 — расчет с использованием измерения влажности

Этот вариант представляет собой процедуру определения абсолютной влажности газового потока $m_{H_2O,t,db}$ по измерениям влажности газа согласно уравнению (1). Абсолютную влажность газового потока в интервале времени t на сухую массу $m_{\text{абс сух.}t}$, кг H_2O/кг сухого газа, рассчитывают по уравнению

$$m_{\text{абс.сух.}t} = \frac{C_{H_2O,t,\text{сух.н.у.}}}{10^6 \cdot \rho_{t,\text{сух.н.у.}}}, \quad (1)$$

где $C_{H_2O,t,\text{сух.н.у.}}$ — влажность газового потока в интервале времени t на сухую массу при нормальных условиях, мг H_2O/м^3 сухого газа;

$\rho_{t,\text{сух.н.у.}}$ — плотность газового потока за интервал времени t на сухую массу при нормальных условиях, мг H_2O/м^3 сухого газа.

Плотность газового потока за интервал времени t на сухую массу при нормальных условиях $\rho_{t,\text{сух.н.у.}}$, мг H_2O/м^3 сухого газа, рассчитывают по уравнению

$$\rho_{t,\text{сух.н.у.}} = \frac{P_{\text{н.у.}} \cdot MM_{t,\text{сух.}}}{R \cdot T_{\text{н.у.}}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{н.у.}}$ — абсолютное давление при нормальных условиях, Па;

$T_{\text{н.у.}}$ — температура при нормальных условиях, К;

$MM_{t,\text{сух.}}$ — молярная масса газового потока за интервал времени t на сухую массу, кг сухого газа/кмоль сухого газа;

R — универсальная газовая постоянная, Па·м^3/кмоль·К.

Молярную массу газового потока на сухую массу за интервал времени t $MM_{t,\text{сух.}}$, кг сухого газа/кмоль сухого газа, рассчитывают по уравнению

$$MM_{t,\text{сух.}} = \sum_k \left(v_{k,t,\text{сух.}} \cdot MM_k \right), \quad (3)$$

где $v_{k,t,\text{сух.}}$ — объемная доля газа k в газовом потоке за интервал времени t на сухую массу, м^3 газа k/м^3 сухого газа;

MM_k — молярная масса газа k, кг/кмоль;

k — все газы, кроме H_2O, содержащиеся в газовом потоке (например, N_2, CO_2, O_2, CO, H_2, CH_4, N_2O, NO, NO_2, SO_2, SF_6 и ПФУ). См. возможное упрощение ниже.

Определение молекулярной массы газового потока $MM_{t,\text{сух.}}$ требует измерения объемной доли всех газов k в газовом потоке. Однако для упрощения учитывается объемная доля только тех газов k,

[1)] Для влажного газового потока проведение измерения потока на сухой основе невозможно в пределах разумных затрат, поэтому показания объемной доли в анализаторах на влажной и сухой основе будут одинаковыми и оба типа могут использоваться для расчетов по вариантам A и D.

которые являются парниковыми и учитываются при расчете сокращения выбросов в базовой методологии, а разницу до 100 % можно считать чистым азотом. Данное упрощение не применимо, если в базовой методологии используется иное допущение.

3.1.2 Вариант 2 — упрощенный расчет без измерения влажности

Данный вариант предусматривает простой и консервативный подход к определению абсолютной влажности за счет допущения, что газовый поток является сухим или насыщенным в зависимости от того, какой из данных вариантов считается более консервативным[1)].

Если консервативно считать, что газовый поток сухой, то $m_{H_2O,t,сух.}$ принимается равным нулю. Если консервативно считать, что газовый поток насыщен, то $m_{H_2O,t,сух.}$ принимается равным абсолютной влажности насыщения $m_{H_2O,t,сух.\ насыщ.}$ и вычисляется по формуле

$$m_{H_2O,t,сух.насыщ.} = \frac{p_{H_2O,t,насыщ.} \cdot MM_{H_2O}}{\left(P_t - p_{H_2O,t,насыщ.}\right) \cdot MM_{t,сух.}}, \quad (4)$$

где $m_{H_2O,t,сух.\ насыщ.}$ — абсолютная влажность насыщения за интервал времени t на сухую массу, кг H_2O/кг сухого газа;

$p_{H_2O,t,\ насыщ.}$ — давление насыщения H_2O при температуре T_t в интервале времени t, Па;

T_t — температура газового потока в интервале времени t, К;

P_t — абсолютное давление газового потока в интервале времени t, Па;

MM_{H_2O} — молярная масса H_2O, кг H_2O/кмоль H_2O;

$MM_{t,сух.}$ — молярная масса газового потока за интервал времени t на сухую массу, кг сухого газа/кмоль сухого газа.

Параметр $MM_{t,сух.}$ оценивается с использованием формулы (3).

3.1.2.1 Вариант А

Измерение расхода на сухую массу невозможно для влажного газового потока. Поэтому чтобы использовать этот вариант, необходимо доказать, что газовый поток является сухим. Для этого есть два способа:

а) измерить влажность газового потока $C_{H_2O,t,\ сух.н.у}$ и продемонстрировать, что ее значение меньше или равно 0,05 кг H_2O/м^3 сухого газа;

б) продемонстрировать, что температура газового потока T_t ниже 60°С (333,15 К) в точке измерения расхода.

Если невозможно доказать, что газовый поток сухой, то следует принять, что измерение расхода производится на рабочую (влажную) массу, и применять соответствующий вариант из таблицы 2.

Массовый расход парникового газа i $F_{i,t}$ рассчитывается по уравнению

$$F_{i,t} = V_{t,сух.} \cdot v_{i,t,сух.} \cdot \rho_{i,t}. \quad (5)$$

При этом

$$\rho_{i,t} = \frac{P_t \cdot MM_i}{R \cdot T_t}, \quad (6)$$

где $F_{i,t}$ — массовый расход парникового газа i в газовом потоке за интервал времени t, кг газа/ч;

$V_{t,сух.}$ — объемный расход за интервал времени t на сухую массу, м^3 сухого газа/ч;

$v_{i,t,сух.}$ — объемная доля парникового газа i в газовом потоке за интервал времени t на сухую массу, м^3 газа i/м^3 сухого газа;

$\rho_{i,t}$ — плотность парникового газа i в газовом потоке в интервале времени t, кг газа i/м^3 газа i;

P_t — абсолютное давление газового потока в интервале времени t, Па;

MM_i — молярная масса парникового газа i, кг/кмоль;

R — универсальная газовая постоянная, Па·м^3/кмоль·К;

T_t — температура газового потока в интервале времени t, К.

[1)] Допущение, что газовый поток насыщен, является консервативным для ситуации, когда массовый расход парникового газа i недооценивается, занижается (применимо для расчета выбросов базовой линии). И наоборот, предположение, что газовый поток сухой, является консервативным для ситуации, когда парниковый газ i переоценивается, завышается (применимо для расчета проектных выбросов).

3.1.2.2 Вариант B

Массовый расход парникового газа i $F_{i,t}$ определяется с помощью формул (5) и (6). Объемный расход газового потока за интервал времени t на сухую массу $V_{t,\text{сух.}}$, м^3 сухого газа/ч, определяется путем приведения измеренного объемного расхода на влажную массу к сухой массе по формуле

$$V_{t,\text{сух.}} = V_{t,\text{влаж.}}/(1 + v_{H_2O,t,\text{сух.}}), \quad (7)$$

где $V_{t,\text{влаж.}}$ — объемный расход газового потока за интервал времени t на рабочую массу, м^3 влажного газа/ч;

$v_{H_2O,t,\text{сух.}}$ — объемная доля H_2O в газовом потоке за интервал времени t на сухой основе, м^3 H_2O/м^3 сухого газа.

Объемная доля H_2O в газовом потоке за интервал времени t на сухую массу $v_{H_2O,t,\text{сух.}}$, м^3 H_2O/м^3 сухого газа, рассчитывается по формуле

$$v_{H_2O,t,\text{сух.}} = \frac{m_{H_2O,t,\text{сух.}b} \cdot MM_{t,\text{сух.}}}{MM_{H_2O}}, \quad (8)$$

где $m_{H_2O,t,\text{сух.}b}$ — абсолютная влажность газового потока за интервал времени t на сухую массу, кг H_2O/кг сухого газа;

$MM_{t,\text{сух.}}$ — молярная масса газового потока за интервал времени t на сухой основе, кг сухого газа/кмоль сухого газа;

MM_{H_2O} — молярная масса H_2O, кг H_2O/кмоль H_2O.

Абсолютная влажность газового потока $m_{H_2O,t,\text{сух.}}$ определяется с помощью вариантов 1 или 2, описанных в 3.1, а молярная масса газового потока $MM_{t,\text{сух.}}$ определяется с использованием формулы (3).

3.1.2.3 Вариант C

Массовый расход парникового газа i в газовом потоке за интервал времени t $F_{i,t}$, кг газа/ч, рассчитывается по формуле

$$F_{i,t} = V_{t,\text{влаж., н.у.}} \cdot v_{i,t,\text{влаж.}} \cdot \rho_{i,\text{н.у.}}. \quad (9)$$

При этом

$$\rho_{i,\text{н.у.}} = \frac{P_{\text{н.у.}} \cdot MM_i}{R \cdot T_{\text{н.у.}}}, \quad (10)$$

где $V_{t,\text{влаж., н.у.}}$ — объемный расход газового потока за интервал времени t на рабочую массу при нормальных условиях, м^3 влажного газа/ч;

$v_{i,t,\text{влаж.}}$ — объемная доля парникового газа i в газовом потоке за интервал времени t на рабочую массу, м^3 газа i/м^3 влажного газа;

$\rho_{i,\text{н.у.}}$ — плотность парникового газа i в газовом потоке при нормальных условиях, кг газа i/м^3 влажного газа i;

$P_{\text{н.у.}}$ — абсолютное давление при нормальных условиях, Па;

$T_{\text{н.у.}}$ — температура при нормальных условиях, К;

MM_i — молярная масса парникового газа i, кг/кмоль;

R — универсальная газовая постоянная, Па·м^3/кмоль·К.

Для приведения расчета объемного расхода газового потока при фактических температуре и давлении к нормальным условиям следует использовать формулу (11). Объемный расход газового потока за интервал времени t на рабочую массу при нормальных условиях $V_{t,\text{влаж.н.у}}$, м^3 влажного газа/ч, рассчитывается по формуле

$$V_{t,\text{влаж.н.у}} = V_{t,\text{влаж.}} \cdot [(T_{\text{н.у.}}/T_t) \cdot (P_t/P_{\text{н.у.}})], \quad (11)$$

где $V_{t,\text{влаж.}}$ — объемный расход газового потока за интервал времени t на рабочую массу, м^3 влажного газа / ч;

P_t — давление газового потока в интервале времени t, Па;

T_t — температура газового потока в интервале времени t, К;

$P_{\text{н.у.}}$ — абсолютное давление при нормальных условиях, Па;

$T_{\text{н.у.}}$ — температура при нормальных условиях, К.

3.1.2.4 Вариант D

Измерение расхода на сухую массу невозможно для влажного газового потока. Поэтому чтобы использовать данный вариант, необходимо доказать, что газовый поток является сухим. Для этого есть два способа:

а) измерить влажность газового потока $C_{H_2O,t,сух.\ н.у.}$ и продемонстрировать, что ее значение меньше или равно 0,05 кг H_2O/м^3 сухого газа;

б) продемонстрировать, что температура газового потока T_t ниже 60°С (333,15 К) в точке измерения расхода.

Если невозможно доказать, что газовый поток сухой, то следует принять, что измерение расхода производится на рабочую массу, и использовать соответствующий вариант из таблицы 2.

Массовый расход парникового газа i $F_{i,t}$ определяется с помощью формул (5) и (6). Объемный расход газового потока за интервал времени t на сухую массу $V_{t,сух.}$, м^3 сухого газа/ч, определяется путем приведения массового расхода к объемному расходу по формуле

$$V_{t,сух.} = M_{t,сух.}/\rho_{t,сух.}, \quad (12)$$

где $M_{t,сух.}$ — массовый расход за интервал времени t на сухую массу, кг/ч;

$\rho_{t,сух.}$ — плотность газового потока в интервале времени t на сухую массу, кг сухого газа/м^3 сухого газа.

Плотность газового потока в интервале времени t на сухую массу $\rho_{t,сух.}$, кг сухого газа/м^3 сухого газа, рассчитывается по формуле

$$\rho_{t,сух.} = \frac{P_t \cdot MM_{t,сух.}}{R \cdot T_t}, \quad (13)$$

где $MM_{t,сух.}$ — молярная масса газового потока в интервале времени t на сухую массу, кг сухого газа/кмоль сухого газа;

P_t — давление газового потока в интервале времени t, Па;

T_t — температура газового потока в интервале времени t, К.

Молярная масса газового потока $MM_{t,сух.}$ определяется согласно формуле (3).

3.1.2.5 Вариант E

Массовый расход парникового газа i $F_{i,t}$ определяется с помощью формул (5) и (6). Объемный расход газового потока за интервал времени t на сухую массу $V_{t,сух.}$ определяется в два шага. Сначала газовый поток в массовых единицах за интервал времени t на влажной основе $M_{t,влаж.}$ приводится к сухой основе по формуле

$$M_{t,сух.} = M_{t,влаж.}/(1 + m_{H_2O,t,сух.}), \quad (14)$$

где $M_{t,сух.}$ — массовый расход газового потока за интервал времени t на сухую массу, кг/ч;

$M_{t,влаж.}$ — массовый расход газового потока за интервал времени t на рабочую массу, кг/ч;

$m_{H_2O,t,сух.}$ — абсолютная влажность H_2O газового потока в интервале времени t на сухую массу, кг H_2O/кг сухого газа.

Затем массовый расход газового потока за интервал времени t на сухую массу $M_{t,сух.}$ переводится в объемный расход газового потока за интервал времени t на сухую массу $V_{t,сух.}$ с использованием формулы (12).

Абсолютная влажность газового потока $m_{H_2O,t,сух.}$ определяется с использованием вариантов 1 или 2, описанных в 3.1.

3.1.2.6 Вариант F

Массовый поток парникового газа i $F_{i,t}$ определяется с помощью формул (9), (10) и следующих уравнений:

$$V_{t,влаж.} = M_{t,влаж.}/\rho_{t,влаж.н.у.}; \quad (15)$$

$$\rho_{t,влаж.н.у.} = \frac{P_{н.у.} \cdot MM_{t,влаж.}}{R \cdot T_{н.у.}}, \quad (16)$$

где $V_{t,влаж.}$ — объемный расход газового потока за интервал времени t на рабочую массу, м^3 влажного газа / ч;

$M_{t,влаж.}$ — массовый расход газового потока за интервал времени t на рабочую массу, кг/ч;

$\rho_{t,влаж.н.у.}$ — плотность газового потока в интервале времени t на рабочую массу при нормальных условиях, мг H_2O/м^3 влажного газа;

$MM_{t,влаж.}$ — молярная масса газового потока в интервале времени t на рабочую массу, кг влажного газа/кмоль влажного газа;

$P_{н.у.}$ — абсолютное давление при нормальных условиях, Па;

$T_{н.у.}$ — температура при нормальных условиях, К;

R — универсальная газовая постоянная, Па·м^3/кмоль·К.

Молярную массу газового потока в интервале времени t на рабочую массу $MM_{t,влаж.}$, кг влажного газа/кмоль влажного газа, рассчитывают по формуле

$$MM_{t,влаж.} = \sum_k \left(v_{k,t,влаж.} \cdot MM_k\right), \quad (17)$$

где $v_{k,t,влаж.}$ — объемная доля газа k в газовом потоке в интервале времени t на рабочую массу, м^3 газа k /м^3 влажного газа;

MM_k — молярная масса газа k, кг/кмоль;

k — все газы, содержащиеся в газовом потоке (например, N_2, CO_2, O_2, CO, H_2, CH_4, N_2O, NO, NO_2, SO_2, SF_6, ПФУ и H_2O в газообразной фазе). См. возможное упрощение ниже.

Определение молекулярной массы газового потока $MM_{t,влаж.}$ требует измерения объемной доли всех газов k в газовом потоке. Однако для упрощения считается объемная доля только тех газов k, которые являются парниковыми и учитываются при расчете сокращения выбросов в базовой методологии, а разница до 100 % может считаться чистым азотом. Данное упрощение не применяется, если в базовой методологии используется иное допущение.

3.2 Данные и параметры, не подлежащие мониторингу

Таблица 3 — Данные/параметры 1

Данные/параметр	R
Единица	Па·м^3 / кмоль·К
Описание	Универсальная газовая постоянная
Используемое значение	8 314
Комментарий	—

Таблица 4 — Данные/параметры 2

Данные/параметр	MM_i		
Единица	кг/кмоль		
Описание	Молярная масса парникового газа i		
Используемое значение	Соединение	Структура	Молярная масса (кг/кмоль)
	Углерода диоксид	CO_2	44,01
	Метан	CH_4	16,04
	Оксид азота (I) Закись озота	N_2O	44,02
	Фторид серы (VI) Гексафторид серы	SF_6	146,06
	Тетрафторметан Четырехфтористый углерод Углерода тетрафторид	CF_4	88,00
	Гексафторэтан	C_2F_6	138,01
	Октафторпропан	C_3F_8	188,02
	Перфторбутан	C_4F_{10}	238,03

Окончание таблицы 4

	Октафторциклобутан	c-C_4F_8	200,03
	Перфторпентан Додекафторпентан	C_5F_{12}	288,03
	Перфторгексан Тетрадекафторгексан	C_6F_{14}	338,04
Комментарий	—		

Таблица 5 — Данные/параметры 3

Данные/параметр	MM_k		
Единица	кг/кмоль		
Описание	Молярная масса газа *k*		
Используемое значение	Соединение	Структура	Молярная масса (кг/кмоль)
	Азот	N_2	28,01
	Кислород	O_2	32,00
	Оксид углерода (II) Углерода монооксид	CO	28,01
	Водород	H_2	2,02
	Оксид азота (II) Азота монооксид Окись азота	NO	30,01
	Оксид азота (VI) Азота диоксид	NO_2	46,01
	Оксид серы (IV) Диоксид серы	SO_2	64,06
Описание	—		

Таблица 6 — Данные/параметры 4

Данные/параметр	MM_{H_2O}
Единица	кг/кмоль
Описание	Молярная масса воды
Используемое значение	18,0152 кг/кмоль
Комментарий	—

Таблица 7 — Данные/параметры 5

Данные/параметр	$P_{н.у.}$
Единица	Па
Описание	Давление при нормальных условиях
Используемое значение	101 325 Па
Комментарий	—

Таблица 8 — Данные/параметры 6

Данные/Параметр	$T_{н.у.}$
Единица	К
Описание	Температура при нормальных условиях
Используемое значение	273,15 К
Комментарий	—

4 Методика мониторинга. Данные и параметры, подлежащие мониторингу

Все контролируемые данные должны быть связаны во времени, т. е. расчеты должны производиться только с учетом набора данных, полученных за один и тот же интервал времени. Описание данных и параметров, подлежащих мониторингу, приведено в таблицах 9—21. Как отмечалось выше, участники проекта могут использовать часовой или меньший дискретный интервал времени (рекомендуется использовать минимальный технически достижимый интервал времени). Кроме того, в приложении А приведены дополнительные указания по мониторингу массового расхода метана в биогазе.

Таблица 9 — Данные/параметры 7

Данные/параметр	$V_{t,влаж.}$
Единица	$м^3$ влажного газа/ч
Описание	Объемный расход за интервал времени t на рабочую массу
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Измерение объемного расхода всегда должно производиться при фактическом давлении и температуре. Необходимы соответствующие приборы с регистрируемым электронным сигналом (аналоговым или цифровым)
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии не указано иное
Процедуры обеспечения/контроля качества	Для всех проектов, в которых применяются крупномасштабные методологии, обязателен периодический метрологический контроль независимой аккредитованной лабораторией. Калибровка и ее периодичность должны соответствовать спецификациям изготовителя
Комментарий	Данный параметр контролируется в вариантах В и С

Таблица 10 — Данные/параметры 8

Данные/параметр	$V_{t,сух.}$
Единица	$м^3$ сухого газа/ч
Описание	Объемный расход газового потока за интервал времени t на сухую массу
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Измерение объемного расхода всегда должно производиться при фактическом давлении и температуре. Рассчитывается посредством измерения расхода на рабочую массу и концентрации воды
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии не указано иное
Процедуры обеспечения и контроля качества	Для всех проектов, в которых применяются масштабные методики, обязателен периодический метрологический контроль независимой аккредитованной лабораторией. Калибровка и ее частота должны соответствовать спецификациям изготовителя
Комментарий	Данный параметр контролируется в варианте А

Таблица 11 — Данные/параметры 9

Данные/параметр	$V_{i,t,сух.}$
Единица	$м^3$ газа *i*/$м^3$ сухого газа
Описание	Объемная доля парникового газа *i* в газовом потоке за интервал времени *t* на сухую массу
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Газоанализатор непрерывного действия, работающий на сухую массу. Измерение объемного расхода всегда должно производиться при фактическом давлении и температуре
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии не указано иное
Процедуры обеспечения и контроля качества	Калибровка должна включать проверку нулевых значений с использованием инертного газа (например, N_2) и по крайней мере одну проверку показаний с использованием поверочной газовой смеси (однокомпонентной или смеси калибровочных газов). Все поверочные газовые смеси должны иметь сертификат производителя, и для них должны контролироваться их сроки годности
Комментарий	Данный параметр контролируется в вариантах B и E и может отслеживаться в вариантах A и D

Таблица 12 — Данные/параметры 10

Данные/параметр	$V_{i,t,влаж.}$
Единица	$м^3$ газа *i*/$м^3$ влажного газа
Описание	Объемная доля парникового газа *i* в газовом потоке за интервал времени *t* на рабочую массу
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Рассчитывается посредством анализа на сухую массу, а также измерения концентрации воды или посредством непрерывных анализаторов на месте, если в базовой методологии не указано иное
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии не указано иное
Процедуры обеспечения и контроля качества	Калибровка должна включать проверку нулевых значений с использованием инертного газа (например, N_2) и по крайней мере одну проверку показаний с использованием поверочной газовой смеси (однокомпонентной или смеси калибровочных газов). Все поверочные газовые смеси должны иметь сертификат производителя, и должны контролироваться их сроки годности
Комментарий	Данный параметр контролируется в вариантах C и F и может отслеживаться в вариантах A и D

Таблица 13 — Данные/параметры 11

Данные/параметр	$M_{t,влаж.}$
Единица	кг/ч
Описание	Массовый расход газового потока за интервал времени *t* на рабочую массу
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Требуются соответствующие приборы с регистрируемым электронным сигналом (аналоговым или цифровым)
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии не указано иное
Процедуры обеспечения и контроля качества	Обязателен периодический метрологический контроль независимой аккредитованной лабораторией. Калибровка и ее частота должны соответствовать спецификациям изготовителя
Комментарий	Данный параметр контролируется в вариантах A и F

Таблица 14 — Данные/параметры 12

Данные/параметр	$M_{t,сух.}$
Единица	кг/ч
Описание:	Массовый расход за интервал времени t на сухую массу
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Рассчитывается посредством измерения потока на рабочую массу и измерения концентрации воды
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии не указано иное
Процедуры контроля качества	Калибровка и ее частота должны соответствовать спецификациям изготовителя
Комментарий	Данный параметр контролируется в варианте D

Таблица 15 — Данные/параметры 13

Данные/параметр	$C_{H_2O,t,сух.\ н.у.}$
Единица	мг $H_2O/м^3$ сухого газа
Описание	Влажность газового потока за интервал времени t на сухую массу при нормальных условиях
Источник данных	Измерения в соответствии с [1] (ФР.1.31.2022.44189)
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Процедура дискретного измерения
Частота мониторинга	Следует учитывать среднее значение между тремя последовательными измерениями, выполненными в один и тот же день (длительностью не менее 2 часов каждое). Измерения должны совпадать с ежегодным метрологическим контролем расходомера для газового потока в соответствии с законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений
Процедуры обеспечения и контроля качества	В соответствии с [1] (ФР.1.31.2022.44189)
Комментарий	Мониторинг необходим, если применяется вариант 1, описанный в разделе 3.1, или в качестве одного из способов подтверждения того, что газовый поток сухой (необходимо для вариантов A и D)

Таблица 16 — Данные/параметры 14

Данные/параметр	T_t
Единица	К
Описание	Температура газового потока в интервале времени t
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Требуются соответствующие приборы с регистрируемым электронным сигналом (аналоговым или цифровым). Примеры включают термопары, терморезисторы и т. д.
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии не указано иное
Процедуры обеспечения и контроля качества	Обязателен периодический метрологический контроль независимой аккредитованной лабораторией. Калибровка и ее частота должны соответствовать спецификациям изготовителя

Окончание таблицы 16

Комментарий	Если все параметры приводятся к нормальным условиям в процессе мониторинга, этот параметр может не понадобиться, за исключением определения влажности, и поэтому его следует измерять только при выполнении таких измерений (с той же периодичностью). Однако если принято, что температура потока газа ниже 60 °С, этот параметр необходимо постоянно отслеживать, чтобы убедиться в соблюдении условия

Таблица 17 — Данные/параметры 15

Данные/параметр	P_t
Единица	Па
Описание	Абсолютное давление газового потока в интервале времени *t*
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Требуются соответствующие приборы с регистрируемым электронным сигналом (аналоговым или цифровым). Примеры включают датчики давления и т. д.
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии не указано иное
Процедуры обеспечения и контроля качества	Необходимо выполнять периодический метрологический контроль и иметь в наличии записи о процедурах калибровки, а также эталонное устройство и сертификат калибровки. Датчики давления (емкостные или резистивные) необходимо калибровать ежемесячно
Комментарий	Если все параметры приводятся к нормальным условиям в процессе мониторинга, данный параметр может не понадобиться, за исключением определения влажности, и поэтому его следует измерять только при выполнении таких измерений (с той же периодичностью)

Таблица 18 — Данные/параметры 16

Данные/параметр	$p_{H_2O,t,\text{насыщ.}}$
Единица	Па
Описание	Давление насыщения H_2O при температуре T_t в интервале времени *t*. Численные значения давления воды и водяного пара в состоянии насыщения (по температуре) приведены в приложении Б
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Этот параметр зависит исключительно от температуры газового потока T_t и может быть найден в приложении А настоящего стандарта.
Частота мониторинга	—
Процедуры обеспечения и контроля качества	—
Комментарий	—

Таблица 19 — Данные/параметры 17

Данные/параметр	$v_{k,t,\text{сух.}}$
Единица	$м^3$ газа *k*/$м^3$ сухого газа
Описание	Объемная доля газа *k* в газовом потоке за интервал времени *t* на сухую массу
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Газоанализатор непрерывного действия, измеряющий на сухую массу
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии/стандарте не указано иное

Окончание таблицы 19

Процедуры обеспечения и контроля качества	Калибровка должна включать проверку нулевых значений с использованием инертного газа (например, N_2) и по крайней мере одну проверку показаний с использованием поверочной газовой смеси (однокомпонентной или смеси калибровочных газов). Все калибровочные газы должны иметь сертификат производителя, и должны контролироваться их сроки годности
Комментарий	—

Таблица 20 — Данные/параметры 18

Данные/параметр	$v_{k,t,влаж.}$
Единица	м^3 газа k/м^3 влажного газа
Описание	Объемная доля газа k в газовом потоке в интервале времени t на рабочую массу
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Рассчитывается посредством анализа на сухую массу, а также измерения концентрации воды или посредством непрерывных анализаторов на месте, если в базовой методологии/стандарте не указано иное
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии не указано иное
Процедуры контроля качества	Калибровка должна включать проверку нулевых значений с использованием инертного газа (например, N_2) и по крайней мере одну проверку показаний с использованием поверочной газовой смеси (однокомпонентной или смеси калибровочных газов). Все калибровочные газы должны иметь сертификат производителя, и должны контролироваться их сроки годности
Комментарий	—

Таблица 21 — Данные/параметры 19

Данные/параметр	Состояние устройства для утилизации биогаза
Единица	—
Описание	Рабочее состояние устройств для утилизации биогаза
Источник данных	—
Процедуры измерения (если таковые имеются)	Мониторинг и документирование могут осуществляться путем регистрации выработки энергии из улавливаемого метана или работы факела с помощью детектора пламени для демонстрации фактической утилизации метана, если в базовой методологии/стандарте не указан иной метод. Сокращение выбросов не будет происходить в периоды, когда устройство утилизации не работает
Частота мониторинга	Непрерывно, если в базовой методологии не указано иное
Процедуры обеспечения и контроля качества	—
Комментарий	Для получения информации об устройствах обнаружения пламени используйте методику «Прогнозируемые выбросы при сжигании на факелах»

Приложение А
(справочное)

Дополнительные рекомендации по обработке данных и мониторингу для определения массового расхода метана в биогазе

Настоящее приложение применимо к проектам для определения массового расхода метана в биогазе, получаемом при переработке отходов, и свалочном газе.

А.1 Замена данных при подсчете содержания метана или расхода биогаза

Если в ходе определения массового расхода метана обнаруживаются недостающие данные, пробелы могут быть восполнены консервативными наборами данных (см. ниже) за определенные периоды. Однако замена данных должна применяться либо к концентрации метана, либо объемного расхода биогаза, но не к обоим показателям одновременно. Если в течение определенного интервала времени отсутствуют данные для обоих показателей, в течение этого интервала замена данных не допускается.

Замена, описанная в таблице А.1 ниже, может производиться лишь при соблюдении следующих условий:

а) для показателя концентрации метана расход биогаза в период отсутствия данных должен соответствовать нормальному режиму работы (т. е. средний расход в период отсутствия данных не должен отклоняться от среднего расхода за период замены данных[1)] более чем на ±20 %);

б) для показателя расхода биогаза концентрация метана в течение интервала отсутствия данных должна соответствовать значениям концентрации метана при нормальном режиме работы (т. е. средняя концентрация метана в период отсутствия данных не должна отклоняться от средней концентрации метана в период замены данных более чем на ±20 %);

в) участники проекта должны продемонстрировать, что метан утилизируется в течение интервала отсутствия данных. Если значения подтверждающих показателей не соответствуют ни одному из этих требований, замена данных не допускается.

Таблица А.1 — Процедура замены данных

Длительность периода отсутствия данных	Процедура замены данных
Менее 6 ч	Используйте средневзвешенное значение данных за 4 ч до и 4 ч после перерыва в данных
От 6 до 24 ч	Используйте верхнюю или нижнюю границу 95 % доверительного интервала данных за 24 ч до и 24 ч после перерыва в данных в зависимости от того, что приведет к более консервативной оценке сокращения выбросов
От 1 до 7 сут	Используйте верхнюю или нижнюю границу 95 % доверительного интервала данных за 72 ч до и 72 ч после перерыва в данных в зависимости от того, что приведет к более консервативной оценке сокращения выбросов
Более одной недели	Замену данных производить нельзя

А.2 Использование одного расходомера для многоцелевого применения рекуперированного биогаза

Если улавливаемый биогаз (например, свалочный газ) используется для нескольких целей (например, сжигание на факелах или выработка энергии) все устройства для утилизации метана проверены на работоспособность (например, с помощью датчиков пламени, выработки энергии), то для учета расхода в нескольких устройствах утилизации можно использовать один расходомер. В качестве эффективности утилизации для всех устройств утилизации, контролируемых данным расходомером, используется эффективность наименее эффективного из устройств утилизации.

Если в течение каких-либо периодов одно или несколько устройств утилизации не работают, сокращение выбросов в результате утилизации метана за эти периоды может быть заявлено при условии, что проверка подтверждает выполнение всех указанных ниже условий. В этом случае в качестве эффективности утилизации для всех устройств утилизации, контролируемых данным расходомером, используется эффективность наименее эффективного из устройств утилизации.

а) Все устройства утилизации должны быть оснащены клапанами на входном газопроводе, которые автоматически закрываются (например, нормально закрытые клапаны), если устройство становится неработоспособным (т. е. не требуется ручное вмешательство), либо сконструированы таким образом, чтобы физически невозможно пропустить газ в атмосферу в периоды неработоспособности устройства.

[1)] Интервал замены данных определяется в соответствии с процедурой замены данных, приведенной в таблице А.1.

б) В течение любого периода, когда одно или несколько устройств утилизации в рамках данной схемы не работают, должно быть продемонстрировано, что остальные работающие устройства способны утилизировать фактический поток газа, зарегистрированный в течение этого периода. Для устройств, не являющихся факельными установками, должно быть показано, что выходной сигнал соответствует потоку газа (например, по массовому и/или энергетическому балансу).

Измерение содержания метана должно проводиться в точке непосредственно после расходомера с соблюдением требований по установке расходомера.

А.3 Использование метода отбора проб для определения содержания метана в свалочном газе

Содержание метана в свалочном газе можно контролировать путем отбора проб при соблюдении следующих условий:

а) для отбора проб используется ГОСТ 31370[1)] с отбором не менее двух проб в неделю;

б) должны соблюдаться национальные (например, ГОСТ Р 59417[2)]) или международные методики измерения содержания метана в биогазе путем полунепрерывного анализа; в противном случае показания газоанализатора могут сниматься только тогда, когда содержание метана стабильно в течение не менее 3 мин. Анализ прибором Орса не пригоден;

в) расход биогаза контролируется непрерывно. Содержание метана, измеренное путем отбора проб за данный период, может быть использовано непосредственно только в том случае, если средний расход в течение ближайшей недели колеблется не более чем на ±20 % по сравнению со средним значением за период, в течение которого содержание метана измеряется путем отбора проб. В противном случае к измеренному содержанию метана должна быть применена консервативная корректировка, т. е. используется наблюдаемое отклонение в качестве коэффициента дисконтирования.

[1)] ГОСТ 31370—2008 (ИСО 10715:1997) «Газ природный. Руководство по отбору проб».

[2)] ГОСТ Р 59417—2021 «Биологическая безопасность. Определение биогазового потенциала полигонов твердых коммунальных отходов с откачкой биогаза из вертикальных скважин и утилизацией на факельной установке. Общие технические условия».

Приложение Б
(справочное)

Давление воды и водяного пара в состоянии насыщения (по температуре)

В таблице Б.1 приведены численные значения, принятые по [2].

Таблица Б.1 — Численные значения, принятые по [2]

t, °С	T, К	p, МПа	t, °С	T, К	p, МПа
0	273,15	0,0006108	30	303,15	0,0042417
0,01	273,16	0,0006112	31	304,15	0,0044913
1	274,15	0,0006566	32	305,15	0,0047536
2	275,15	0,0007054	33	306,15	0,005029
3	276,15	0,0007575	34	307,15	0,0053182
4	277,15	0,0008129	35	308,15	0,0056217
5	278,15	0,0008718	36	309,15	0,0059401
6	279,15	0,0009346	37	310,15	0,006274
7	280,15	0,0010012	38	311,15	0,006624
8	281,15	0,0010721	39	312,15	0,0069907
9	282,15	0,0011473	40	313,15	0,0073749
10	283,15	0,0012271	41	314,15	0,0077772
11	284,15	0,0013118	42	315,15	0,0081983
12	285,15	0,0014015	43	316,15	0,008639
13	286,15	0,0014967	44	317,15	0,0090998
14	287,15	0,0015974	45	318,15	0,0095817
15	288,15	0,0017041	46	319,15	0,0100854
16	289,15	0,001817	47	320,15	0,010612
17	290,15	0,0019364	48	321,15	0,011161
18	291,15	0,0020626	49	322,15	0,011735
19	292,15	0,002196	50	323,15	0,012335
20	293,15	0,0023368	51	324,15	0,01296
21	294,15	0,0024855	52	325,15	0,013612
22	295,15	0,0026424	53	326,15	0,014292
23	296,15	0,0028079	54	327,15	0,015001
24	297,15	0,0029824	55	328,15	0,01574
25	298,15	0,0031663	56	329,15	0,01651
26	299,15	0,00336	57	330,15	0,017312
27	300,15	0,0035639	58	331,15	0,018146
28	301,15	0,0037785	59	332,15	0,019015
29	302,15	0,0040043	60	333,15	0,019919

Продолжение таблицы Б.1

t, °С	*T*, К	*p*, МПа	*t*, °С	*T*, К	*p*, МПа
61	334,15	0,020859	96	369,15	0,087685
62	335,15	0,021837	97	370,15	0,090943
63	336,15	0,022854	98	371,15	0,094301
64	337,15	0,02391	99	372,15	0,09776
65	338,15	0,025008	100	373,15	0,101325
66	339,15	0,026148	101	374,15	0,104996
67	340,15	0,027332	102	375,15	0,108776
68	341,15	0,028561	103	376,15	0,112668
69	342,15	0,029837	104	377,15	0,116675
70	343,15	0,031161	105	378,15	0,120799
71	344,15	0,032533	106	379,15	0,125042
72	345,15	0,033957	107	380,15	0,129408
73	346,15	0,035433	108	381,15	0,133898
74	347,15	0,036963	109	382,15	0,138515
75	348,15	0,038548	110	383,15	0,14326
76	349,15	0,04019	111	384,15	0,14814
77	350,15	0,04189	112	385,15	0,15316
78	351,15	0,04365	113	386,15	0,15832
79	352,15	0,045473	114	387,15	0,16361
80	353,15	0,047359	115	388,15	0,16905
81	354,15	0,04931	116	389,15	0,17464
82	355,15	0,051328	117	390,15	0,18038
83	356,15	0,053415	118	391,15	0,18628
84	357,15	0,055572	119	392,15	0,19233
85	358,15	0,057803	120	393,15	0,19854
86	359,15	0,060107	121	394,15	0,20491
87	360,15	0,062488	122	395,15	0,21145
88	361,15	0,064947	123	396,15	0,21815
89	362,15	0,067486	124	397,15	0,22503
90	363,15	0,070108	125	398,15	0,23209
91	364,15	0,072814	126	399,15	0,23932
92	365,15	0,075607	127	400,15	0,24674
93	366,15	0,078488	128	401,15	0,25434
94	367,15	0,08146	129	402,15	0,26213
95	368,15	0,084525	130	403,15	0,27012

Продолжение таблицы Б.1

t, °С	*T*, К	*p*, МПа	*t*, °С	*T*, К	*p*, МПа
131	404,15	0,2783	166	439,15	0,7183
132	405,15	0,28668	167	440,15	0,7362
133	406,15	0,29527	168	441,15	0,75445
134	407,15	0,30406	169	442,15	0,77305
135	408,15	0,31306	170	443,15	0,79202
136	409,15	0,32227	171	444,15	0,81136
137	410,15	0,33171	172	445,15	0,83106
138	411,15	0,34137	173	446,15	0,85114
139	412,15	0,35125	174	447,15	0,87161
140	413,15	0,36136	175	448,15	0,89246
141	414,15	0,3717	176	449,15	0,9137
142	415,15	0,38228	177	450,15	0,93534
143	416,15	0,39311	178	451,15	0,95739
144	417,15	0,40418	179	452,15	0,97984
145	418,15	0,4155	180	453,15	1,0027
146	419,15	0,42707	181	454,15	1,026
147	420,15	0,4389	182	455,15	1,0497
148	421,15	0,45099	183	456,15	1,0738
149	422,15	0,46334	184	457,15	1,0984
150	423,15	0,47597	185	458,15	1,1234
151	424,15	0,48887	186	459,15	1,1488
152	425,15	0,50205	187	460,15	1,1748
153	426,15	0,51552	188	461,15	1,2011
154	427,15	0,52926	189	462,15	1,2279
155	428,15	0,54331	190	463,15	1,2552
156	429,15	0,55764	191	464,15	1,283
157	430,15	0,57228	192	465,15	1,3112
158	431,15	0,58722	193	466,15	1,34
159	432,15	0,60248	194	467,15	1,3692
160	433,15	0,61804	195	468,15	1,3989
161	434,15	0,63393	196	469,15	1,4291
162	435,15	0,65014	197	470,15	1,4598
163	436,15	0,66668	198	471,15	1,491
164	437,15	0,68355	199	472,15	1,5228
165	438,15	0,70075	200	473,15	1,5551

Продолжение таблицы Б.1

t, °С	*T*, К	*p*, МПа	*t*, °С	*T*, К	*p*, МПа
201	474,15	1,5879	236	509,15	3,1189
202	475,15	1,6212	237	510,15	3,175
203	476,15	1,6551	238	511,15	3,2319
204	477,15	1,6895	239	512,15	3,2896
205	478,15	1,7245	240	513,15	3,348
206	479,15	1,7601	241	514,15	3,4073
207	480,15	1,7962	242	515,15	3,4674
208	481,15	1,8329	243	516,15	3,5282
209	482,15	1,8701	244	517,15	3,5899
210	483,15	1,9079	245	518,15	3,6524
211	484,15	1,9464	246	519,15	3,7158
212	485,15	1,9855	247	520,15	3,78
213	486,15	2,0251	248	521,15	3,845
214	487,15	2,0654	249	522,15	3,9109
215	488,15	2,1063	250	523,15	3,9776
216	489,15	2,1478	251	524,15	4,0452
217	490,15	2,1899	252	525,15	4,1137
218	491,15	2,2327	253	526,15	4,183
219	492,15	2,2761	254	527,15	4,2533
220	493,15	2,3201	255	528,15	4,3245
221	494,15	2,3648	256	529,15	4,3965
222	495,15	2,4102	257	530,15	4,4695
223	496,15	2,4563	258	531,15	4,5434
224	497,15	2,503	259	532,15	4,6182
225	498,15	2,5504	260	533,15	4,694
226	499,15	2,5985	261	534,15	4,7707
227	500,15	2,6473	262	535,15	4,8484
228	501,15	2,6968	263	536,15	4,927
229	502,15	2,747	264	537,15	5,0066
230	503,15	2,7979	265	538,15	5,0872
231	504,15	2,8495	266	539,15	5,1688
232	505,15	2,9019	267	540,15	5,2514
233	506,15	2,955	268	541,15	5,3349
234	507,15	3,0089	269	542,15	5,4195
235	508,15	3,0635	270	543,15	5,5051

Продолжение таблицы Б.1

t, °С	*T*, К	*p*, МПа	*t*, °С	*T*, К	*p*, МПа
271	544,15	5,5917	306	579,15	9,342
272	545,15	5,6794	307	580,15	9,4719
273	546,15	5,7681	308	581,15	9,6031
274	547,15	5,8579	309	582,15	9,7357
275	548,15	5,9487	310	583,15	9,8697
276	549,15	6,0406	311	584,15	10,0051
277	550,15	6,1336	312	585,15	10,142
278	551,15	6,2277	313	586,15	10,2803
279	552,15	6,3228	314	587,15	10,42
280	553,15	6,4191	315	588,15	10,5613
281	554,15	6,5165	316	589,15	10,704
282	555,15	6,615	317	590,15	10,8482
283	556,15	6,7147	318	591,15	10,9939
284	557,15	6,8155	319	592,15	11,1411
285	558,15	6,9174	320	593,15	11,29
286	559,15	7,0206	321	594,15	11,44
287	560,15	7,1249	322	595,15	11,592
288	561,15	7,2303	323	596,15	11,746
289	562,15	7,337	324	597,15	11,9
290	563,15	7,4448	325	598,15	12,057
291	564,15	7,5539	326	599,15	12,215
292	565,15	7,6642	327	600,15	12,375
293	566,15	7,7757	328	601,15	12,537
294	567,15	7,8885	329	602,15	12,7
295	568,15	8,0025	330	603,15	12,865
296	569,15	8,1178	331	604,15	13,031
297	570,15	8,2343	332	605,15	13,199
298	571,15	8,3521	333	606,15	13,369
299	572,15	8,4712	334	607,15	13,541
300	573,15	8,5917	335	608,15	13,714
301	574,15	8,7134	336	609,15	13,889
302	575,15	8,8364	337	610,15	14,066
303	576,15	8,9608	338	611,15	14,245
304	577,15	9,0865	339	612,15	14,426
305	578,15	9,2136	340	613,15	14,603

Окончание таблицы Б.1

t, °С	*T*, К	*p*, МПа	*t*, °С	*T*, К	*p*, МПа
341	614,15	14,792	359	632,15	18,45
342	615,15	14,978	360	633,15	18,674
343	616,15	15,166	361	634,15	18,9
344	617,15	15,356	362	635,15	19,129
345	618,15	15,548	363	636,15	19,36
347	620,15	15,937	364	637,15	19,594
348	621,15	16,135	365	638,15	19,83
349	622,15	16,335	366	639,15	20,069
350	623,15	16,537	367	640,15	20,311
351	624,15	16,741	368	641,15	20,555
352	625,15	16,947	369	642,15	20,803
353	626,15	17,155	370	643,15	21,053
354	627,15	17,365	371	644,15	21,306
355	628,15	17,577	372	645,15	21,562
356	629,15	17,792	373	646,15	21,821
357	630,15	18,009	374	647,15	22,084
358	631,15	18,228			

Библиография

[1] МЭ-01-2000 Методика выполнения измерений массовой концентрации паров воды в газопылевых потоках, отходящих от источников загрязнения атмосферы гравиметрическим методом

[2] Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник — М: Энергия, 1975, — 80 с.

УДК 502.3:006.354

ОКС 03.060
13.020.20

Ключевые слова: методика, климатические проекты, утилизация биогаза, газораспределительные системы, свалочный газ, метан, твердые коммунальные отходы

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 24.11.2023. Подписано в печать 15.12.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,64.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru