ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71098— 2023

Выбросы стационарных источников

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЭНЕРГОЕМКИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Часть 3

Производство цемента

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха» (АО «НИИ Атмосфера»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 457 «Качество воздуха»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 ноября 2023 г. № 1401-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 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Сокращения 3
5 Определение величины парниковых газов. Основные принципы 3
6 Границы инвентаризации выбросов парниковых газов 9
7 Прямые выбросы парниковых газов и их определение 14
8 Косвенные выбросы парниковых газов и их определение 29
9 Базовый год, приобретения и продажи 30
10 Отчетность 30
11 Неопределенность инвентаризации парниковых газов 37
Приложение А (справочное) Результаты испытаний (аналитические измерения) 42
Приложение Б (справочное) Коэффициенты выбросов 45
Приложение В (справочное) Рекомендации по применению настоящего стандарта. Процедура проверки 47
Библиография 48

Введение

Производство цемента включает следующие основные технологические этапы:

а) добыча, усреднение, транспортирование сырьевых материалов, в том числе топлива и вспомогательных компонентов на территорию предприятия;

б) приготовление сырьевой смеси, которая включает в себя: карбонатные и глинистые породы, железосодержащие компоненты;

в) производство промежуточного продукта (клинкера) путем термической переработки сырьевой смеси;

г) измельчение клинкера с сульфатным компонентом, добавлением минеральных добавок для получения цемента с заданными характеристиками;

д) складирование, хранение и доставка готовой продукции до потребителей.

В производственном процессе выделяют два основных источника прямых выбросов CO_2: сжигание печного топлива и декарбонизация/кальцинирование сырьевой смеси на стадии термической переработки (см. [1]).

Другие источники CO_2 включают прямые выбросы парниковых газов от непечного топлива (например, от сушилок для продуктов, входящих в состав цемента, отопления помещений, внутреннего транспорта и собственной генерации электроэнергии) и косвенные выбросы парниковых газов, например: от производства внешним генерирующим объектом закупленной предприятием электроэнергии и от стороннего транспорта.

Примечание — К парниковым газам, отличным от CO_2, относят следующие соединения: метан (CH_4), закись азота (N_2O), гексафторид серы (SF_6), частично галогенсодержащие фторуглеводороды (ГФУ) и перфторированные углеводороды (ПФУ) (см. [2]).

Предложенные методы расчета предназначены для расширенной инвентаризации выбросов парниковых газов, проводимых на добровольной основе в соответствии с потребностью предполагаемых пользователей согласно ГОСТ Р ИСО 14064-1.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Выбросы стационарных источников

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЭНЕРГОЕМКИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Часть 3

Производство цемента

Stationary source emissions. Determination of greenhouse gas emissions in energy intensive industries. Part 3. Cement industry

Дата введения — 2024—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает согласованную методику расчета выбросов парниковых газов (ПГ) в цементной промышленности с целью представления данных об этих выбросах для различных целей и на разной основе, например на базе завода, предприятия (по стране или по региону) или даже на основе международной группы. В настоящем стандарте учтены следующие прямые и косвенные источники ПГ:

- прямые выбросы ПГ по ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 [5.2.4, перечисление a)] из тех источников, которые принадлежат или контролирует предприятие, например:
- декарбонизация карбонатов и сжигание органического углерода, содержащегося в сырьевой смеси,
- сжигание печного топлива (ископаемое печное топливо, альтернативное топливо, смешанное топливо с содержанием биогенного углерода, биомасса и биожидкости), связанное либо с производством клинкера, либо с сушкой сырьевой смеси и топлива, либо и с тем и другим,
- сжигание непечного топлива (ископаемое топливо, альтернативное топливо, смешанное топливо с содержанием биогенного углерода, биомасса и биожидкости), связанное с оборудованием и транспортными средствами на площадке, отоплением и охлаждением помещений, сушкой минеральных компонентов (например, шлака или пуццолана),
- сжигание топлива для выработки электроэнергии;
- сжигание углерода, содержащегося в обезвоженном осадке после очистки сточных вод;
- косвенные выбросы ПГ по ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 [5.2.4, перечисление b)] в результате производства электроэнергии, потребляемой на принадлежащем или контролируемом предприятием оборудовании;
- прочие косвенные выбросы ПГ по ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 [5.2.4, перечисления c)—f)] от закупаемого клинкера.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:
ГОСТ 30744 Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка
ГОСТ Р 57293/EN 197-1:2011 Цемент общестроительный. Технические условия
ГОСТ Р 57345/EN 206-1:2013 Бетон. Общие технические условия

Издание официальное

ГОСТ Р ИСО 12039 Выбросы стационарных источников. Определение содержания монооксида углерода, диоксида углерода и кислорода. Характеристики и калибровка автоматических измерительных систем в условиях применения

ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 Газы парниковые. Часть 1. Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и поглощении парниковых газов на уровне организации

ГОСТ Р ИСО 19694-1 Выбросы стационарных источников. Определение выбросов парниковых газов в энергоемких отраслях промышленности. Часть 1. Общие положения

Примечание — 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 ежемесячного 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 термины по ГОСТ Р ИСО 19694-1, ГОСТ Р ИСО 14064-1, ГОСТ Р 57345, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **альтернативное сырье;** АС: Сырье для производства клинкера, полученное из искусственных ресурсов.

Примечание — Альтернативными видами сырья в цементном производстве являются следующие: белитовый шлам; сланцевый кокс; доменный шлак; зола унос. Сырьевая смесь из этих компонентов способна полностью заменить глинистый компонент, а также часть карбонатного компонента.

3.2 **жидкое биотопливо:** Жидкое топливо для получения энергии для целей помимо транспортирования, включая генерацию электроэнергии, обогрев и охлаждение, производимое из биомассы.

3.3 **байпасная пыль;** БП: Пылевые отходы из байпасного пылеуловителя циклонных теплообменников, декарбонизаторов и колосниковых подогревателей, как правило, состоящие из материала печной загрузки, полностью или, как минимум, высокой степени кальцинирования.

3.4

цемент: Гидравлическое вяжущее, т. е. тонкомолотый неорганический материал, который в смеси с водой образует цементное тесто, которое вследствие гидратации схватывается и твердеет и после затвердевания, в том числе под водой, остается твердым и устойчивым по объему.

[ГОСТ Р 57293—2016, раздел 4]

3.5 **цемент (эквивалент):** Расчетное количество произведенного цемента, определяемое по объему клинкера, произведенного на собственных мощностях цементным заводом через характерный для предприятия клинкер/цемент-фактор.

3.6 **компоненты цемента:** Основные и вспомогательные дополнительные компоненты цемента плюс сульфаты кальция и добавки в цемент.

3.7 **цементная (печная) пыль;** ЦП: Любые выбросы пыли из пылеуловителя печей, работающих по сухому или мокрому способу, которые состоят из частично кальцинированных сырьевых материалов печи, куда входит байпасная пыль или другие потоки пыли от производства клинкера.

3.8 **клинкер:** Промежуточный продукт в производстве цемента и основной материальный компонент цемента; гидравлический вяжущий материал, основными фазами которого минимум на 2/3 являются силикаты кальция.

3.9 **прямые выбросы от ископаемого топлива:** Суммарные прямые выбросы парниковых газов в границах отчетности, исключая выбросы от топлива на основе биомассы или биогенной углеродной составляющей смешанных топлив.

3.10 **возвратная пыль:** Пыль, возникающая при производстве клинкера, которая в конце концов возвращается в мельницу для помола сырья или в печную систему, за исключением байпасной пыли.

3.11 **ископаемое топливо:** Топливо из ископаемых материалов, входящих в перечень Межправительственной группы экспертов по изменению климата.

Примечание — Примерами ископаемого материала являются уголь, нефть, природный газ и торф.

3.12 **печная система:** Цилиндрический тепловой агрегат, используемый при производстве клинкера, включающий теплообменник и/или декарбонизатор.

Примечание — Печная система мокрого способа производства не имеет ни теплообменника, ни декарбонизатора.

3.13 **минеральный компонент;** МК: Компоненты цемента помимо клинкера плюс добавки в бетон, перерабатываемые с целью изменения их свойств.

3.14 **сырье (сырьевой материал):** Материалы, используемые для получения сырьевой смеси при производстве клинкера.

3.15 **суммарные прямые выбросы парниковых газов:** Все прямые выбросы парниковых газов внутри границ отчетности, включая выбросы ПГ от переработки сырья, ископаемых топлив, биомассы и биогенной углеродной составляющей смешанных топлив, а также CO_2 от сжигания осадка после очистки сточных вод.

3.16 **альтернативное топливо;** АТ: Любое топливо (включая топливо из отходов/материалов из отходов), не относящееся к ископаемому топливу.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ГФУ — галогенсодержащие фторуглеводороды (гидрофторуглероды);
ДС — дополнительное сырье;
ИС — измельченное сырье;
Кл — клинкер;
КПЭ — ключевой показатель эффективности;
МГЭИК — Межправительственная группа экспертов по изменению климата;
НТС — низшая теплотворная способность;
ОНУ — общий неорганический углерод;
ООУ — общий органический углерод;
ОУ — общий углерод (сумма ООУ и ОНУ);
ПГ — парниковый газ;
ПГП — потенциал глобального потепления;
ППП — потери при прокаливании;
ПФУ — перфторированные углеводороды (перфторуглероды);
СЭМ — стандартный эталонный метод;
ТС — теплотворная способность;
ФП — фильтрационная пыль.

5 Определение величины парниковых газов. Основные принципы

5.1 Общие положения

Объем выбросов ПГ можно определить (см. [3]) методом массового углеродного баланса (см. 5.4) или (непрерывными) измерениями выбросов отходящих печных газов (см. 5.3).

5.2 Основные парниковые газы при производстве цемента

Выбросы ПГ рассчитывают методом углеродного баланса при предположении, основанном на положениях (см. [4]), что весь углерод преобразуется в CO_2.

При производстве цемента CO_2 образуется в процессе получения Кл — зернистого промежуточного продукта, который затем тонко измельчают вместе с небольшой пропорцией сульфата кальция [гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) или ангидрита ($CaSO_4$)] и получают гидравлический цемент.

В зоне декарбонизации/кальцинирования протекает наиболее энергоемкая реакция клинкерообразования — разложение карбоната кальция $CaCO_3$, а также карбоната магния $MgCO_3$ и доломита $MgCO_3 \cdot CaCO_3$.

В кристаллической решетке магнезита $MgCO_3$ анион CO_3^{2-} связан слабее, чем в $CaCO_3$, поэтому углекислый магний диссоциирует при температуре от 500 °С до 700 °С, парциальное давление CO_2 равно 1 бар при температуре 640 °С.

Диссоциация доломита $CaMg(CO_3)_2$ протекает в две стадии: вначале при температуре 730 °С идет реакция разложения доломита и диссоциация магнезита:

$$CaMg(CO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + MgO + CO_2 \text{ (при 730 °С)}.$$

Затем при температуре 900 °С и парциальном давлении CO_2, равным 1 бар, происходит диссоциация $CaCO_3$:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \text{ (при 900 °С)}.$$

Механизм разложения карбонатов в доломите такой же, как и свободных $CaCO_3$ и $MgCO_3$, но скорость реакции меньше из-за более сложных химических превращений комплексной соли. Температура начала диссоциации доломита может снижаться в присутствии каталитических примесей до температуры 600 °С. Процесс разложения основного компонента сырьевой смеси $CaCO_3$ происходит в широком интервале температур (от 600 °С до 1100 °С) в зависимости от структуры карбоната, количества и вида присутствующих примесей и состава газовой среды. При парциальном давлении CO_2, равном 1 бар, диссоциации беспримесного $CaCO_3$ происходят при температуре 900 °С.

В процессе производства Кл известняк, который преимущественно состоит из карбоната ($CaCO_3$), нагревают (или кальцинируют) и получают известь (CaO) и побочный продукт CO_2. CaO затем взаимодействует с оксидом кремния (SiO_2), оксидом алюминия (Al_2O_3) и оксидом железа (Fe_2O_3) сырьевой смеси с образованием клинкерных минералов (главным образом силикатов кальция). Пропорция карбонатов, отличных от $CaCO_3$, в составе сырьевой смеси, как правило, предельно мала. Другие карбонаты (если они присутствуют) являются в основном примесями известняка. Присутствие небольшого количества MgO (обычно от 1 % до 2 %) в клинкере незначительно влияет на готовые характеристики.

5.3 Определение величины парниковых газов на основе измерения выбросов из газохода

Выбросы ПГ от установки определяют путем измерения. Выбросы от источника выбросов определяют на основе непрерывного измерения концентрации соответствующего ПГ в потоке отходящих газов. В соответствии с [3] для производства цемента предусмотрены только выбросы CO_2. Рекомендовано включать измерения выбросов CH_4 и N_2O, так как эти вещества приняты как единственно значимые ПГ помимо CO_2. При измерениях выбросов из дымовых труб руководствуются ГОСТ Р ИСО 12039.

5.4 Определение величины парниковых газов на основе массового баланса

Выбросы ПГ от установки могут быть определены на основе массового баланса. Выбросы от исходных потоков рассчитывают на основе входных или производственных данных, полученных с помощью измерительных систем, и дополнительных параметров лабораторных анализов, включая ТС, содержание углерода и содержание биомассы.

5.5 Валовые и чистые выбросы

5.5.1 Общие положения

С целью сравнения выбросов ПГ от заводов или установок из разных секторов энергоемких отраслей необходимо, чтобы границы мониторинга и отчетности согласно [5], [6] по этим выбросам были идентичными на уровне предприятий, даже если они различаются в деталях для каждого сектора. С этой точки зрения выбросы ПГ от использования чистой биомассы и связанные с содержанием биогенного углерода в смешанном топливе считают нейтральными для изменения климата и, следовательно, с нулевыми прямыми выбросами ПГ в соответствии с [7].

В отношении завода это приводит к так называемым «прямым выбросам ПГ от ископаемого топлива», значение которых можно сравнить с сопоставимыми объемами с объектов в разных секторах, что является абсолютным объемом выбросов ПГ, зарегистрированных заводом, площадкой или организацией (см. рисунок 1).

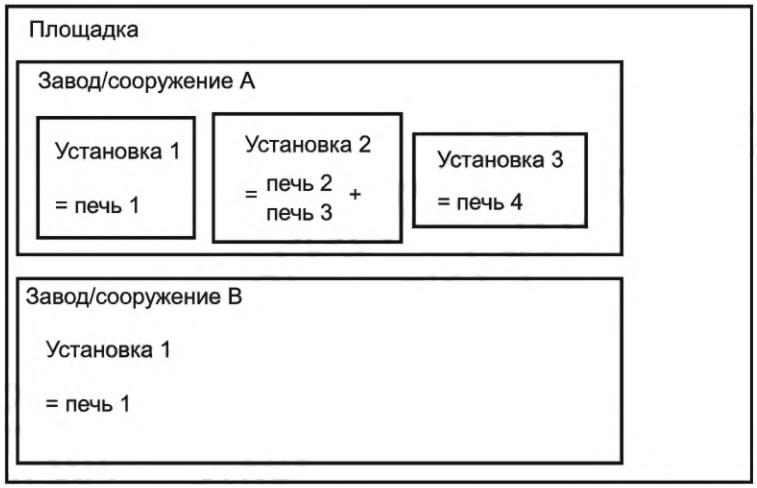


Рисунок 1 — Площадка, сооружение, завод или установка

Но этот объем прямых выбросов ПГ от ископаемого топлива не допускается использовать для сравнения эффективности установок в секторе цементной промышленности. Площадка, производящая собственную электроэнергию (мощность), будет иметь более высокие прямые выбросы ПГ от ископаемого топлива, чем идентичная площадка, которая получает электроэнергию из внешней сети, поскольку выбросы от внешнего производства электроэнергии учитывают как косвенные выбросы ПГ от импортируемой энергии. Для сравнения эффективности объектов необходимо выбросы ПГ от собственной генерации электроэнергии исключать из прямых выбросов ПГ от ископаемого топлива, т. е. перейти к так называемым «валовым выбросам». Валовые выбросы — это общие прямые выбросы ПГ (исключая собственную генерацию электроэнергии) от цементного завода или организации, включая выбросы ПГ от ископаемых отходов (но исключая выбросы CO_2 от отходов биомассы, данные о которых приведены в качестве справочной информации). Выгода от косвенного сокращения выбросов ПГ в результате использования АТ и АС отражает сокращение выбросов ПГ, достигаемое на полигонах захоронения отходов. Фактические сокращения, как правило, трудно определить достоверно, поэтому вычисляемое сокращение до некоторой степени устанавливают соглашением, а не на основе «точных» оценок воздействия ПГ.

Эта концепция валовых выбросов позволяет сравнивать выбросы ПГ на уровне завода, участка или организации.

Концепция валовых выбросов позволяет сравнивать прямые выбросы ПГ на уровне завода в цементной промышленности. Эта концепция не позволяет сравнивать эффективность заводов и установок по их влиянию на глобальное изменение климата, поскольку некоторые выбросы ПГ исключены (см. таблицу 1 и таблицу 2).

Таблица 1 — Расчет прямых выбросов

Результат расчета	Слагаемые расчета	Комментарий
$E_{п.в}$ =	Прямые выбросы ПГ от ископаемого топлива	
	$E_{с.в}$	Суммарные прямые выбросы ПГ
	$-E_{био}$	Выбросы от чистой биомассы и от биогенной составляющей смешанного топлива
$E_{в.в}$ =	Валовые выбросы	
	$E_{иск.т}$	Прямые выбросы ПГ от ископаемого топлива
	$-E_{э}$	Выбросы от собственной генерации электроэнергии

Таблица 2 — Валовые и чистые выбросы

Результат расчета	Слагаемые расчета	Комментарий
$E_{ч.в}$ =	Чистые выбросы	
	$E_{в.в}$	Валовые выбросы
	$-E_{АТ}$	Выбросы от альтернативных ископаемых видов топлива и смешанного топлива с содержанием углерода
	$-E_{ПТ,т}$	Сопоставимые контрольные показатели выбросов для внешней передачи тепла

Настоящий стандарт предлагает воспользоваться преимуществами использования АТ и АС, что приводит к косвенному снижению ПГ, путем представления данных о валовых (включая альтернативные виды ископаемого топлива) и чистых (исключая альтернативные виды ископаемого топлива) выбросах.

Некоторые отходы могут заменить обычное ископаемое топливо и минеральное сырье в производстве цемента. В результате прямые выбросы CO_2 от традиционного ископаемого топлива снижаются, однако возникают прямые выбросы CO_2 от отходов («конверсия отходы—энергия»). Прямые выбросы CO_2 от сжигания отходов могут оказаться выше или ниже замещаемых, в зависимости от коэффициентов выбросов рассматриваемых видов топлива. Кроме того, отходы могут иметь ископаемую или биогенную природу.

В дополнение к прямым эффектам использование АТ и АС приводит к косвенному снижению выбросов ПГ на свалках и мусоросжигательных заводах, где эти отходы могут быть утилизированы. Это снижение может частично, полностью или более чем полностью компенсировать прямые выбросы CO_2 от сжигания отходов на цементном заводе в зависимости от местных условий (тип отходов, путь утилизации).

Чистые выбросы представляют собой валовые выбросы за вычетом выгод косвенного сокращения выбросов ПГ. Насколько это возможно, сообщаемые выгоды от использования АТ и АС должны учитывать местные обстоятельства (например, национальные соглашения, анализ жизненного цикла АТ и АС). При сообщении третьим сторонам необходимо предоставить подтверждающие доказательства снижения выбросов ПГ, проверенные соответствующим образом. По умолчанию в настоящем стандарте предполагается, что косвенное снижение выбросов ПГ равно прямым выбросам ПГ от использования ископаемых АТ и АС.

Однако в среднесрочной перспективе это наименее обременительный и наиболее практичный подход, при котором прозрачность достигается за счет раскрытия информации о валовых и чистых выбросах.

5.5.2 Валовые выбросы

5.5.2.1 Общие положения

В таблице 3 приведены источники выбросов, включенные в общие прямые выбросы ПГ, в таблице 4 — источники выбросов, которые следует указывать в прямых выбросах ПГ от ископаемых источников, а в таблице 5 — источники выбросов, которые следует включать в валовые выбросы.

Таблица 3 — Источники выбросов, включенные в общие прямые выбросы ПГ

Результат расчета	Слагаемые расчета	Комментарий
$E_{о.п.в}$ =	Общие прямые выбросы ПГ	
	$+ E_{с}$	Выбросы ПГ от использования сырья
	$+ E_{иск.т}$	Выбросы ПГ от использования традиционного ископаемого топлива
	$+ E_{АТ}$	Выбросы ПГ от использования альтернативных ископаемых видов топлива (ископаемых отходов)
	$+ E_{см.т}$	Выбросы ПГ от использования, смешанного (альтернативного) топлива, содержащего ископаемый углерод. Включает выбросы ПГ от печного и непечного топлива, в том числе выбросы ПГ от собственной генерации электроэнергии

Окончание таблицы 3

Результат расчета	Слагаемые расчета	Комментарий
	+ $E_{био}$	Выбросы ПГ от использования биомассы и смешанного топлива, содержащего биогенный углерод
	+ $E_{ст.в}$	Выбросы ПГ от сжигания сточных вод
Примечание — Источники, исключаемые из общих прямых выбросов ПГ: - косвенные выбросы ПГ (от внешней электроэнергии и Кл).		

Таблица 4 — Источники выбросов, подлежащие включению в прямые выбросы ПГ от ископаемых источников

Результат расчета	Слагаемые расчета	Комментарий
$E_{п.в}$ =	Прямые выбросы ПГ	
	+ $E_{с}$	Выбросы ПГ от использования сырья
	+ $E_{искл.т}$	Выбросы ПГ от использования традиционного ископаемого топлива
	+ $E_{АТ}$	Выбросы ПГ от использования альтернативных ископаемых видов топлива (ископаемых отходов)
	+ $E_{см.т}$	Выбросы ПГ от использования смешанного (альтернативного) топлива, содержащего ископаемый углерод. Включает выбросы ПГ от печного и непечного топлива, в том числе выбросы ПГ от производства собственной электроэнергии.
	+ $E_{ст.в}$	Выбросы ПГ от сжигания сточных вод
Примечание — Источники, исключаемые из прямых выбросов ПГ от ископаемого топлива: - выбросы ПГ от использования топлива из биомассы; - выбросы ПГ от использования смешанных топлив, содержащих биогенный углерод; - косвенные выбросы ПГ (от покупной электроэнергии и Кл).		

Таблица 5 — Источники выбросов, подлежащие включению в валовые выбросы

Результат расчета	Слагаемые расчета	Комментарий
$E_{в.в}$ =	Валовые выбросы	
	+ $E_{с}$	Выбросы ПГ от использования сырья
	+ $E_{иск.т}$	Выбросы ПГ от использования традиционного ископаемого топлива
	+ $E_{АТ}$	Выбросы ПГ от использования альтернативных ископаемых видов топлива (ископаемых отходов)
	+ $E_{см.т}$	Выбросы ПГ от использования смешанного (альтернативного) топлива, содержащего ископаемый углерод. Включает выбросы ПГ от печного и непечного топлива, в том числе выбросы ПГ от собственной генерации электроэнергии
	+ $E_{ст.в}$	Выбросы ПГ от сжигания сточных вод
Примечание — Источники, исключаемые из валовых выбросов: - выбросы ПГ от использования топлива из биомассы; - выбросы ПГ от использования смешанного (альтернативного) топлива, содержащего биогенный углерод; - выбросы ПГ от сжигаемого смешанного топлива, содержащего ископаемый углерод, для собственной генерации электроэнергии.		

5.5.2.2 Учет выбросов CO_2 по содержанию биомассы в топливе

Выбросы CO_2, возникающие в результате использования смешанного топлива, содержащего биогенный углерод, не учитывают как часть валовых выбросов. Выбросы CO_2, связанные с биомассой в этих видах топлива, суммируют с выбросами CO_2 от чистой биомассы для получения общего количе-

ства выбросов CO_2 от биомассы и указывают в качестве справочной информации. Общее количество выбросов CO_2 от биомассы вычитают при расчете абсолютных прямых выбросов CO_2.

5.5.2.3 Чистые выбросы ПГ и косвенное сокращение выбросов ПГ, связанные с использованием отходов/материалов из отходов в качестве альтернативных видов топлива

Цементная промышленность использует большое количество отходов/материалов из отходов в качестве топлива и/или сырьевой смеси.

Восстановленные отходы также называются АТ и АС. Используя АТ и АС, цементные предприятия сокращают потребление традиционного ископаемого топлива, в то же время помогают избежать традиционного захоронения отходов на свалках или их сжигания.

Более широкое использование АТ и АС может повлиять на прямые выбросы ПГ цементного завода, поскольку коэффициенты выбросов АТ могут отличаться от коэффициентов выбросов замещенного топлива. Кроме того, углерод, содержащийся в АС, может иметь ископаемое происхождение и/или происхождение из биомассы. Как упоминалось выше, использование АТ и АС в цементной промышленности обычно приводит к сокращению выбросов ПГ на свалках и мусоросжигательных заводах, где эти отходы в противном случае были бы утилизированы. Сочетание прямого воздействия на выбросы ПГ, косвенного сокращения выбросов ПГ и эффективности использования ресурсов делает замену традиционных ископаемых видов топлива на АТ эффективным способом сокращения глобальных выбросов ПГ.

Благодаря методике, приведенной в настоящем пункте, обеспечиваются полнота, точность и прозрачность отчетности. Прямые выбросы ПГ в результате сжигания ископаемых АТ и АС всегда необходимо включать в валовые выбросы организации в соответствии с 7.6. Настоящий стандарт обеспечивает основу для отчетности также о косвенных сокращениях выбросов ПГ, достигнутых за счет использования альтернативных видов топлива. Косвенные сокращения выбросов ПГ на свалках и мусоросжигательных заводах учитывают путем вычитания из валовых выбросов ПГ от сжигания ископаемой составляющей альтернативных видов топлива.

Требования к отчетности в отношении чистых выбросов приведены в 10.2.

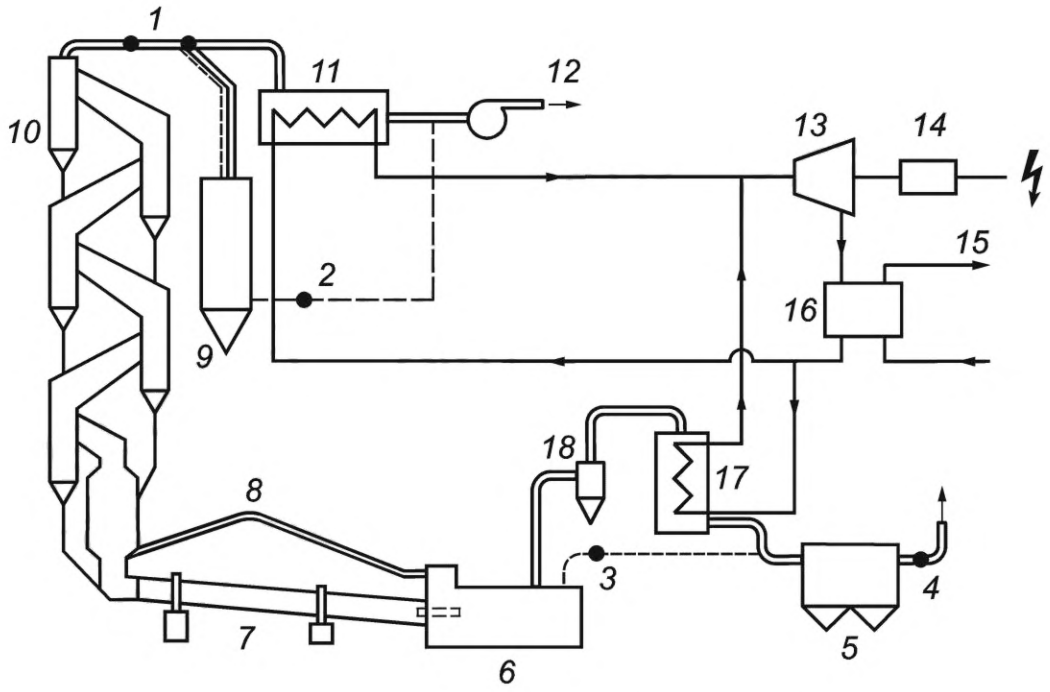
5.5.3 Косвенные сокращения выбросов

5.5.3.1 Утилизация сбросного тепла

Некоторые цементные заводы экспортируют сбросное тепло внешним потребителям вместо традиционных источников энергии (см. рисунок 2). По аналогии с косвенными эффектами, связанными с использованием альтернативных видов топлива, цементная организация может учитывать косвенное сокращение выбросов ПГ в результате такого экспорта сбросного тепла.

Таким образом, настоящий стандарт предлагает возможность добровольно сообщать об использовании сбросного тепла на заводе (например, для сушки сырьевой смеси или шлака либо для производства электроэнергии), чтобы обеспечить объективное сравнение между заводами, экспортирующими тепло, и заводами, использующими тепло внутри. Это требует дополнительных расчетов, принимая во внимание энергию отходов, используемую только для производства Кл или цемента, и общий поток энергии, ГДж/год. Отчетность является добровольной.

5.5.3.2 Кроме того, в случае выработки электроэнергии за счет сбросного тепла любое дополнительное топливо, используемое в печной системе, учитывают как печное топливо, следовательно, выбросы считают прямыми выбросами ПГ из печной системы. Для предоставления более подробной информации в настоящем стандарте проводится различие между рекуперацией сбросного тепла и отдельной собственной генерации электроэнергии. В любом случае при подаче заявления в своей добровольной отчетности предприятиям необходимо учитывать, действительно ли их действия способствуют глобальному сокращению выбросов ПГ или простому перераспределению выбросов между различными субъектами.



1 — неочищенный газ из теплообменника; *2* — байпас бойлера теплообменника; *3* — байпас бойлера холодильника; *4* — отходящий воздух холодильника; *5* — фильтр вентилятора холодильника; *6* — клинкерный холодильник; *7* — вращающаяся печь; *8* — третичный воздуховод; *9* — башня кондиционирования; *10* — башня теплообменника; *11* — бойлер теплообменника; *12* — на помол сырья; *13* — турбина; *14* — генератор; *15* — градирня; *16* — конденсатор; *17* — бойлер холодильника; *18* — пылеуловитель

Рисунок 2 — Схема применения утилизации сбросного тепла и выработки электроэнергии в производстве цемента (см. [1]).

6 Границы инвентаризации выбросов парниковых газов

6.1 Общие положения

Определение соответствующих границ является одной из ключевых задач в процессе инвентаризации выбросов.

6.2 Границы отчетности

Границы отчетности относят к типам источников, охваченных инвентаризацией. Ключевое различие между прямыми и косвенными выбросами ПГ:

а) прямые выбросы ПГ по ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 [5.2.4, перечисление a)] — это выбросы из тех источников, которые принадлежат или контролирует организация, предоставляющая отчет. Например, выбросы от сжигания топлива в цементной печи являются прямыми выбросами организации, владеющей (или контролирующей) печью. В их состав входят прямые выбросы от дополнительного использования топлива, например при сушке сырьевой смеси или топлива, или при собственной генерации электроэнергии;

б) косвенные выбросы ПГ по ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 [5.2.4, перечисления b)—f)] — это выбросы, возникающие в результате деятельности предприятия, которое предоставляет отчет, но происходящие из источников, находящихся в собственности или под контролем другой организации. В настоящем стандарте наиболее значимыми являются косвенные энергетические выбросы по ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 [5.2.4, перечисление b)] и выбросы ПГ от покупного клинкера по ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 [5.2.4, перечисление d)].

В разделе 7 приведены подробные указания по различным источникам прямых выбросов, возникающих на цементных заводах. Косвенные выбросы ПГ рассмотрены в разделе 8.

Предприятия должны использовать границы отчетности, указанные в таблице 6, для определения выбросов ПГ на цементном заводе. Любое отклонение от этих границ следует фиксировать и обосновывать.

Таблица 6 — Границы отчетности (см. [1])

Этап обработки	По ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 (5.2.4)	Применение в настоящем стандарте
Добыча сырья	a)	Да: для карьеров, принадлежащих, контролируемых или управляемых организациями.
	d)	Нет: для карьеров, не принадлежащих организации
Перевозка сырья	a)	Да: для грузовых автомобилей, принадлежащих организации.
	c)	Нет: для грузовых автомобилей, не принадлежащих организации
Сушка сырья	a)	Да
Измельчение сырья	a)	Да
Подготовка топлива на заводе	a)	Да
Подготовка топлива вне завода	a)	Да: для установок, принадлежащих организации.
	d)	Нет: для установок, не принадлежащих организации
Топливо для печи	a)	Да
Непечное топливо (сырье, топливо)	a)	Да
Транспортирование топлива	a)	Да: для грузовых автомобилей, принадлежащих организации.
	c)	Нет: для грузовых автомобилей, не принадлежащих организации
ЦП = БП и/или пыль из фильтров	a)	Да
Декарбонизация/кальцинирование	a)	Да
Покупной Кл	d)	Да, необходимо включить в индикативные удельные показатели выбросов производства цемента
Покупной цемент	d)	Да: необходимо включить индикативные удельные показатели выбросов производства цемента
Покупной предварительно обработанный МК	d)	Да: необходимо включить в индикативные удельные показатели выбросов производства цемента
Сушка компонентов цемента	a)	Да
Помол цемента	b)	Да
Упаковка и отправка	b)	Да
Транспорт для отправки	a)	Да: для грузовых автомобилей, принадлежащих организации.
	c)	Нет: для грузовых автомобилей, не принадлежащих организации
Потребление электроэнергии для всего производственного процесса	b)	Да
Собственная генерация электроэнергии	a)	Да
Рекуперация сбросного тепла	a)	Да
Обогрев и охлаждение помещений	a)	Нет

Окончание таблицы 6

Этап обработки	По ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 (5.2.4)	Применение в настоящем стандарте
Мобильный транспорт на заводе	a)	1 — да: для автомобилей, принадлежащего организации.
	c)	3 — нет: автомобилей, не принадлежащего организации
Изменения запасов	a), b), c) и d)	Да: для расчета/КПЭ

6.3 Организационные границы

6.3.1 Общие положения

Организационные границы определяют, какие части организации, например: операции в полной собственности, совместные предприятия, дочерние структуры, включены в инвентаризацию и каким образом осуществляют консолидацию выбросов этих субъектов. Настоящий стандарт содержит методические рекомендации по организационным границам.

6.3.2 Рассматриваемые установки

Выбросы ПГ возникают в результате не только работы печи, но и предшествующих и последующих процессов, особенно при работе в карьерах и (косвенно) при помоле цемента. Эти объекты могут быть расположены на значительном расстоянии друг от друга. Кроме того, карьерами, печами и помольными станциями иногда управляют юридические лица.

Отчетность в соответствии с настоящим стандартом должна охватывать основные прямые и косвенные выбросы ПГ, связанные с производством цемента, в соответствии с разделами 7, 8 и 10. Эти выбросы включают также выбросы, связанные с потреблением топлива и электроэнергии вверх и вниз по цепочке. В частности, цементные предприятия должны включать в свою отчетность следующие виды деятельности в той мере, в какой они контролируют или владеют определенными установками в соответствии с 6.3.3:

а) производство Кл, включая добычу и подготовку сырья;

б) подготовка или переработка топлива или альтернативного сырья (например, золы уноса или доменного шлака) на собственных установках;

в) измельчение Кл и добавок к бетону, например шлак, как на интегрированных цементных заводах, так и на отдельных станциях помола;

г) дополнительное использование топлива для собственной генерации электроэнергии.

При необходимости могут быть проведены отдельные инвентаризации, например: если объекты географически разнесены или их управление осуществляют отдельные операторы. Последствия такого разделения будут нейтрализованы, когда выбросы консолидируются на уровне организации или группы (см. также 6.3.4 относительно переноса Кл внутри организации).

6.3.3 Операционный контроль и критерии

Определены три метода консолидации выбросов ПГ в цементной промышленности для предприятий, имеющих более одного завода (см. рисунок 3):

- согласно подходу, основанному на долевом участии, организация консолидирует свои выбросы ПГ в соответствии с (пропорциональной) долей участия в каждой операции, т. е. долей собственности. В качестве исключения выбросы не консолидируются для вложений в основные средства, когда организация владеет лишь небольшой частью общих акций предприятия и не оказывает ни значительного влияния, ни финансового контроля;

- финансовый контроль определяется как способность организации направлять финансовую и операционную политики с целью получения экономических выгод от ее деятельности. Например, финансовый контроль обычно существует, если организация имеет право на большинство выгод от операции или если она сохраняет за собой большинство рисков и преимуществ от владения активами.

При таком подходе предприятия консолидируют 100 % выбросов тех операций, над которыми у них имеется финансовый контроль. В виде исключения консолидация в соответствии с долей капитала требуется для совместных предприятий, в которых партнеры имеют совместный финансовый контроль;

- операционный контроль определяется как полное право организации внедрять и реализовывать свою операционную политику в процессе эксплуатации. Этот критерий обычно выполняется, если

организация является оператором объекта, т. е. имеет лицензию на эксплуатацию. При таком подходе предприятия консолидируют 100 % выбросов от тех операций, над которыми они осуществляют операционный контроль. В виде исключения консолидация в соответствии с долей капитала требуется для совместных предприятий, в которых партнеры имеют совместный операционный контроль.

Предприятиям следует указывать в отчете применяемую методику согласно [8], [9].

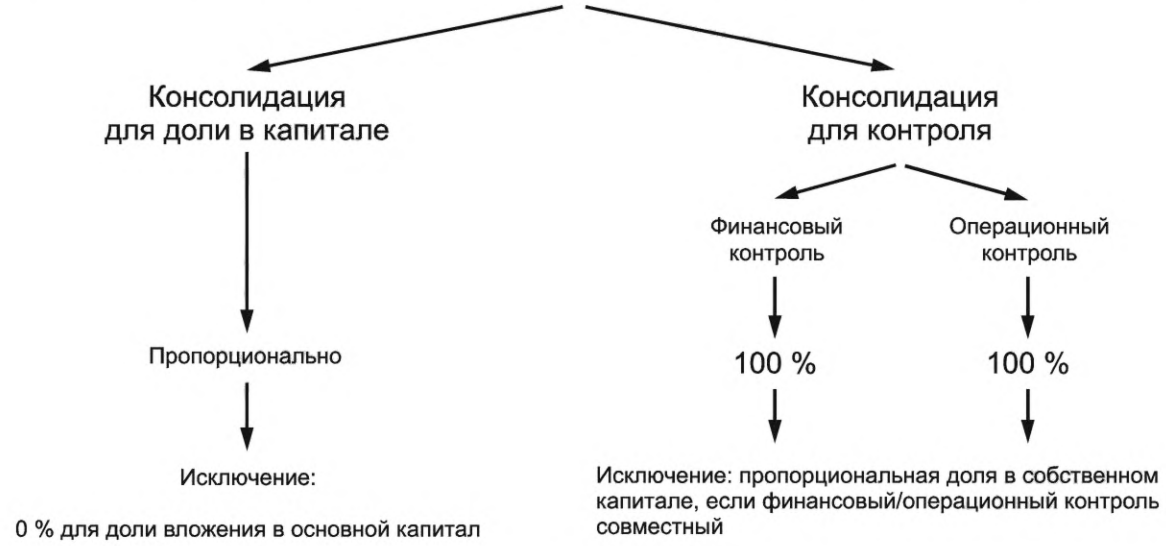


Рисунок 3 — Варианты консолидации выбросов

Цементные предприятия должны консолидироваться, в первую очередь, по критерию операционного контроля, а во вторую — по критерию собственности в том случае, если операционный контроль четко не закреплен за одним юридическим лицом.

6.3.4 Внутреннее перемещение клинкера, цемента и МК

Многие цементные предприятия перемещают большие объемы Кл, цемента и МК, таких как шлак или зола уноса, между различными заводами и установками помола. Переданные материалы перерабатывают в другие продукты, такие как низкоклинкерные цементы, и, таким образом, оказывают влияние на Кл/цемент-фактор принимающего завода. В этих случаях возникает риск двойного учета.

Предприятия должны обеспечить, чтобы их методы расчета и отчетности соответствовали нижеприведенным методам для уровня завода и предприятия.

На уровне предприятия необходимо сообщать о внутреннем перемещении Кл (перемещение внутри одной организации, плюс для полученного и минус для отправленного клинкера). Кл, перемещаемый внутри предприятия в качестве ингредиента цемента, следует отражать только в том случае, если завод получает цемент от другого завода в рамках той же организации и перерабатывает его в другой тип цемента. Количество Кл следует рассчитывать, например исходя из соотношения клинкер/цемент перемещаемого цемента. Клинкер как компонент цемента, закупаемого у других предприятий (внешняя передача клинкера), который используют для смешивания, следует указывать как приобретенный Кл. Расчет общего количества израсходованного Кл приведен в таблице 7.

Таблица 7 — Расчет общего израсходованного клинкера

Результат расчета	Слагаемое расчета	Комментарий
$Кл_{cons,tot}$	Потребляемый Кл	
	+ $Кл_{prod}$	Производство Кл
	+ $Кл_{purch}$	Приобретенный Кл
	– $Кл_{sold}$	Продаваемый Кл
	+ $Кл_{stock,st}$	Запас Кл на начало отчетного периода

Окончание таблицы 7

Результат расчета	Слагаемое расчета	Комментарий
	– $Кл_{stock,e}$	Остаток Кл на конец отчетного периода
	+ $Кл_{imp,int}$	Внутренний импорт Кл
	– $Кл_{exp,int}$	Внутренний экспорт Кл
	+ $Кл_{imp,cem}$	Клинкер из покупного цемента
$Кл_{imp,cem}$ =	Клинкер из покупного цемента	
	cem_{imp}	Импорт цемента, т
	· $R_{Кл,cem}$	Соотношение Кл/цемент, %

На уровне организации внутренние перевозки Кл суммируют для проверки, при этом сумма внутреннего импорта и внутреннего экспорта должна быть равна нулю. Кл от внутренних перегрузок цемента указывают как сумму Кл всех заводов. Расчет общего количества израсходованного Кл приведен в таблице 8.

Таблица 8 — Расчет общего потребления Кл (уровень организации)

Результат расчета	Слагаемое расчета	Комментарий
$Кл_{cons,tot,OL}$ =	Общее потребление Кл (уровень организации)	
	$+\sum_n Кл_{prod,n}$	Кл произведенный, завод А … завод *n*
	$+\sum_n Кл_{purch,n}$	Кл приобретенный, завод А … на заводе *n*
	$-\sum_n Кл_{sold,n}$	Кл проданный, завод А … завод *n*
	$+\sum_n Кл_{stock,st,n}$	Запас Кл на начало отчетного периода, завод А … завод *n*
	$-\sum_n Кл_{stock,e,n}$	Остаток Кл на конец отчетного периода, завод А … завод *n*
	$+\sum_n Кл_{imp,int,n}$	Внутренний импорт Кл, завод А … завод *n*
	$-\sum_n Кл_{exp,int,n}$	Внутренний экспорт Кл, завод А … завод *n*
	$+\sum_n Кл_{imp,cem,n}$	Кл из покупного цемента, завод А … завод *n*
	$-\sum_n Кл_{trans,cem,n}$	Кл при внутреннем транспортировании цемента, завод А … завод *n*
$Кл_{cons,tot,OL}$ =	Общее потребление Кл (уровень организации)	
	$+\sum_n Кл_{cons,n}$	Потребление Кл, завод А … завод *n*
	$-\sum_n Кл_{trans,cem,n}$	Кл при внутреннем транспортировании завода цемента А … завод *n*

Количество экспортируемого МК необходимо отображать как положительное значение, означающее, что завод продает/экспортирует. Для отчетности не имеет значения, используются ли реализованные/экспортированные МК в цементе или бетоне. Однако количество израсходованного предварительно обработанного МК не следует рассматривать в количестве продукции на основе цементных составляющих в случае ее поступления с другого предприятия (независимо от принадлежности к определенной организации).

На уровне организации общие переводы МК суммируют как сумму всех заводов. Учет внутренних перемещений необходим для анализа показателей эффективности на уровне предприятия.

7 Прямые выбросы парниковых газов и их определение

7.1 Общие положения

Прямые выбросы ПГ — это выбросы из источников рассматриваемого предприятия. На цементных заводах прямые выбросы ПГ могут происходить из следующих источников:

а) декарбонизация/кальцинирование карбонатов и сжигание органического углерода, содержащегося в сырьевой смеси;

б) сжигание печного топлива, связанного с производством Кл:

1) сжигание обычного ископаемого печного топлива,

2) сжигание альтернативного ископаемого печного топлива и смешанного топлива с содержанием биогенного углерода,

3) сжигание биомассы и биожидкостей (включая отходы биомассы);

в) сжигание непечного топлива:

1) сжигание обычного ископаемого топлива,

2) сжигание альтернативных ископаемых видов топлива и смесей топлив с содержанием биогенного углерода,

3) сжигание биомассы и биожидкостей (включая отходы биомассы);

г) сжигание топлива для собственной генерации электроэнергии;

д) сжигание углерода, содержащегося в обезвоженном осадке после очистки сточных вод.

В таблице 9 и таблице 10 обобщены задействованные параметры и предлагаемые источники данных. Как правило, предприятиям рекомендуется измерять необходимые параметры на уровне предприятия. Если данные по конкретному заводу или организации недоступны, следует использовать рекомендуемые международные коэффициенты по умолчанию. Другие факторы по умолчанию (например, национальные) могут быть предпочтительнее международных значений по умолчанию, если они считаются надежными и более подходящими. В следующих разделах приведены рекомендации по выбору различных методов отчетности о выбросах CO_2 при кальцинировании сырья.

Таблица 9 — Выбросы CO_2 от сырья: методы, основанные на вводе сырьевой смеси (A1, A2)

Компоненты выбросов	Параметры	Единицы	Рекомендуемый источник параметров (см. [2])
Выбросы CO_2 от сырья: методы, основанные на вводе сырьевой смеси (A1, A2)			
Декарбонизация/кальцинирование сырья, расходуемого на производство Кл	Потребленная сырьевая смесь	т	Рассчитывают или измеряют на уровне завода
	Подача в печь		
	Выбросы CO_2 на основе содержания общего углерода в пыли или потери при кальцинировании	Массовая доля	Определяют на уровне завода
Поправка на возврат пыли	—	Массовая доля	Рассчитывают или измеряют на уровне завода
Декарбонизация/кальцинирование пыли	Пыль на выходе из печи, исключая БП	т	Измеряют на уровне завода
	Выбросы CO_2 на основе содержания общего углерода в пыли или потери при кальцинировании	Массовая доля	Измеряют на уровне завода
Подробный метод ввода (A2)			
Частичная декарбонизация/кальцинирование БП	БП, поступающая из печной системы	т	Измеряют на уровне завода
	Выбросы CO_2 от общего углерода в БП	Массовая доля	

Окончание таблицы 9

Компоненты выбросов	Параметры	Единицы	Рекомендуемый источник параметров (см. [2])
Дополнительное сырье, не включенное в шихту	Дополнительное сырье	т	Измеряют на уровне завода
	Выбросы CO_2 от общего углерода в дополнительном сырье	Массовая доля	

Таблица 10 — Параметры и предлагаемые источники данных для расчета прямых выбросов CO_2 и коэффициентов выбросов CO_2 по умолчанию для топлива

Компоненты выбросов	Параметры	Единицы	Рекомендуемый источник параметров (см. [2])
Выбросы CO_2 из сырья: методы, основанные на выходе клинкера (B1, B2)			
Кальцинирование сырья, расходуемого на производство Кл	Производство Кл	т	Измеряют на уровне завода
	Коэффициент выбросов CO_2 для Кл	кг CO_2/т Кл	По умолчанию равно 525 или так, как рассчитано в детальном методе вывода (B2)
Декарбонизация/кальцинирование пыли	Пыль на выходе из печи	т	Измеряют на уровне завода
	Коэффициент выбросов CO_2 для Кл	кг CO_2/т Кл	По умолчанию равно 525 или так, как рассчитано в детальном методе вывода (B2)
	Степень кальцинирования пыли	Прокаленная фракция	Измеряют на уровне завода
Органический углерод в сырье	Произведенный Кл	т Кл	
	Соотношение сырьевая смесь: Кл	т/т Кл	По умолчанию = 1,55; может корректироваться под местные условия
	Доля ООУ в сырьевой смеси	Массовая доля	По умолчанию = 0,2 %; может корректироваться под местные условия
Для подробного метода вывода (B2)			
Декарбонизация/кальцинирование сырьевой смеси, расходуемой на производство клинкера	CaO + MgO в Кл	Массовая доля	Измеряют на уровне завода
Корректировка коэффициента выбросов CO_2 для клинкера	CaO + MgO из некарбонатных источников сырья		
	Потребляемое сырье	т	
	Источники силикатов Ca + Mg в сырье (например, в составе глинистых минералов)	Массовая доля	Измерено на уровне завода (например, с помощью количественного рентгенофазового анализа с уточнением по Ритвельду)

Окончание таблицы 10

Компоненты выбросов	Параметры	Единицы	Рекомендуемый источник параметров (см. [2])
Выбросы CO_2 от печного и непечного сжигания топлива			
Обычные ископаемые виды топлива	Потребление топлива	т	Измеряют на уровне завода
	НТС	ГДж/т топлива	
	Коэффициент выбросов	тCO_2/ГДж топлива	IPCC/CSI/национальные значения по умолчанию или измерения на уровне завода
Альтернативные ископаемые виды топлива (ископаемые АТ) и смешанные виды топлива	Потребление топлива	т	Измеряют на уровне завода
	Низшая ТС	ГДж/т топлива	
	Коэффициент выбросов	тCO_2/ГДж топлива	IPCC/CSI/национальные значения по умолчанию или измерения на уровне завод
	Содержание биогенного углерода	Массовая доля	
Биомасса и жидкое биотопливо (биомасса АТ)	Потребление топлива	т	Измерение на уровне завода
	Низшая ТС	ГДж/т топлива	
	Коэффициент выбросов	тCO_2/ГДж топлива	IPCC/CSI/национальные значения по умолчанию или измерения на уровне завода
Сжигание сточных вод	—	—	Количественная оценка CO_2 не требуется

7.2 Выбросы CO_2 при декарбонизации/кальцинировании сырья

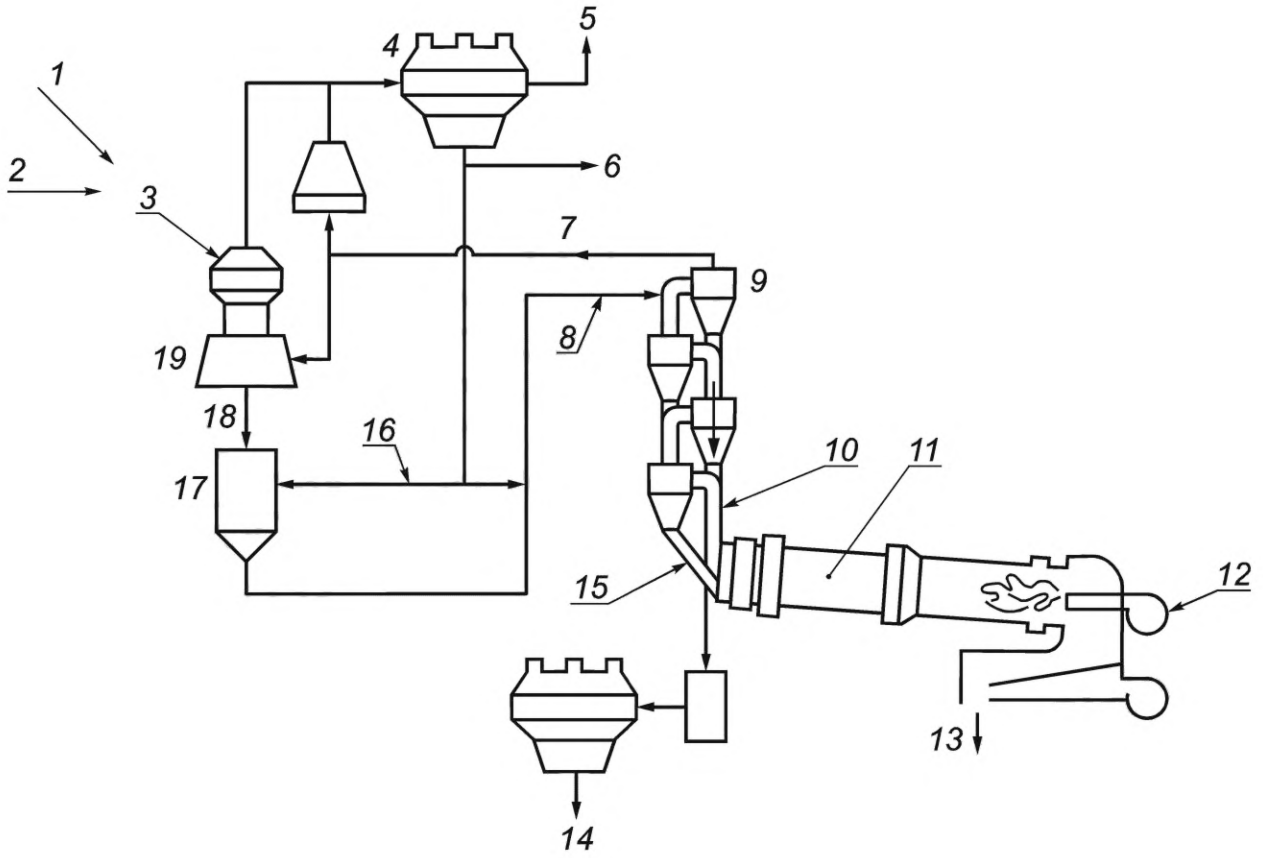
7.2.1 Общие положения

Декарбонизация/кальцинирование — это высвобождение CO_2 из карбонатов в процессе высокотемпературной обработки ИС по [10], [11]. Декарбонизация/кальцинирование CO_2 напрямую связаны с производством Кл. Кроме того, декарбонизация/кальцинирование БП и ФП может быть соответствующим источником CO_2, когда такая пыль выводится из печной системы для прямой продажи, добавления в цемент или другие продукты или для утилизации в качестве отходов.

На рисунке 4 приведен пример соответствующих массовых потоков в процессе производства Кл.

На уровне завода выбросы CO_2 при обжиге можно рассчитать двумя способами: исходя из объема и содержания карбонатов в потребленном сырье (метод ввода) или на основе объема и состава произведенного Кл (метод вывода) плюс пыль, выходящая из печи. Методы ввода и вывода эквивалентны. Настоящий стандарт включает описание двух типов методик. Предприятия могут выбрать метод ввода на основе сырья или метод вывода на основе Кл. Выбор следует делать в зависимости от наличия адекватных данных и измерений массовых потоков. Кроме того, настоящий стандарт позволяет для каждого типа применять доступный и подробный метод. Выбор между этими методами зависит как от предполагаемого использования отчетности, так и от наличия данных. Предпочтение отдается детальным методам отчетности, если данные, необходимые для более детальных методов, могут быть предоставлены с достаточной точностью и в практически осуществимых пределах.

В настоящем стандарте массовые потоки и параметры сырья, печной загрузки, ЦП (ФП и БП) и Кл отнесены к сухому состоянию (влажность менее 1 %). Обычно остаточная влажность этих материалов незначительная, когда измерения проводят во время подачи материала или топлива в процесс.



1 — известняк $CaCO_3$, $MgCO_3$; *2* — глина, сланец, прочие источники CaO, MgO, CaSi; *3* — сырье; *4* — пылевой фильтр; *5* — CO_2; *6* — пыль из фильтров, поступающая из печной системы; *7* — возвратная пыль; *8* — сырьевой материал печи; *9* — теплообменник; *10* — зола уноса декарбонизатора; *11* — печь; *12* — зола топлива; *13* — Кл; *14* — БП; *15* — дополнительные сырьевые материалы; *16* — рециркулируемая пыль; *17* — силос; *18* — сырьевая смесь; *19* — сырьевая мельница

Рисунок 4 — Пример массовых потоков в процессе производства Кл на установке по производству Кл во вращающейся печи с циклонным теплообменником, оборудованной фильтром для сбора пыли, и с рециркуляцией пыли

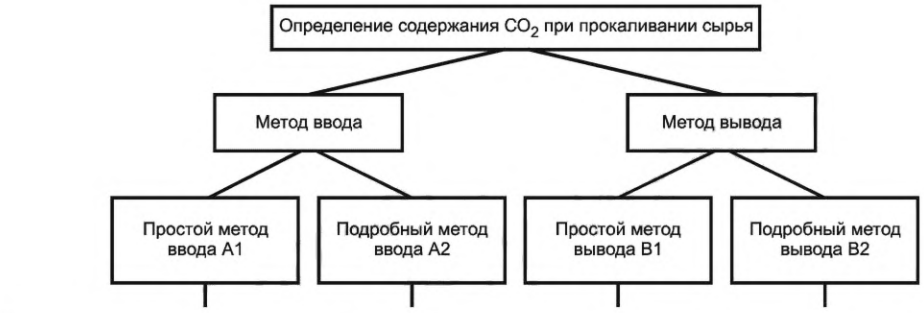
Выбросы CO_2 от декарбонизации/кальцинирования относительно небольших количеств карбонатов в золе топлива, добавляемой в систему печи, следует полностью учитывать для отчетности по выбросам CO_2 от топлива. Обычно это обеспечивается путем определения коэффициентов выбросов CO_2 для топлива на основе содержания ОУ в топливе, которое включает как ООУ, так и ОНУ. Материалы с высоким содержанием как ООУ, так и ОНУ (например, обезвоженный осадок сточных вод) можно рассматривать как топливо и/или сырьевой материал. В любом случае необходимо учитывать полные выбросы CO_2 в результате их использования. На рисунке 5 обобщены предлагаемые методы определения основных источников CO_2 при декарбонизации/кальцинировании сырья.

7.2.2 Методы ввода А1 и А2

7.2.2.1 Общие положения

Методы ввода основаны на определении количества сырья, потребляемого для производства Кл, с учетом поправки на возврат пыли. Оба метода (простой метод ввода А1 и подробный метод ввода А2) учитывают:

- выбросы CO_2 при обжиге сырья для производства Кл;
- выбросы CO_2 от обжига цементной пыли (ЦП = ФП и/или БП), выходящие из печной системы;
- выбросы CO_2 от ООУ сырья.



Основные параметры и методы анализа	Потребляемое сырье (потеря массы при кальцинировании)	Выбросы CO_2, основанные на ТС (ИК-анализ)	Значение по умолчанию для производства Кл	Анализ произведенного Кл на CaO, MgO (например, с помощью рентгенофазового анализа)
Выбросы CO_2 от ООУ	Частично включен отдельный анализ сырья с высоким содержанием ООУ	Включен в выбросы CO_2, основанные на ТС, отдельный учет не требуется	Значение по умолчанию	Анализ ООУ (соответствующих) или значение по умолчанию
Выбросы CO_2 от БП	Включено полное кальцинирование без анализа	Остаточный выброс CO_2, основанный на ОУ	Принято значение по умолчанию полного обжига Кл	Анализ CaO, MgO или значение Кл по умолчанию
Выбросы CO_2 от фильтрационной пыли	Потери	Выброс CO_2, основанный на ОУ	Значение по умолчанию или анализ	Анализ или значение по умолчанию
Дополнительное сырье, подаваемое в декарбонизатор или в загрузочное окно	Не включен	Выброс CO_2, основанный на ОУ, учитывается отдельно	Включено, не требуется отдельного учета	Включено, не требуется отдельного учета

Рисунок 5 — Обзор методов определения выбросов CO_2 при декарбонизации/кальцинировании сырья

7.2.2.2 Потребление сырья

Количество сырья, потребляемого для производства Кл в печи, включая прокаленную БП, выходящую из печной системы, определяют исходя из количества печной загрузки, рассчитанного или измеренного на уровне завода. Взвешивание печной загрузки является основным измерением, которое в наибольшей степени определяет окончательную точность отчетности по методу ввода.

Количество печной загрузки корректируется путем вычитания количества пыли, которая возвращается, например из теплообменника, и которая либо рециркулирует в печной загрузке или в бункере, либо отбрасывается в виде фильтрационной пыли, покидающей систему печи. Концепция массовых потоков показана на рисунке 6. Коррекция подачи в печь по скорости возврата пыли предотвращает двойной учет рециркулируемой пыли. Таким образом, методы ввода рассчитывают количество сырья, потребляемого для производства Кл и БП, выходящей из печной системы.

Доля возврата пыли по отношению к подаче в печи следует определять на уровне предприятия. Для этого можно применять различные методы. Общепринятыми методами являются либо прямое измерение (взвешивание) количества возвращаемой пыли, либо определение доли возвращаемой пыли из массового баланса печи. В таком балансе массовые потоки от печной загрузки и золы топлива, а также выход Кл, потери при кальцинировании сырья и пыли, выходящей из печной системы (например,

в виде БП), уравновешиваются, для получения массы пыли, возвращаемой в технологический цикл за определенный период.

В любом случае применяемые методы определения доли возврата пыли должны обеспечивать достаточную точность. Когда используют измерения за определенные периоды работы печи, они должны быть представительными для работы печи в течение периода, для которого подготовлен отчет о выбросах.

Обычно для этого требуются повторные измерения для учета возможных изменений доли возвращаемой пыли с течением времени и/или изменения при различных режимах работы печи.

Количество выбросов CO_2 от декарбонизации/кальцинирования потребляемого сырьевого материала рассчитывают путем умножения на массовую долю CO_2, высвобождаемого из ОУ некальцинированного ИС, при детальном методе ввода А2 или на основе ППП при простом методе ввода А1. Соответствующий параметр сырья необходимо регулярно измерять на уровне предприятия.

Вместо показателей сырьевой смеси возможно использовать соответствующий параметр для образцов сырьевых материалов печи, если разница между этими величинами незначительная, а регулярный анализ сырьевой смеси не реализуем. Разница между этими показателями остается небольшой в том случае, если пыль, поступающая из теплообменника, имеет невысокую степень декарбонизации/кальцинирования (что часто наблюдается в печах с циклонными теплообменниками, работающих по сухому способу), либо на рецикл из теплообменника в печную загрузку поступает небольшое количество пыли:

- для замены этого параметра в простом методе ввода А1 разница между параметром загрузки печи и сырья не должна превышать 1 %, а степень декарбонизации/кальцинирования пыли, возвращаемой из теплообменника, — 5 %;
- для подстановки параметров в подробном методе ввода А2 необходимо проанализировать разницу между обоими параметрами и показать, что отчет о выбросах CO_2 является полным и не существует систематической разницы между использованием параметров, определенных по образцам печной загрузки.

В дополнение к неорганическим карбонатам сырье, используемое для производства Кл, обычно содержит небольшую долю органического углерода, который преобразуется в CO_2 в процессе термообработки сырья. Выбросы CO_2, обусловленные содержанием ООУ, следует включать в параметры, используемые для отчетности о выбросах CO_2 по методам ввода;

- для подробного метода ввода А2 измерение CO_2 от общего количества углерода должно определять полные выбросы CO_2 от сырья и любых дополнительных сырьевых материалов. Это означает, что он должен включать CO_2, выделяемый из ОНУ и ООУ соответствующих материалов. Такие измерения могут быть выполнены, например, с помощью ИК-анализа газов, выделившихся из нагретого и полностью окисленного образца;
- в простом методе ввода А1 в массовой доле потерь учтен весь CO_2 от декарбонизации/кальцинирования карбонатов. Выбросы CO_2 от ООУ обычно относительно невелики. Выбросы от потерь при кальцинировании учитывают частично. С другой стороны, разница масс между ООУ и выбросами CO_2 от ООУ часто более чем полностью компенсируется небольшим количеством остаточной влажности в образцах сырья, которая выделяется в виде водяного пара (H_2O) при нагревании. Эта потеря массы также учитывается потерями. Таким образом, отчетность по выбросам на основе ППП в простом методе ввода в большинстве случаев обеспечивает относительно точную оценку общих выбросов CO_2 от декарбонизации/кальцинирования и высокотемпературной обработки потребляемого сырья. Если использовано сырье с высоким содержанием органического углерода, то вместо измерений потерь следует использовать содержание CO_2, включая выбросы CO_2 из содержания ООУ, как в подробном методе А2. Это становится необходимым, если завод потребляет в качестве подаваемого в печь сырья значительные объемы сланца с высоким содержанием ООУ. В некоторых случаях целесообразно рассматривать ООУ таких материалов отдельно, в качестве «виртуального» топливного компонента. Для целей расчета это означает, что такой материал подразделяют на сырьевую (охватывает минеральную часть/карбонаты) и топливную составляющие (исходя из содержания ООУ).

7.2.2.3 Фильтрационная пыль, выходящая из печной системы

Пыль от фильтров, выходящая из печной системы, относится ко всей пыли, которая не рециркулирует в печной загрузке. Пыль можно реализовать напрямую, добавлять в цемент или другие продукты или утилизировать как отходы.

Определение ФП, выходящей из печной системы, не включает БП, которая обрабатывается отдельно в подробном методе ввода А2 [см. формулы (1) и (2)]. Количество ФП, выходящей из печной

системы, вычитают как часть возврата пыли из измеренной загрузки печи в соответствии с концепцией определения потребляемого сырья. Следовательно, выбросы от кальцинирования ФП, выходящей из печной системы, следует рассматривать отдельно. В сухом процессе ФП часто не кальцинируется.

При полусухом, полумокром и мокром способах частично декарбонизированную ФП часто извлекают. Необходимо учитывать выбросы CO_2 от ее декарбонизации/кальцинирования. Выбросы CO_2 от кальцинирования сырья, которые образуют БП, уже учитывают как кальцинированный CO_2, происходящий из потребленного сырья.

Выбросы CO_2 от ФП, выходящей из печной системы, следует рассчитывать на основе соответствующих объемов пыли и либо содержания CO_2 от карбонатов, либо потерь при прокаливании ФП, измеренных на уровне завода. Исходя из содержания CO_2 в карбонатах или потерь ФП и некальцинированной сырьевой смеси коэффициент выбросов CO_2 частично прокаленной ФП, тCO_2/тФП, рассчитывают по формуле

$$EF_{ФП} = \frac{f_{CO_{2RM}} \cdot d}{1 - f_{CO_{2RM}} \cdot d}, \quad (1)$$

где $f_{CO_{2RM}}$ — массовая доля карбонатного CO_2 в сырьевой смеси, тCO_2/т сырьевой смеси.

Степень/коэффициент декарбонизации ФП (высвобожденный CO_2, выраженный как доля общего карбонатного CO_2 в сырьевой смеси) d рассчитывают по формуле

$$d = 1 - \frac{f_{CO_{2ФП}} \cdot \left(1 - f_{CO_{2RM}}\right)}{\left(1 - f_{CO_{2ФП}}\right) \cdot 1 - f_{CO_{2RM}}}, \quad (2)$$

где $f_{CO_{2ФП}}$ — массовая доля CO_2 в ФП, тCO_2/тФП.

Массовые доли $f_{CO_{2RM}}$ и $f_{CO_{2ФП}}$ заменяются на $ППП_{RM}$ и $ППП_{ФП}$ соответственно в простом методе ввода А1, т. е. массовые доли потерь при декарбонизации/кальцинировании. Степень декарбонизации d ФП предпочтительно должна быть основана на данных по конкретному предприятию. При отсутствии таких данных для печей следует использовать значение по умолчанию, равное 0, поскольку ФП обычно не кальцинируется или кальцинируется в незначительной степени в этом процессе.

В других процессах (полусухой, комбинированный или мокрый) степень декарбонизации может быть значительной. При отсутствии данных для этих типов печей необходимо использовать значение по умолчанию 1. Это значение является консервативным, т. е. в большинстве случаев приводит к завышению выбросов, связанных с ФП. Формула (1) для метода ввода основана на анализе сырья, в то время как коэффициент выбросов пыли в соответствии с методом вывода основан на коэффициенте выбросов CO_2 Кл [см. формулу (11)]. Оба метода расчета должны привести к одному и тому же результату.

При отсутствии заводских данных об объемах пыли следует использовать значение по умолчанию МГЭИК для CO_2 от выбрасываемой пыли (2 % клинкерного CO_2). Однако следует отметить, что это значение по умолчанию чрезмерно низкое в тех случаях, когда соответствующее количество пыли выходит из печной системы. Поэтому предпочтительнее применять данные по конкретным предприятиям или организациям.

7.2.2.4 Частичная декарбонизация/кальцинирование байпасной пыли (подробный метод ввода А2)

Как правило, БП, извлеченная из печной системы, полностью декарбонизируется/кальцинируется. Однако в некоторых типах установок БП декарбонизируется/кальцинируется лишь частично. Объем экстракции БП и степени ее декарбонизации/кальцинирования имеет значение для точности отчетности о выбросах от декарбонизации/кальцинирования сырья. В таких случаях следует отдать предпочтение подробному методу ввода А2, а количество БП, выходящей из печной системы, и содержание карбонатного CO_2 следует измерять на уровне предприятия. Затем количество остаточного CO_2 в массовом потоке БП, выходящей из системы печи по формуле (3), следует вычесть из количества CO_2, полученного при обжиге сырьевой смеси.

$$CO_{2БП\ неисп} = БП \cdot CO_{2БП\ ост}, \quad (3)$$

где $CO_{2БП\ неисп}$ — масса CO_2, которое не выбрасывается, т CO_2;

БП — масса БП, выходящей из печной системы, т;

$CO_{2БП\ ост}$ — анализируемая масса остаточного CO_2, т CO_2.

Поправку на непрокаленную долю БП рассчитывают по формуле

$$CO_{2RM} = CO_{2RMвыд} - CO_{2БП\ неисп}, \quad (4)$$

где CO_{2RM} — эффективный выброс CO_2 из сырья, т CO_2;

$CO_{2RMвыд}$ — масса CO_2, потенциально выделяемая из потребленной сырьевой смеси (т CO_2), рассчитываемая по формуле

$$CO_{2RMвыд} = RM_{выд} \cdot CO_{2RM}, \quad (5)$$

где $RM_{выд}$ — масса потребленной сырьевой смеси, т;

CO_{2RM} — проанализированный CO_2, выделившийся из ОУ в сырьевой смеси, т CO_2/т сырьевой смеси.

7.2.2.5 Дополнительное сырье, не включенное в шихту

Варианты учета дополнительного сырья представлены в подробном методе ввода А2.

Общую массу CO_2 из сырьевой смеси CO_{2RM}, т CO_2/год, рассчитывают по формуле

$$CO_{2RM} = KF \cdot (1 - DRC) \cdot ППП_{RM} + ФП_{вых.с.п} \cdot EF_{ФП}, \quad (6)$$

где KF — масса сырьевого материала печи, измеренное на уровне завода, т/год;

DRC — доля возвращенной пыли по отношению к сырьевому материалу печи;

$ППП_{RM}$ — массовая доля потерь при кальцинировании сырьевой смеси, доли ед;

$ФП_{вых.с.п}$ — количество ФП, выходящей из печной системы, т/год;

$EF_{ФП}$ — коэффициент выбросов CO_2 от частично прокаленной ФП, т CO_2/тФП, рассчитываемый по формуле (1).

Общую массу CO_2 из сырья CO_{2RM}, т CO_2/год, рассчитывают по формуле

$$CO_{2RM} = KF \cdot (1 - DRC) \cdot f_{CO_{2RM,ТС}} + ФП_{вых.с.п} \cdot EF_{ФП} - $$
$$- БП_{вых.с.п} \cdot f_{CO_{2БП,ТС}} + \sum_i (ADRM_i \cdot f_{CO_{2ADRM,ТС\ i}}), \quad (7)$$

где KF — масса сырьевого материала печи, измеренная на уровне предприятия, т/год;

DRC — доля возвращенной пыли по отношению к сырьевому материалу печи;

$ППП_{RM}$ — массовая доля потерь при кальцинировании сырьевой смеси, доли ед;

$f_{CO_{2RM,ТС}}$ — массовая доля содержания CO_2 в сырьевой смеси, включая выбросы CO_2 от ООУ, т CO_2/т сырья;

$ФП_{вых.с.п}$ — масса ФП, выходящей из печной системы, т/год;

$EF_{ФП}$ — коэффициент выбросов CO_2 от частично прокаленной ФП, т CO_2/т ФП;

$БП_{вых.с.п}$ — масса БП, выходящей из печной системы, т/год;

$f_{CO_{2БП,ТС}}$ — массовая доля CO_2, выделившегося в БП, т CO_2/т БП;

$ADRM_i$ — масса ДС i, т/год, не входящего в состав шихты;

$f_{CO_{2ADRM,ТС\ i}}$ — массовая доля CO_2, выделившегося в ДС i, т CO_2/т ДС.

В особых случаях может потребоваться корректировка концепции методов ввода, чтобы отразить определенные материальные потоки на заводе и обеспечить их правильный учет. Корректировки должны быть объяснены и сопровождаться обзором всех соответствующих материальных потоков. Кроме того, следует продемонстрировать, что выбросы CO_2 от полного и частичного кальцинирования сырья и от содержания органического углерода в сырье полностью и более точно учитывают скорректированным методом.

7.2.3 Методы вывода B1 и B2

7.2.3.1 Общие положения

Для того чтобы применить методы на основе произведенного Кл, предприятия должны использовать свои заводские данные, как указано в 7.2.3.2, 7.2.3.3 и 7.2.3.4.

7.2.3.2 Клинкер

CO_2 при декарбонизации/кальцинировании рассчитывают на основе объема произведенного Кл и коэффициента выбросов на тонну Кл.

Объем произведенного Кл можно определить:

- либо из массового баланса Кл (рассчитанный в обратном направлении от отгрузки цемента) по формуле

$$Кл_{prod} = cem_{disp} - cem_{stock,st} + cem_{stock,e} - cem_{const,ex,Кл} + Кл_{disp} - Кл_{supp} + Кл_{stock,e} - Кл_{stock,st} - cem_{supp}; \quad (8)$$

- либо прямым взвешиванием после печи.

Коэффициент выбросов определяют на основе измеренного содержания CaO и MgO в Кл и корректируют, если соответствующие количества CaO и MgO в Кл происходят из некарбонатных источников.

Это может быть, например, если в качестве сырья, поступающего в печь, использованы силикаты кальция или зола уноса.

Определение коэффициента выбросов для Кл должно быть четко задокументировано. Подробный метод относится к анализу CaO и MgO Кл и поправке на некарбонатные источники этих оксидов.

При отсутствии более качественных данных следует использовать значение по умолчанию 0,525 т CO_2/т Кл (простой метод вывода B1). Это значение сопоставимо со значением по умолчанию МГЭИК (0,510 т CO_2/т) с поправкой на типичное содержание MgO в Кл. Коэффициент выбросов CO_2 от Кл $EF_{Кл}$т CO_2/т Кл, рассчитывают по формуле

$$EF_{Кл} = fCaO_{Кл} \cdot 0{,}785 \frac{tCO_2}{tCaO} + fMgO_{Кл} \cdot 1{,}092 \frac{tCO_2}{tMgO}, \quad (9)$$

где $fCaO_{Кл}$ — массовая доля CaO в Кл, %;

$fMgO_{Кл}$ — массовая доля MgO в Кл, %.

Значительное содержание CaO и MgO (например, из предварительно прокаленного сырья) можно вычесть.

7.2.3.3 Пыль

CO_2 от БП или ФП, выходящей из печной системы, рассчитывают на основе соответствующих объемов пыли и коэффициента выбросов.

Байпасная пыль обычно полностью декарбонизирутся/кальцинируется. Таким образом, выбросы, связанные с БП, следует рассчитывать с использованием коэффициента выбросов для Кл (метод простого вывода B1) по формуле

$$CO_{2БП} = БП \cdot EF_{Кл}, \quad (10)$$

где $CO_{2БП}$ — масса CO_2, выбрасываемого из БП, т CO_2;

БП — масса БП, выходящей из печной системы, т БП;

$EF_{Кл}$ — заводской коэффициент выбросов Кл, т CO_2/т Кл.

В качестве альтернативы коэффициент выбросов CO_2 от БП $EF_{БП}$ можно определить по CaO, MgO и оставшемуся карбонатному CO_2, проанализированному в пробах БП (подробный метод B2). Эти параметры напрямую связаны с массой БП. Данный метод дает более точные результаты, особенно в случае обогащения БП такими компонентами, как щелочные хлориды и сульфаты, по сравнению с составом Кл или частично прокаленного материала.

При наличии дополнительной информации коэффициент выбросов CO_2 от БП $EF_{БП}$, т CO_2/т БП, можно рассчитать по формуле (предлагается для выбросов ФП)

$$EF_{БП} = CO_{2CaO} \cdot CO_{2MgO} - fCO_{2БП} = (CO_{2\,CaO} \cdot CO_{2MgO}) \cdot d, \quad (11)$$

где CO_{2CaO} — массовая доля CO_2, отнесенная к массе оксида кальция в БП, т CO_2/т БП, рассчитываемая по формуле

$$CO_{2CaO} = \frac{CaO_{БП}}{100} \cdot 0{,}785; \quad (12)$$

CO_{2MgO} — массовая доля CO_2, отнесенная к массе оксида магния в БП, т CO_2/т БП, рассчитываемая по формуле

$$CO_{2MgO} = \frac{MgO_{БП}}{100} \cdot 1{,}092; \quad (13)$$

$fCO_{2БП}$ — массовая доля карбонатов CO_2 в БП, т CO_2/т БП;

d — степень декарбонизации БП (выделенный CO_2, выраженный как доля общего CO_2 в полностью непрокаленной БП).

Расчет коэффициента выбросов CO_2 для БП $EF_{БП}$ по формуле (11) следует тому же методу, который обычно применяется для определения коэффициента выбросов для Кл $EF_{Кл}$. Однако при использовании параметров БП и ее удельной массы он учитывает:

а) снижение массовой доли CaO и MgO в БП (по сравнению с прокаленным сырьем или Кл) за счет обогащения щелочными хлоридами и сульфатами;

б) ее частичную(ое) декарбонизацию/кальцинирование (степень декарбонизации/кальцинирования d): ФП, в отличие от БП, обычно не кальцинируется полностью.

Коэффициент выбросов для частично прокаленной ФП $EF_{ФП}$, т CO_2/т ФП, определяют на основе коэффициента выбросов для Кл и степени декарбонизации пыли по формуле

$$EF_{ФП} = \frac{\frac{EF_{Кл}}{1+EF_{Кл}} \cdot d}{1 - \frac{EF_{Кл}}{1+EF_{Кл}} \cdot d}, \quad (14)$$

где $EF_{Кл}$ — заводской коэффициент выбросов Кл, т CO_2/т Кл;

d — степень декарбонизации ФП (выделенный CO_2, выраженный как доля общего CO_2 в сырье) по формуле (2).

Степень декарбонизации ФП d предпочтительно должна быть основана на данных по конкретному предприятию. При отсутствии таких данных значение по умолчанию, равное 0, следует использовать для печей сухого способа, потому что ФП обычно не декарбонизируется/кальцинируется или декарбонизируется/кальцинируется в незначительной степени в этом процессе. В других процессах (полусухой, комбинированный или мокрый) степень декарбонизации может быть значительной. При отсутствии данных для этих типов печей должно быть использовано значение по умолчанию 1.

Это значение является консервативным, т. е. в большинстве случаев приводит к завышению выбросов, связанных с ФП. Метод ввода А2 основан на анализе сырья, а метод вывода В2 — на коэффициенте выбросов CO_2 при производстве Кл. Оба метода массового баланса должны привести к одному результату.

При отсутствии заводских данных об объемах пыли следует использовать значение по умолчанию МГЭИК для CO_2 от выбрасываемой пыли (2 % от CO_2 Кл, см. 7.3). Однако следует отметить, что это значение по умолчанию чрезмерно низкое в тех случаях, когда соответствующее количество пыли выходит из печной системы. Поэтому явно предпочтительнее использовать данные по заводу или организации.

7.2.3.4 CO_2 из органического углерода в сырьевых материалах

В дополнение к неорганическим карбонатам сырье, используемое для производства Кл, обычно содержит небольшую долю органического углерода, который в основном превращается в CO_2 в процессе высокотемпературной обработки сырья. Содержание ООУ в сырье может существенно различаться в зависимости от местоположения и типа используемых материалов.

Выбросы CO_2 от органического углерода в сырье должны быть количественно определены и зарегистрированы для обеспечения полноты инвентаризации (см. раздел 10 о пороговых значениях существенности). Однако, поскольку их вклад в общие выбросы невелик, необходимо выполнить простой расчет, посредством которого производство Кл умножают на следующие значения по умолчанию:

- стандартное соотношение сырья и клинкера: 1,55;
- содержание ООУ в сырье по умолчанию: 2 кг/т сырья (сухая масса, соответствующая 0,2 %).

Предприятия не обязаны проводить дальнейший анализ этих выбросов, если только у них отсутствуют указания на то, что органический углерод более актуален. Это может иметь место, например, если организация потребляет значительные объемы сланца или золы уноса с высоким содержанием ООУ в качестве сырья, поступающего в печь.

Предприятия, производящие значительные объемы пыли, должны использовать соотношение сырья и Кл для конкретных заводов, если они хотят более подробно проанализировать свои выбросы, связанные с ООУ. Соотношения сырья и клинкера для конкретных заводов должны исключать зольность применяемого топлива во избежание двойного учета. Например, если зола уноса с высоким содержанием углерода учтена в качестве топлива (т. е. путем присвоения ей ТС и коэффициента выбросов CO_2), ее зольность не следует включать в соотношение сырья и Кл для целей расчета выбросов ООУ в сырье.

Методы вывода В1 и В2 использованы в нижеприведенных формулах.

$$CO_{2RM} = Кл_{prod} \cdot EF_{Кл} + БП_{вых.с.п} \cdot EF_{БП} + ФП_{вых.с.п} \cdot EF_{ФП} + RM_{cons} \cdot fООУ_{RM} \cdot 3{,}664, \quad (15)$$

где CO_{2RM} — масса CO_2 из сырья, т CO_2/год;

$Кл_{prod}$ — масса Кл, т/год;

$EF_{Кл}$ — коэффициент выбросов CO_2 от Кл, кг CO_2/т Кл; простой метод вывода В1: значение по умолчанию = 0,525 т CO_2/т Кл; подробный метод вывода В2: определение согласно 7.3;

$БП_{вых.с.п}$ — масса БП, выходящей из печной системы, т/год;

$EF_{БП}$ — представляет собой либо $EF_{Кл}$, оцененный по степени декарбонизации либо определенный на основе анализа (см. выше);

$ФП_{вых.с.п}$ — масса ФП, выходящей из печной системы, т/год;

$EF_{ФП}$ — коэффициент выбросов CO_2 частично прокаленной ФП, определенный по формуле (14), т CO_2/т ФП;

RM_{cons} — масса сырья, израсходованная на производство Кл и БП, т/год;

$fООУ_{RM}$ — массовая доля CO_2 в сырье; значение по умолчанию = 0,002 = 0,2 %;

3,664 — коэффициент перевода, тCO_2/тС.

Массу сырья, израсходованного на производство Кл и БП RM_{cons}, т/год, рассчитывают по формуле

$$RM_{cons} = Кл_{prod} \cdot R_{RM,Кл}, \quad (16)$$

где $Кл_{prod}$ — масса Кл, т/год;

$R_{RM,Кл}$ — массовая доля сырья Кл (сырье, расходуемое на производство клинкера), для определения которой учитывают добавки золы топлива и пыли, выходящие из печной системы; значение по умолчанию = 1,55.

Примечание — В представленном типовом расчете не отражены автоматически объемы пыли, поступающие из печной системы.

7.3 Отчет о выбросах CO_2 при обжиге сырья на основе выхода клинкера

МГЭИК (см. [2]) рекомендует рассчитывать CO_2 при обжиге на основе содержания CaO в произведенном Кл (0,785 т CO_2/т CaO, умноженное на содержание CaO в Кл). По умолчанию рекомендуется содержание CaO в Кл 65 %, что соответствует 510 кг CO_2/т Кл.

CO_2 от выбрасываемой печной пыли согласно МГЭИК следует рассчитывать отдельно с учетом степени ее декарбонизации/кальцинирования. В случае недоступности более точных данных МГЭИК рекомендует учитывать выбрасываемую пыль, добавляя 2 % к клинкерному CO_2 по умолчанию, признавая, что в некоторых случаях выбросы могут быть намного выше (см. [1]). МГЭИК не делает различий между БП и ФП. Кроме того, значение по умолчанию МГЭИК не учитывает CO_2 от разложения карбонатов магния (содержание MgO в Кл не должно превышать 5 % в соответствии с ГОСТ Р 57293. Допускается содержание MgO до 6 % по ГОСТ 30744).

В настоящем стандарте рекомендуется определять коэффициенты выбросов от обжига Кл на основе данных, полученных на конкретном заводе или на основе измерений на конкретном заводе. С этой целью в электронную таблицу протокола (см. [1]) включен вспомогательный рабочий лист для подробного метода вывода В2, в котором может быть учтено конкретное содержание CaO и MgO в заводском Кл, а также некарбонатные источники: CaO и MgO, такие как силикаты кальция или зола уноса, добавляемые в сырье. При отсутствии данных по конкретному заводу в настоящем стандарте рекомендуется использовать простой метод вывода В1 с коэффициентом выбросов по умолчанию 525 кг CO_2/т Кл, что соответствует стандарту МГЭИК с поправкой на карбонаты Mg.

Коэффициент выбросов CO_2 для Кл, определенный на основе удельного содержания CaO и MgO, не учитывает выбросы CO_2 в результате ЦП на выходе из печной системы и выбросы CO_2, которые возникают в результате ООУ сырьевых материалов. Следовательно, эти выбросы CO_2 учитывают дополнительно к выбросам CO_2 от обжига сырья для производства Кл [более подробно см. формулу (15) и 7.2.3].

7.4 Определение степени декарбонизации фильтрационной пыли

Степень декарбонизации ФП *d* следует рассчитывать исходя из массовых долей карбонатного CO_2 в ФП и сырье соответственно. Необходимо измерить посредством химического анализа два входных параметра — fCO_2 ФП и fCO_2 сырья. Возможные методы анализа включают, например, определение потери при декарбонизации, титрование или анализ выбросов CO_2 с помощью ИК-анализа $fOOУ_{RM} \cdot 3{,}664$.

Степень декарбонизации ФП *d* рассчитывают по формуле

$$d = 1 - \frac{fCO_{2ФП} \cdot (1 - fCO_{2RM})}{(1 - fCO_{2RM}) \cdot fCO_{2RM}}, \quad (17)$$

где $fCO_{2ФП}$ — массовая доля CO_2 в ФП, т CO_2/т ФП;

fCO_{2RM} — массовая доля CO_2 в сырье, т CO_2/т сырья.

При отсутствии данных измерений состава ФП для степени декарбонизации *d* следует использовать значение по умолчанию, равное 1. Это значение является консервативным, т. е. в большинстве случаев приводит к завышению выбросов, связанных с ФП, поскольку ФП обычно не полностью декарбонизируется.

В качестве альтернативы максимальную степень декарбонизации *d* рассчитывают на основе анализа проб ЦП только как отношение максимального количества CO_2, потенциально выделяемого в процессе обжига (определенного по анализам CaO и MgO), и анализируемого содержания остаточного CO_2 в образце по формуле

$$d = \frac{CO_{2CaO} + CO_{2MgO} - CO_{2проб}}{CO_{2CaO} + CO_{2MgO}}, \quad (18)$$

где CO_{2CaO} — массовая доля CO_2, рассчитанная по CaO, доля ед;

CO_{2MgO} — массовая доля CO_2 в пересчете на MgO, доля ед;

$CO_{2проб}$ — массовая доля CO_2 в образце (диоксида углерода в соответствии с ГОСТ Р 57293), доля ед.

7.5 Прямое определение коэффициента выбросов CO_2 ФП по анализу содержания CO_2

Для прямого определения коэффициента выбросов CO_2 ФП используют комбинацию формул (1) и (17):

$$EF_{ФП} = \frac{fCO_{2RM} - \frac{fCO_{2ФП} \cdot (1 - fCO_{2RM})}{(1 - fCO_{2ФП})}}{(1 - fCO_{2RM}) + \frac{fCO_{2ФП} \cdot (1 - fCO_{2RM})}{(1 - fCO_{2ФП})}}. \quad (19)$$

Формула (19) упрощается после дополнения левого члена умножением на формулу

$$\frac{\frac{(1 - fCO_{2ФП})}{(1 - fCO_{2RM})}}{\frac{(1 - fCO_{2ФП})}{(1 - fCO_{2RM})}} = 1. \quad (20)$$

В результате коэффициент выбросов CO_2 для ФП также может быть определен напрямую по формуле

$$EF_{ФП} = fCO_{2RM} \cdot \frac{(1 - fCO_{2ФП})}{(1 - fCO_{2RM})} - fCO_{2ФП}. \quad (21)$$

В формуле (21) выражение в круглых скобках корректирует массовый поток содержания CO_2 fCO_2 сырьевой смеси, определенного в образцах непрокаленной сырьевой смеси, на массовый поток ФП, которая потенциально является частично прокаленной. Коэффициент выбросов CO_2 для ФП $EF_{ФП}$ определяют по разнице содержания карбонатов CO_2 между потенциально частично прокаленным состоянием и гипотетическим непрокаленным состоянием ФП.

7.6 Особенности использования топлива в производстве цемента

7.6.1 Традиционное ископаемое топливо

Традиционное печное топливо — это виды ископаемого топлива, например уголь, нефтяной кокс, топливные нефтепродукты и природный газ. Предпочтительный подход заключается в том, чтобы рассчитывать CO_2, выделяемый от традиционного печного топлива (а также альтернативного и внепечного, см. 7.6.2 и 7.8), исходя из величины потребления топлива, низшей теплоты сгорания и соответствующих коэффициентов выбросов CO_2.

Потребление топлива и его НТС или чистую теплотворную способность (ЧТС) на постоянной основе измеряют на уровне завода. Следует отметить, что используемое значение теплоты сгорания должно соответствовать состоянию топлива, особенно его влагосодержанию при взвешивании (например, сырой уголь или сухой уголь). Как правило, величину низшей теплоты сгорания определяют для сухих образцов. Затем полученный результат корректируют с учетом влажности, пересчитывая массовое содержание обратно от сухого состояния к начальному влагосодержанию топлива в том виде, в котором его потребляют или взвешивают.

Кроме того, необходимо обеспечить правильное указание коэффициентов выбросов CO_2. Ссылка должна быть на теплоту, определяемую НТС. Для преобразования более высокой ТС в НТС можно применять формулу, определенную в [2].

Коэффициент выбросов топлива должен быть основан на общем содержании углерода. Прямой расчет выбросов на основе расхода топлива, т, и содержания углерода в топливе, %, приемлем при условии, что существенные изменения в составе топлива, особенно в содержании в нем влаги, должным образом учтены.

Как правило, МГЭИК рекомендует учитывать неполное сгорание ископаемого топлива. Однако обычно окисляется от 99 % до 100 % углерода. Согласно [2] коэффициенты окисления углерода по умолчанию следующие: 98 % для угля, 99 % для нефти и 99,5 % для природного газа.

В цементных печах неполным окислением можно пренебречь из-за предельно высоких температур горения и длительного пребывания в печах, а также ввиду отсутствия или минимального содержания остаточного углерода в Кл. Следовательно, углерод во всех печных топливах следует рассматривать как полностью окисленный. Коэффициенты выбросов CO_2 от топлива неизменно должны определяться на основе содержания ОУ.

7.6.2 Альтернативные виды топлива

Согласно [2] для национальных кадастров ПГ необходимо соблюдать следующее:

- объем CO_2, выделяемый из биомассы и биожидкостей, следует определять как «Справочная информация», но исключать из итоговых данных;
- объем CO_2, выделяемый из отходов, полученных из ископаемого топлива (также называемых альтернативным ископаемым топливом или ископаемым топливом): выбросы ПГ при преобразовании промышленных отходов в энергию указывают в категории «Энергетика» национальных кадастров, в то время как выбросы ПГ при обычном захоронении отходов (захоронение на свалках, сжигание) — в категории «Отходы»;
- объем CO_2, выделяемый от смешанного топлива с биомассой и фракциями ископаемого топлива: в случае сжигания биомассы или биожидкостей вместе с ископаемым топливом (например, предварительно обработанными промышленными и/или бытовыми отходами) разделение между ископаемой и неископаемой фракциями топлива следует установить и применить коэффициенты выбросов к соответствующим фракциям.

В целях соответствия [2] необходимо обеспечить прозрачную отчетность о прямых выбросах CO_2 в результате сжигания АТ на цементных заводах. В настоящем стандарте установлен следующий порядок отчетности:

- прямой выброс CO_2, выделяемый от сжигания биомассы (включая чистую биомассу или биожидкости, отходы биомассы и долю биомассы в смешанном топливе), следует указывать в качестве информации, но исключать из абсолютных прямых выбросов ПГ. Необходимо использовать коэффициент выбросов по умолчанию МГЭИК, равный 110 кг CO_2/ГДж для твердой биомассы, за исключением тех случаев, когда имеются другие объективные коэффициенты выбросов. Это значение находится в диапазоне различных значений для твердой биомассы или биожидкостей, которые указаны в качестве коэффициентов выбросов по умолчанию в [2];
- прямые выбросы CO_2, выделяемые от сжигания ископаемых АТ и ископаемых фракций смешанного топлива, следует рассчитывать и включать в прямые выбросы CO_2. Коэффициенты выбросов CO_2

зависят от типа используемого дизельного топлива или смешанного топлива и, следовательно, должны быть указаны на уровне завода, где это целесообразно. При отсутствии данных по заводу или организации необходимо использовать коэффициенты выбросов по умолчанию.

Косвенную экономию ПГ, достигнутую за счет использования АТ, следует учитывать в настоящем стандарте как чистые выбросы.

Как правило, коэффициенты выбросов CO_2 для всех видов топлива должны представлять полные выбросы CO_2 от использования топлива на основе содержания ОУ.

Некоторые АТ, например использованные шины и пропитанные опилки, содержат как ископаемый углерод, так и углерод из биомассы.

Эти виды топлива следует рассматривать как смешанные виды топлива, а выбросы CO_2 должны быть разделены на их ископаемые и биогенные части путем определения доли биогенного углерода в общем топливе.

Для некоторых видов топлива эту долю сложно измерить, так как она может отличаться в зависимости от применяемого топлива. Предприятиям рекомендуется использовать консервативный подход при определении содержания биогенного углерода, а это означает, что его содержание не следует переоценивать. Содержание ископаемого углерода за пределами 100 % необходимо принимать для видов топлива в случае отсутствия достоверной информации о содержании в них биогенного углерода до получения более точных данных.

Топливо, которое вносит значительный вклад в массу получаемого Кл благодаря своей зольности и имеет значительное содержание ОНУ, может быть указано как топливо с коэффициентом выбросов CO_2, основанным на содержании общего органического углерода. В этом случае, а также при представлении выбросов CO_2 от сырья на основе его ввода (см. 7.2.2) дополнительно следует сообщать выбросы CO_2 от содержания ОНУ. Это должно быть сделано с использованием подробного метода ввода А2 для ДС, которое не является частью загрузки печи. Если выбросы CO_2 от ООУ материала уже указаны как выбросы от топлива, выбросы CO_2 от ДС должны отражать только оставшееся содержание ОНУ, чтобы сообщались выбросы CO_2 от содержания ОУ (см. 7.2.2.5).

7.7 Выбросы ПГ от печного топлива

В настоящем стандарте печное топливо — это все виды топлива, подаваемые в печную систему, плюс топливо, используемое для сушки или переработки сырьевых материалов или для подготовки другого печного топлива. Под это определение подпадают топлива как поступающие через основную топочную систему печи, так и подаваемые в декарбонизатор или напрямую на загрузочный конец печи. В настоящем стандарте такие топлива рассматриваются как печные, независимо от возможности использования сбросного тепла для генерации электроэнергии. Также в категории печных отражают топлива, используемые для их подогрева (например, тяжелой топливной нефти для производства Кл). Топлива, используемые для сушки МК, применяемых при помоле цемента, а также топлива для генерации электроэнергии в обособленной от печи установке отражают в отчете в категории внепечных топлив.

Удельные выбросы ПГ и удельное потребление энергии топлива при производстве Кл зависят от применения печного топлива, включая подготовку сырья и топлив.

7.8 Выбросы ПГ от непечного топлива

7.8.1 Непечное топливо включает все виды топлива, не включенные в определение печного топлива. Например, топливо, используемое:

- для заводской и карьерной техники;
- обогрева помещения;
- термического технологического оборудования (например, сушилок), которое может быть использовано при приготовлении МК для помола цемента, и
- в отдельной установке для собственной генерации электроэнергии.

7.8.2 Цементные предприятия должны обеспечить полную отчетность о выбросах ПГ от непечного топлива, сжигаемого на месте.

Данные выбросы учитывают следующим образом:

а) ПГ от непечного топлива сообщается отдельно по типу применения, чтобы обеспечить гибкость при обобщении выбросов:

1) для оборудования и автомобилей на площадке,
2) обогрева или охлаждения помещения,
3) сушки МК, например шлака или пуццолана,

4) собственной генерации электроэнергии в котлах с раздельным нагревом и для производства электроэнергии на дизельном или бензиновом генераторе.

Топливо, израсходованное на сушку сырья для производства Кл и печного топлива, включено в раздел печного топлива;

б) в настоящее время выбросы ПГ от транспортирования за пределы объекта транспортными средствами организации исключены из границ отчетности (см. 10.1);

в) предполагается, что углерод в непечном топливе полностью окислен, т. е. не учтено накопление углерода в саже или золе. Полученное в результате завышение выбросов обычно невелико (примерно 1 %).

В таблице 6 приведены этапы процесса, которые необходимо отразить, чтобы обеспечить полную отчетность в соответствии с настоящим стандартом.

По возможности следует использовать измеренные значения более низкой ТС для конкретной установки. В качестве альтернативы можно применять значения по умолчанию МГЭИК. Если в качестве топлива для печей и непечного топлива использован один и тот же вид топлива, то коэффициенты выбросов CO_2 в отчетности должны совпадать. В противном случае необходимо применять измеренные заводские коэффициенты выбросов, при их наличии. В качестве альтернативы можно применять значения по умолчанию МГЭИК (см. [2]).

7.9 Выбросы ПГ от сжигания сточных вод

Некоторые цементные заводы производят распыл сточных вод в свои печи, например в качестве охладителя пламени для контроля оксидов азота (NO_x). Углерод, содержащийся в сточных водах, выделяется в виде CO_2. В настоящем стандарте не установлены строгие требования в отношении цементных предприятий на предмет количественной оценки своих выбросов CO_2, связанных с потреблением сточных вод, поскольку эти выбросы, как правило, невелики и, кроме того, их трудно определить количественно:

- большинство цементных заводов не потребляют сточные воды;
- при потреблении сточных вод содержание углерода в них обычно составляет менее 1 % от общих выбросов CO_2 предприятия.

Примечание — Если завод использует сточные воды, потребляемый объем обычно составляет около 10 кг/т Кл. При типичном значении массовой доли углерода в сточных водах 5 % это соответствует выбросам CO_2 около 2 кг/т Кл или около 0,2 % от типичных общих выбросов CO_2 предприятия;

- кроме того, углерод, содержащийся в сточных водах, может иметь биогенное происхождение (например, канализационные сбросы), и в этом случае его следует учитывать только как справочную информацию.

7.10 Выбросы парниковых газов, отличных от CO_2, от цементной промышленности

К химическим соединениям, соответствующим антропогенным ПГ, вызывающим изменение климата, относят:

- диоксид углерода (CO_2);
- метан (CH_4);
- оксид азота (N_2O);
- трифторид азота (NF_3);
- ГФУ;
- ПФУ;
- гексафторид серы (SF_6).

В процессе производства Кл и цемента не применяют ГФУ, ПФУ или SF6. Единственными возможными путями проникновения могут быть минимальные количества газа, остающиеся в отходах, содержащих пенопласт.

Однако такие материалы не используются и обычно не содержатся в значительном количестве в смешанном АТ, применяемом в цементной промышленности.

8 Косвенные выбросы парниковых газов и их определение

8.1 Общие положения

Косвенные выбросы ПГ — это выбросы, являющиеся следствием деятельности организации, но выбрасываемые источниками, находящимися в собственности или под контролем другой организации. Производство цемента связано с косвенными выбросами ПГ от различных источников.

Основные примеры источников косвенных выбросов CO_2:

- производство внешними генерирующими объектами закупленной электроэнергии, которую потребляют производители цемента (см. 8.2);
- использование Кл, закупленного у других производителей и смешанного с собственным Кл;
- производство и переработка традиционных ископаемых и альтернативных видов топлива третьими сторонами;
- транспортирование материалов (сырья, топлива) и продукции (цемент, Кл) третьими лицами.

Определение границ косвенных выбросов ПГ включено в 6.2.

Данные о косвенных выбросах ПГ, состоящие из нескольких категорий, могут быть полезны для оценки общего углеродного следа отрасли. С этой целью цементные предприятия должны рассчитывать и сообщать о выбросах ПГ как от косвенных выбросов ПГ от импортированной энергии по ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 [5.2.4, перечисление b)], так и от косвенных выбросов ПГ от продукции, используемой организацией по ГОСТ Р ИСО 14064-1—2021 [5.2.4, перечисление d)] (покупного Кл) и других косвенных выбросов ПГ, которые оказывают значительное влияние на выбросы ПГ.

8.2 Косвенные выбросы CO_2 от внешнего производства электроэнергии

Выбросы CO_2 при производстве электроэнергии на внешних генерирующих объектах необходимо рассчитывать на основе измеренной поставки электроэнергии из сети и, предпочтительно, коэффициентов выбросов, полученных от поставщика электроэнергии. В качестве альтернативы рекомендуется использовать государственные данные для национальной энергосистемы. Если оба вида данных недоступны, можно использовать средний коэффициент выбросов для страны. Такие коэффициенты основаны на данных МГЭИК и ежегодно обновляются. Выбросы, связанные с потреблением электроэнергии при транспортировании и распределении, в этот расчет не включают.

В настоящем стандарте отражено различие между источниками электроэнергии (внешние генерирующие объекты, собственная генерация электроэнергии) и потреблением энергии: использование для производства цемента, потребление электроэнергии вспомогательным оборудованием (разница между валовой и чистой выработкой электроэнергии электростанцией) и экспорт электроэнергии за пределы организации.

Энергию, переданную другим установкам, не связанным с производством цемента в границах одного предприятия, следует рассматривать как экспортируемую электроэнергию внешним потребителям.

8.3 Косвенные выбросы CO_2 от приобретенного клинкера

Косвенные выбросы CO_2 от приобретенного Кл рассчитывают на основе чистой передачи Кл (приобретенный Кл — реализованный Кл + внутреннее перемещение Кл на предприятии) организации, предоставляющей отчет, и коэффициента выбросов для Кл. Что касается перемещения Кл в пределах предприятия, следует использовать реальный коэффициент выбросов предприятия производителя. Если Кл приобретается на стороне, то значение коэффициента выбросов обычно неизвестно.

В этом случае необходимо использовать значение по умолчанию. В первую очередь следует применять национальные или региональные коэффициенты. Если их значение не указано, то можно использовать международные показатели.

Коэффициент выбросов по умолчанию, равный 865 кг CO_2/т, следует использовать только для расчета влияния косвенных выбросов ПГ, связанного с чистыми закупками Кл. Для продавца Кл баланс его покупки и, следовательно, результирующие выбросы будут отрицательными, что указывает на то, что продажи Кл предприятием косвенно помогли избежать выбросов на другом цементном заводе. Один и тот же коэффициент выбросов по умолчанию не следует использовать для расчета валовых и чистых прямых выбросов ПГ организации, предоставляющей отчет.

Подходы к расчету этих двух типов косвенных выбросов ПГ обобщены в таблице 11.

Помимо выбросов CO_2 от приобретенного Кл, настоящий стандарт не требует количественной оценки других косвенных выбросов ПГ. Это относится, в частности, к косвенным выбросам ПГ, связанным с транспортом.

Таблица 11 — Параметры и источники данных для расчета косвенных выбросов ПГ от импортируемой энергии и других косвенных выбросов CO_2 в соответствии с требованиями настоящего стандарта

Выбросы CO_2	Параметры	Единицы измерения	Источники данных
Выбросы от внешнего производства электроэнергии (косвенные выбросы ПГ от импортированной энергии)	Электроэнергия, покупаемая из внешней сети	ГВт · ч	Измерение на уровне завода
	Коэффициент выбросов без учета потерь	т CO_2/ГВт · ч	Коэффициент от поставщика или региональный коэффициент
Выбросы от приобретенного Кл (косвенные выбросы ПГ от продукции, используемой организацией)	Чистая закупка Кл	т Кл	Определение на уровне предприятия (приобретенный Кл — реализуемый Кл + внутреннее перемещение Кл на предприятии)
	Коэффициент выбросов	т CO_2 /т Кл	Коэффициент по умолчанию

Выбросы ПГ, связанные с производством МК, заменяющих Кл или цемент, не следует рассматривать как другие косвенные выбросы ПГ цементной промышленности, если эти выбросы являются результатом другого промышленного процесса. Это касается, в частности, шлака сталелитейной промышленности и золы уноса электростанций.

9 Базовый год, приобретения и продажи

Выбросы ПГ часто сравнивают с выбросами прошедшего контрольного года («базовый год»).

Приобретение и реализация, а также открытие или закрытие предприятий будут влиять на консолидированные показатели выбросов организации как в абсолютном, так и в относительном выражении. Для обеспечения согласованности выбросов (т. е. выбросов в базовом году и после него) предприятия должны применять следующие правила:

- корректировать показатели выбросов в базовом году с учетом изменений в результате приобретения и реализации: консолидированные выбросы, представленные за прошедшие годы, должны отражать текущие активы, принадлежащие организации. Если организацию приобретают, ее прошлые выбросы должны быть включены в консолидированные выбросы организации. Это следует сделать либо до базового года, либо до года приобретения, в зависимости от того, что наступит позднее. Если организация отделяется, прошлые выбросы должны быть исключены из консолидированных выбросов. Эти корректировки необходимо сделать в соответствии с правилами консолидации (см. 6.3);
- не корректировать показатели выбросов базового года при организационных изменениях: в случае увеличения производства за счет инвестиций в новое оборудование, расширения мощностей или повышения эффективности использования производственных мощностей базовый год не корректируется. Аналогично базовый год не должен корректироваться в случае сокращения производства, закрытия печей и т. д., что не должно приводить к изменению показателей выбросов базового года.

10 Отчетность

10.1 Общие положения

Проведение мониторинга выбросов ПГ и подготовка отчетности по выбросам ПГ имеют несколько целей, например: внутреннее управление экологическими показателями, публичная экологическая отчетность, отчетность по схемам налогообложения, добровольные или обязательные соглашения и торговля квотами на выбросы. Дополнительными целями могут быть, например, бенчмаркинг производительности и оценка жизненного цикла продукта.

Настоящий стандарт разработан как гибкий инструмент для удовлетворения различных целей отчетности. Информация структурирована таким образом, что ее можно агрегировать и дезагрегировать в соответствии с различными областями представления.

Примеры охвата отчетности:

- отчетность для национального реестра выбросов ПГ необходимо согласовывать с руководящими принципами МГЭИК. Следовательно, в отчетность следует включать все прямые выбросы ПГ, в том числе выбросы от сжигания отходов, содержащих ископаемый углерод. Выбросы CO_2 от биомассы следует приводить в качестве справочной информации;
- к отчетности по схемам соответствия и налогообложения по CO_2 предъявляют различные требования в зависимости от местных соглашений.

Настоящий стандарт позволяет сообщать о валовых и чистых выбросах, а также о косвенных выбросах ПГ, в зависимости от ситуации.

Настоящий стандарт не определяет каких-либо правил для исключения «несущественных» источников выбросов. На практике решение о включении или исключении конкретных источников выбросов также зависит от требований соответствующей системы отчетности.

Согласно постановлению [7] определение массы выбросов ПГ, включаемой в отчетность, осуществляется в соответствии с методикой количественного определения объемов выбросов ПГ, содержащей в том числе расчетные и инструментальные методы определения объема выбросов ПГ, утвержденной Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации (см. [4]).

10.2 Корпоративная экологическая отчетность

Целью добровольной экологической отчетности предприятия является предоставление пользователю достаточно точного представления об экологическом воздействии организации на окружающую среду.

Это означает, что отчетность цементных предприятий должна включать все соответствующие составляющие выбросов:

- валовые прямые выбросы ПГ организации (от декарбонизации/кальцинирования, традиционного ископаемого топлива для печей, альтернативного топлива для печей, непечного топлива). Также в качестве справочной информации следует приводить выбросы CO_2 от биомассы;
- чистые выбросы (если применимо), рассчитанные как валовые выбросы за вычетом выбросов от использования альтернативных видов топлива;
- основные косвенные выбросы ПГ (от потребления закупленной электроэнергии и приобретенного Кл).

Отчетность должна быть представлена в абсолютных единицах (млн т CO_2/год), а также в виде удельных показателей выбросов (кг CO_2/т материала, входящего в состав цемента). Предоставление отчетности только по чистым выбросам, без учета валовых выбросов, неприемлемо.

Для более полного отражения информации в отчетность должны быть включены выбросы CO_2 (включая косвенные выбросы CO_2 от потребления электроэнергии из сети и учет собственной генерации электроэнергии) на различных этапах процесса (см. таблицу 12).

Дополнительные требования к добровольной отчетности включают следующее:

- необходимо четко указывать, когда источники выбросов ПГ исключают из инвентаризации. С этой целью в настоящем стандарте перечислены требования относительно предоставления предприятиями отчетности об инвентаризации ПГ;
- отчетность предприятий должна соответствовать требованиям настоящего стандарта и отражать любые существенные отклонения от положений настоящего стандарта.

Таблица 12 — Рекомендуемые границы отчетности по выбросам ПГ

Этап процесса	Обязательность отчетности по выбросам CO_2	Комментарии
Поставка сырья (добыча, дробление)	Да, где применимо	Может потребоваться консолидация выбросов двух юридических лиц, если поставка сырья осуществлена по контракту (подробности см. в 6.3)
Подготовка сырья, топлива и добавок	Да, где применимо	—

Окончание таблицы 12

Этап процесса	Обязательность отчетности по выбросам CO_2	Комментарии
Процессы в печи (высокотемпературная обработка)	Да, где применимо	—
Перевозки за пределы предприятия (внешний транспорт)	Нет	Отчетность не является обязательной. Если сообщается, то следует разделять прямые выбросы CO_2 (от собственных транспортных средств, включая арендованные автомобили) и косвенные выбросы CO_2 (от транспортных средств третьей стороны)
Собственная генерация электроэнергии	Да, где применимо	Также следует сообщать о выбросах CO_2, даже если эта электроэнергия используется только периодически
Обогрев и охлаждение помещений	Да, где применимо	—

10.3 Отчетные периоды

Отчетность о выбросах ПГ осуществляют за календарный год. С точки зрения выбросов ПГ отчетность по финансовым годам составляют достоверно при условии, что это делается последовательно во времени, без пропусков или дублирования. Изменения в отчетном году должны быть четко указаны.

10.4 Показатели эффективности

10.4.1 Общие положения

В настоящем стандарте приведены рекомендации по созданию гибкой основы для мониторинга и отчетности по выбросам ПГ.

Расчет различных показателей выбросов приведен выше.

Определение общих выбросов и конкретных показателей зависит от целей отчетности, таких как: предоставление данных о выбросах в национальные реестры, режимы соблюдения требований по выбросам ПГ и торговля квотами на выбросы, отраслевой бенчмаркинг.

Инвентаризации ПГ для такой отчетности в значительной степени зависят от действующего законодательства и практического применения, а не от научных аргументов.

С учетом этого в настоящий стандарт включен раздел относительно показателей эффективности, в котором компании могут вводить дополнительные параметры в соответствии со своими потребностями, например различные итоговые показатели выбросов или промежуточные итоги.

Краткое описание перечня показателей эффективности (КПЭ) представлено в таблице 13.

10.4.2 Знаменатели

10.4.2.1 Общие положения

С точки зрения устойчивого развития и бизнеса отчетность об углеродной эффективности (удельные выбросы ПГ или выбросы ПГ, рассчитанные на единицу) так же значима, как и отчетность об абсолютных показателях выбросов ПГ. В связи с этим возникает вопрос: какую единицу, характеризующую производство цемента, следует использовать в знаменателе при расчете удельных выбросов?

В цементной промышленности для этих целей подходит производство трех продуктов:

а) Кл;

б) цемент (эквивалент);

в) продукты на основе компонентов цемента.

Каждый из этих трех знаменателей по-разному оценивает показатели выбросов ПГ на разных стадиях производства цемента.

Для выбранных показателей, которые не используют выбросы ПГ в числителе, целесообразно включить приобретаемый Кл и исключить реализованный Кл из знаменателя. Это относится:

- к удельному расходу электроэнергии на тонну продукции на основе цементных составляющих, который должен учитывать помол приобретаемого Кл: цемент (эквивалент);

- Кл/цемент-фактору, который должен описывать соотношение между общим потреблением Кл и общим производством цемента или добавок в бетон.

10.4.2.2 Клинкер

В контексте настоящего стандарта под Кл понимается серый и белый Кл, используемый для производства серого и белого цемента. Производство Кл является основным источником CO_2 при производстве цемента и рассчитывается по формуле

$$Кл_{prod,own} = Кл_{cons,own} + Кл_{sold,own}, \quad (22)$$

где $Кл_{prod,own}$ — масса произведенного Кл, т;

$Кл_{cons,own}$ — масса израсходованного Кл, т;

$Кл_{sold,own}$ — масса Кл, реализуемого напрямую, т.

10.4.2.3 Цемент (эквивалент)

Цемент (эквивалент) — количество цемента, которое рассчитывают исходя из Кл, произведенного на месте, с применением заводского Кл/цемент-фактора. Следовательно, это виртуальное производство массы цемента (эквивалент) cem_{eq}, т, при допущении, что весь Кл, произведенный на заводе, расходуется на производство цемента на том же заводе и с применением отношения Кл/цемент, характерного для завода, и рассчитывается по формуле

$$cem_{eq} = \frac{Кл_{cons,own}}{R_{Кл,\,cem}}, \quad (23)$$

где $Кл_{cons,own}$ — масса израсходованного произведенного Кл, т;

$R_{Кл,cem}$ — соотношение Кл/цемент (эквивалент), т/т, рассчитываемое по формуле

$$R_{Кл,\,cem} = \frac{Кл_{cons}}{Кл_{cons,own} + cem_{const,ex,Кл} + Кл_{cons,bought}}, \quad (24)$$

где $Кл_{cons}$ — масса израсходованного Кл, т;

$cem_{const,ex,Кл}$ — масса расхода ЦП и компонентов, отличных от Кл (гипс, известняк и т. д.), израсходованных на смешивание, т;

$Кл_{cons,bought}$ — масса приобретенного и потребленного Кл, т;

Коэффициент в формуле (24) основан на расходе Кл. Следовательно, в знаменателе исключен реализуемый Кл, а включен приобретенный Кл. Добавки в бетон исключены.

Расчет удельных выбросов предприятий должны проводить в соответствии с приведенным на рисунке 6.

$$\text{Удельное содержание } CO_2 \text{ на т цемента (экв)} = \frac{\text{прямые выбросы } CO_2 \text{ при производстве цемента}}{\text{собственное производство Кл}} \cdot \text{коэффициент Кл/цемент (экв)}$$

$$= \overbrace{\text{собственный потребляемый Кл} + \text{собственный продаваемый Кл}}$$

Рисунок 6 — Расчет удельных выбросов

10.4.2.4 Продукты на основе компонентов цемента

Продукты на основе компонентов цемента состоят из всего Кл, произведенного организацией для производства цемента или прямой продажи Кл, а также гипса, известняка, ЦП и всех компонентов цемента, кроме Кл, потребляемых для смешивания, а также всех добавок к бетону, обработанных на рассматриваемом цементном заводе.

Любые объемы пыли, которые покидают печную систему и в итоге включаются в состав цемента, следует включать в знаменатель. Примеры включают ЦП, добавляемую на цементную мельницу, и прямые продажи ЦП в качестве вяжущего компонента. В настоящем стандарте объемы пыли необходимо учитывать как компоненты цемента, отличные от Кл, используемого для смешивания, или как добавки к бетону, которые представляют собой чистые МК, перерабатываемые на заводе. Напротив, из знаменателя следует исключить утилизированную пыль.

Следовательно, этот знаменатель представляет собой сумму произведенного на месте Кл и переработанных МК.

Знаменатель исключает следующее:

а) покупной Кл, используемый для производства цемента;

б) гранулированный шлак и золу с угольных электростанций, которые складируют или продают другой организации без какой-либо обработки для изменения их свойств (например, измельчения или термической обработки);

в) массу продукции на основе цементных составляющих cem_{prod}, т, реализуемую без переработки и рассчитываемую по формуле

$$cem_{prod} = Кл_{prod,own} + cem_{const,ex,Кл} + МК, \quad (25)$$

где $Кл_{prod,own}$ — масса произведенного Кл, т;

$cem_{const,ex,Кл}$ — масса ЦП и составляющих, кроме Кл (гипс, известняк и т. д.), израсходованного на смешивание, т;

МК — масса добавок в бетон (чистые МК), переработанных на заводе, т.

Удельные выбросы CO_2 на тонну продукта на основе цементных компонентов рассчитывают в соответствии с рисунком 7.

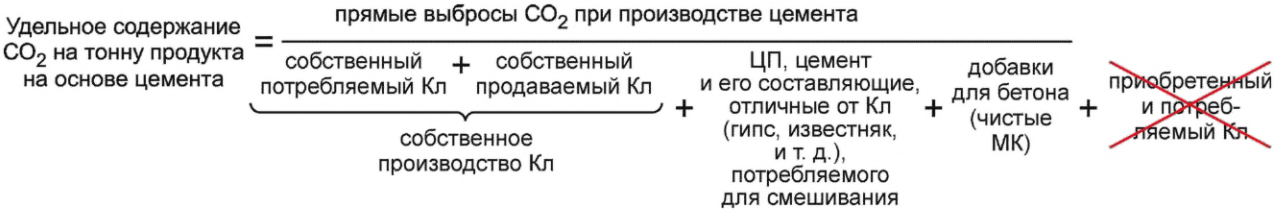


Рисунок 7 — Расчет удельных выбросов CO_2 на тонну продукта на основе цементных компонентов

Для удельных выбросов ПГ на тонну продуктов на основе компонентов цемента знаменатель основан на производстве Кл, следовательно, включен проданный Кл и исключен закупленный Кл, включены компоненты цемента, отличные от Кл, и добавки к бетону.

Удельные выбросы CO_2 на тонну продукта на основе компонентов цемента должны быть рассчитаны, как показано на рисунке 8.

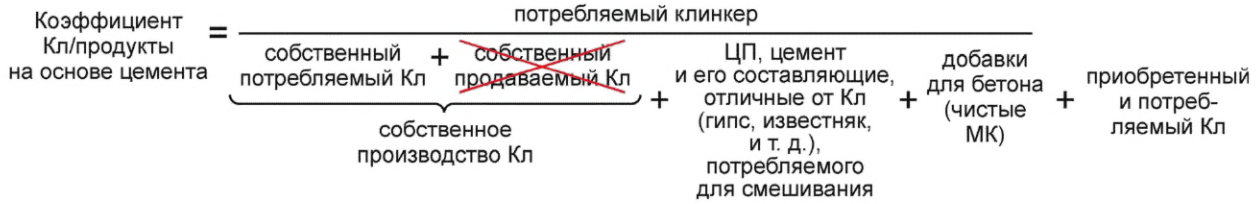


Рисунок 8 — Расчет коэффициента Кл/продукт на основе компонентов цемента

Коэффициент (или соотношение) основан(о) на потреблении Кл. Следовательно, в знаменателе исключен проданный Кл, а включен приобретенный Кл. Кроме того, включены конкретные дополнения.

Затем рассчитывают удельную потребляемую мощность W_{spec}, кВт · ч, на основе цементных составляющих по формуле

$$W_{spec} = \frac{W_{cons}}{Кл_{prod,own}} \cdot R_{Кл,cemprod}, \quad (26)$$

где W_{cons} — значение потребляемой мощности, кВт · ч;

$Кл_{prod,own}$ — масса произведенного Кл, т;

$R_{Кл,cemprod}$ — фактор Кл/продукт на основе компонентов цемента.

10.4.2.5 Работа с изменениями запасов, а также с проданным и приобретенным клинкером

Прямые выбросы ПГ в результате производства Кл следует указывать за тот год, в котором они произведены. Поэтому во избежание искажений удельные выбросы на тонну продуктов на основе ком-

понентов цемента следует основывать на полном объеме производства Кл за тот же год независимо от того, потребляется ли произведенный Кл, продается или хранится.

Другие показатели соотношения, такие как удельный расход электроэнергии и Кл/цемент-фактор, напротив, необходимо основывать на фактических количествах потребленного Кл (плюс гипс и МК), независимо от того, был ли Кл произведен в этом году, взят со склада или закуплен. При расчете производства Кл по потреблению Кл или наоборот необходимо учитывать изменения в запасах Кл, а также его продажи и покупки (для учета перемещения материалов см. также 6.3.4).

10.4.2.6 Индикативные удельные показатели выбросов ПГ

Таблица 13 — Перечень индикативных удельных показателей выбросов ПГ

Индикативные удельные показатели выбросов	Единица	Описание и комментарий
Прямые выбросы ископаемых ПГ (включая CO_2 от собственной генерации электроэнергии)	т CO_2/год	Прямые выбросы ПГ (включая CO_2 от собственной генерации электроэнергии)
Валовые выбросы (равны прямым выбросам ПГ от ископаемого топлива, исключая CO_2 от собственной генерации электроэнергии): - составляющая валовых выбросов от декарбонизации/кальцинирования - топливная составляющая валовых выбросов		Прямые выбросы ПГ от использования ископаемого сырья, ископаемого печного и непечного топлива, включая CO_2 при собственной генерации электроэнергии. Прямые выбросы ПГ от использования ископаемого сырья. Прямые выбросы ПГ от использования ископаемого печного и непечного топлива, за исключением выбросов CO_2 от собственной генерации электроэнергии, за вычетом выбросов от использования АТ и смешанного небиогенного топлива
Чистые выбросы (т. е. валовые выбросы за вычетом выбросов от АТ и смешанного небиогенного топлива, исключая выбросы CO_2 от собственной генерации электроэнергии)		Прямые выбросы ПГ от использования ископаемого сырья, ископаемого печного и непечного топлива, исключая выбросы CO_2 при собственной генерации электроэнергии, за вычетом выбросов от использования АТ и смешанного небиогенного топлива
Выбросы CO_2 от использования биомассы (включая биомассу в смешанном топливе)		—
Удельные валовые выбросы на тонну произведенного Кл - составляющая от декарбонизации/кальцинирования - топливная составляющая	кг CO_2/т Кл	Прямые выбросы ПГ от использования ископаемого топлива, за исключением выбросов CO_2 от собственной генерации электроэнергии, разделенные на собственное производство Кл. Прямые выбросы ПГ от использования ископаемого сырья, разделенные на собственное производство Кл. Прямые выбросы ПГ от использования ископаемого печного и непечного топлива, за исключением выбросов CO_2 от собственной генерации электроэнергии, деленные на собственное производство Кл
Удельные чистые выбросы на тонну произведенного Кл: - на тонну продукта на основе цементных компонентов		Прямые выбросы ПГ от используемого ископаемого сырья, ископаемого печного и непечного топлива, исключая выбросы CO_2 от собственной генерации электроэнергии, за вычетом выбросов от АТ и смешанного небиогенного топлива, деленные на собственное производство Кл
Чистый исходящий Кл на чистый расход Кл	%	Процент прямых продаж Кл по сравнению с Кл, потребляемым для производства цемента

Продолжение таблицы 13

Индикативные удельные показатели выбросов	Единица	Описание и комментарий
Кл/цемент-фактор (эквивалентный)*	%	Рассчитано на основе общего израсходованного Кл и общего количества портландцементов + смешанные цементы
Коэффициент продукта на основе клинкерных/цементных компонентов**		Общее количество израсходованного Кл, разделенное на израсходованные компоненты цемента (произведенные цементы) и произведенные добавки в бетон (чистый переработанный МК)
Удельный расход тепла на производство Кл	МДж/т Кл	Общее потребление тепла печами, деленное на производство Кл
Удельные валовые выбросы на тонну продукта на основе цементных компонентов: - составляющая от декарбонизации/кальцинирования - топливная составляющая	кг CO_2/т цементного продукта	Прямые выбросы ПГ от использования ископаемого топлива, за исключением выбросов CO_2 от собственной генерации электроэнергии, деленные на продукты, произведенные на основе цемента. Прямые выбросы ПГ от использования ископаемого сырья, разделенные на продукты, произведенные на основе цемента. Прямые выбросы ПГ от использования ископаемого печного и непечного топлива, за исключением выбросов CO_2 от собственной генерации электроэнергии, деленные на продукты, произведенные на основе цемента
Удельные чистые выбросы на тонну продукта на основе цементных компонентов		Прямые выбросы ПГ от используемого ископаемого сырья, ископаемого печного и непечного топлива, исключая выбросы CO_2 от собственной генерации электроэнергии, за вычетом выбросов от АТ и смешанного небиогенного топлива, деленные на продукты, произведенные на основе цемента
Степень улучшения: чистые выбросы на тонну продукта на основе цементных компонентов по сравнению с базовым годом	%	—
Нормы расхода тепла на производство Кл (печное топливо): - расход ископаемого топлива - расход АТ - расход топлива из биомассы		 Потребление тепла, полученного от сжигания традиционных ископаемых видов топлива, деленное на общее потребление тепла печами. Потребление тепла, полученного от сжигания АТ, деленное на общее потребление тепла печами. Потребление тепла, полученного от сжигания биомассы, биожидкостей и смешанного биогенного топлива, деленное на общее потребление тепла печами
Коэффициент выбросов CO_2 для топливной смеси печи	т CO_2/гДж	Общее количество CO_2 от сжигания ископаемого печного топлива, деленное на общее потребление тепла печами
Удельное суммарное энергопотребление установки***	кВт · ч/т цемента и концентрата	Общее энергопотребление завода, деленное на потребляемые компоненты цемента (производимые цементы) и добавки в бетон (чистый МК, перерабатываемый и продаваемый отдельно)

Окончание таблицы 13

Индикативные удельные показатели выбросов	Единица	Описание и комментарий
Удельная энергоемкость производства Кл	кВт · ч/т Кл	Потребляемая мощность до производства Кл включительно, деленная на производство Кл
Суммарная энергоемкость производства Кл (топливо и мощность)	МДж/т Кл	Необязательный результат
Суммарный расход топлива на уровне предприятия (печное и непечное):	%	
- расход ископаемого топлива		Общий расход традиционного ископаемого топлива, используемого на всей установке (печное и непечное топливо), деленный на общий расход топлива.
- расход АТ		Общий расход АТ, используемого на всей установке (печное и непечное топливо), деленный на общий расход топлива.
- расход топлива из биомассы		Общий расход топлива из биомассы, используемого на всей установке (топливо и непечное топливо), деленный на общий расход топлива
Удельная энергоемкость производства цемента***	кВт · ч/т цемента и концентрата	Энергозатраты на производство цемента, в том числе потребляемая мощность на производство израсходованного Кл, деленные на израсходованные составляющие цемента (производимые цементы) и добавки в бетон (чистый МК, перерабатываемый и реализуемый)
Национальный коэффициент преобразования энергии для производства электроэнергии национальной статистики	МДж-тепл/ кВт · ч	Необязательный параметр, например из национальной статистики

* Для определения соотношения Кл/цемент-фактор см. 10.4.2.3.

** Для определения соотношения продуктов на основе компонентов Кл и цемента см. 10.4.2.4.

*** Потребление электроэнергии связано с переработкой компонентов цемента (выделяемая) и добавок в бетон (чистый МК перерабатывают и реализуют отдельно, но экспортируемый Кл исключен).

11 Неопределенность инвентаризации парниковых газов

11.1 Общие сведения об оценке неопределенности

11.1.1 Основные положения

Стандарты для измерения массовых потоков и параметров конкретных материалов, потребления энергии или других источников выбросов включают анализ неопределенности.

Применяя метод массового баланса для определения выбросов ПГ в цементной промышленности в настоящем стандарте, процедуры анализа неопределенности измеренных или расчетных значений следует рассматривать, как приведено в настоящем разделе. Эти процедуры представлены в общих правилах (см. [3]).

Суммарная неопределенность зависит от неопределенности различных параметров:

а) от отчетности о количестве топлива или объемах производства;

б) анализа обычных параметров, таких как содержание углерода, ТС;

в) представительности отбора проб/образцов.

Параметры, необходимые для оценки выбросов ПГ, такие как массовые потоки топлива, НТС и коэффициенты выбросов, не являются точными оценками, а связаны с неопределенностью, которая может быть выражена в виде диапазона неопределенности или доверительного интервала.

Суммарная неопределенность в оценке выбросов завода или организации зависит от частных неопределенностей базисных параметров.

Количественная оценка неопределенностей является достаточно трудоемкой в контексте данных и процедур. Как следствие, любые утверждения о величине суммарной неопределенности в оценке выбросов изначально содержат неопределенность и зачастую включают субъективный компонент.

Примечание — Помимо неопределенности параметров существуют другие источники, которые могут способствовать неопределенности оценок выбросов. К ним относят неопределенность модели, т. е. вопрос, насколько точно математическая модель отражает конкретный контекст, и научную неопределенность, например связанную с потенциалом глобального потепления (см. [6]), используемым для обобщения различных ПГ. Настоящий стандарт направлен на снижение неопределенности модели, присущей инвентаризации выбросов в цементной организации, до минимального уровня.

Однако существуют стимулы для оценки и минимизации неопределенности:

- предприятия могут захотеть ранжировать источники неопределенности в своих инвентаризациях, чтобы определить приоритетные области, на которых следует сосредоточиться при усовершенствовании качества инвентаризации;
- некоторые схемы отчетности по выбросам ПГ устанавливают количественные пределы неопределенности ключевых параметров, используемых для оценки выбросов цементных заводов;
- при присвоении выбросам ПГ денежного выражения неопределенность в оценках выбросов может иметь финансовые последствия;
- на этом фоне признано, что неопределенность в реестрах ПГ с учетом вышеизложенного влечет за собой трудности в перспективе.

В таблице 14 указаны источники неопределенности, которые обычно являются наиболее значимыми при осуществлении деятельности предприятий цементной промышленности, а также меры по их минимизации.

Таблица 14 — Типичные основные источники неопределенности в инвентаризации выбросов CO_2 в цементной промышленности и меры по их минимизации

Параметр	Меры по минимизации неопределенности параметров
Производство Кл, т/год	Используют альтернативные методы оценки для перекрестной проверки объемов Кл: - по расходу сырья и соотношению сырье/Кл; - исходя из производства цемента и Кл: соотношение цемента с поправкой на продажу и покупку Кл и изменение запасов Кл; - на основе прямого взвешивания Кл (где применимо)
Расход сырья, т/год*	Учет рециркулируемой пыли с помощью взвешивания
Коэффициент выбросов от декарбонизации/кальцинирования, кг CO_2/т Кл	Рассчитывают заводской коэффициент выбросов на основе измеренного состава Кл (содержание CaO и MgO) вместо использования коэффициента по умолчанию. Учет добавления прокаленных материалов в печь через шлак, золу уноса и т. д.
Коэффициент выбросов от декарбонизации/кальцинирования*, кг CO_2/т сырья	Рассчитывают заводской коэффициент выбросов на основе измеренного состава сырья (содержание карбонатов). Учитывают изменения содержания карбонатов в сырье с течением времени (например, добавление прокаленных материалов)
Расход топлива, т/год	Используют альтернативные методы перекрестной проверки расхода топлива: - на основании взвешивания при доставке или счетов за топливо; учет изменений запасов; - на основе взвешивания (где применимо)
Низшая теплотворная способность топлива, ГДж/т	Учитывают, чтобы объемы топлива и НТС определялись при одинаковом содержании влаги
Коэффициенты выбросов топлива, кг CO_2/ГДж	При использовании топливных смесей (например, смесь угля и нефтяного кокса) разделяют и применяют отдельные коэффициенты выбросов или применяют взвешенный коэффициент выбросов

Окончание таблицы 14

Параметр	Меры по минимизации неопределенности параметров
Коэффициенты выбросов топлива, кг CO_2/ГДж	При использовании конкретных видов угля применяют соответствующие коэффициенты выбросов. Измеряют коэффициенты выбросов топлива, если коэффициенты по умолчанию считают нерепрезентативными. Учитывают углерод биомассы, например в использованных шинах и пропитанных опилках. Используют данные анализа содержания биомассы в гетерогенных смешанных альтернативных видах топлива, таких как предварительно обработанные промышленные или бытовые отходы, где это применимо
* Это применимо только в том случае, если метод на основе сырья использован для расчета выбросов CO_2 при декарбонизации/кальцинировании сырья.	

11.1.2 Пороговое значение существенности

Пороговое значение существенности обычно применяют в процессе независимой проверки выбросов ПГ.

Например, верификатор может применить предварительно определенный порог в 5 %, чтобы определить, единичная или суммарная ошибка в реестре приводит к существенному искажению. Уровень такого порога зависит от той цели, для которой предполагается использовать данные инвентаризации.

Пороговое значение существенности не следует интерпретировать как допустимое количество выбросов, которое организация может исключить из инвентаризации. С одной стороны, исключение всех источников, доля которых в общих выбросах цементного завода составляет менее 1 %, приведет к систематической неопределенности, которая несовместима с руководящим принципом, согласно которому инвентаризация должна быть полной. С другой стороны, необходимо учитывать, что ресурсы организации, доступные для подготовки инвентаризации ПГ, имеют ограниченный характер и что на предприятиях должны сосредоточиться на уменьшении неопределенности, связанной с их основными источниками выбросов.

Настоящий стандарт не определяет минимальное пороговое значение существенности, ниже которого источник выбросов следует считать «несущественным». Вместо этого предлагается применять упрощенные методы количественной оценки своих второстепенных источников CO_2. Это относится, например, к выбросам CO_2 от органического углерода в сырье.

Настоящий стандарт не требует количественной оценки следующих источников прямых выбросов ПГ:

- выбросы ПГ от транспортирования материалов и продуктов за пределы площадки обычно невелики, но их также трудно последовательно определить количественно, поскольку эти перевозки часто осуществляются третьими сторонами (см. таблицу 6);
- выбросы ПГ от сжигания сточных вод (см. 7.9), помимо того, что они малы, происходят только на относительно небольшом количестве установок, а углерод может поступать из источников биомассы (см. таблицу 6);
- выбросы CH_4 и N_2O от печей незначительны.

11.2 Неопределенность данных о деятельности

11.2.1 Средства измерения для определения количества топлива и материалов

Информацию о неопределенности измерений, проводимых с помощью средств измерений, можно найти в различных источниках, например:

- в сертификатах о калибровке в рамках национального метрологического контроля (где эксплуатационная погрешность ограничивает неопределенность при нормальных условиях эксплуатации),
- спецификации производителя прибора и при выполнении оценки дополнительной неопределенности в условиях эксплуатации, касающейся соответствующих воздействий;
- при проведении индивидуальной оценки неопределенности в условиях эксплуатации (например, посредством регулярных испытаний и настройки весов);

- данных об отклонениях весов в условиях эксплуатации, которые обычно можно определить путем сравнения с эталоном, например: точно измеренная потеря массы силоса с предварительной загрузкой, определение расхода материала путем сравнения с надежной системой взвешивания, проверка весов с использованием соответствующей контрольной массы.

11.2.2 Суммарные неопределенности в случае массового баланса

Если годовое количество потребленного топлива или произведенного Кл определено массовым балансом, суммарную неопределенность для данных о деятельности следует рассчитывать с учетом различных неопределенностей каждого параметра массового баланса в соответствии с расширенной неопределенностью используемого метода взвешивания/измерения. Кроме того, необходимо учитывать неопределенность измерения или оценки запасов в буртах, бункерах, резервуарах и других запасах в массовом балансе.

11.3 Неопределенность параметров топлива и материалов

11.3.1 Лабораторные анализы для определения параметров топлива и материалов

Неопределенность анализируемых параметров топлив и материалов зависит в основном:

- от метода анализа;
- частоты анализа (снижение неопределенности возможно за счет увеличения частоты анализа);
- представительности отбора проб/образцов.

Также на качество результатов анализа влияют квалификация и опыт лиц, проводящих анализы.

11.3.2 Неопределенность общего потребления тепла и выбросов CO_2 от топлива

Оценка неопределенности в соответствии с формулами, включенными в электронную таблицу протокола CSI (см. [1]), привела к значительно более высоким относительным неопределенностям (10 %) для общего потребления тепла для сложных установок. Это связано с тем, что сумму теплоты рассчитывают из отдельных составляющих. Энергия смешанного альтернативного топлива разделена на ископаемую и биогенную фракции. Таким образом, неопределенность этих энергетических составляющих зависит от относительно высокой неопределенности биогенной доли смесевых топлив. Однако подобная дифференциация не имеет отношения к общей сумме тепла. Следовательно, неопределенность общего потребления тепла Кл необходимо оценивать не по отдельным компонентам, а по соответствующим неопределенностям количества топлива и его соответствующей ТС.

Неопределенность выбросов CO_2 от топлива в большинстве случаев не зависит от неопределенности ТС, хотя обычный способ расчета выбросов $CO_{2топл}$ от топлива включает ТС (см. описание в протоколе CSI [1]) по формуле

$$CO_{2топл} = AD \cdot НТС \cdot EF \cdot (1 - CC_{био}), \quad (27)$$

где AD — данные о деятельности;

EF — коэффициент выбросов;

$CC_{био}$ — массовая доля биогенного углерода.

Как правило, удельный коэффициент выбросов CO_2 для топлива определяют путем анализа общего содержания углерода и деления его на НТС. В этом случае и при использовании последовательных аналитических результатов неопределенность произведения НТС, умноженной на коэффициент выбросов CO_2, зависит исключительно от неопределенности отбора проб и анализа.

Для преобразования результатов анализа в коэффициенты выбросов следует использовать уникальный и точный коэффициент преобразования для молярного отношения CO_2/C, например 3,664.

11.4 Неопределенность непрерывных измерений выбросов газохода

Суммарная неопределенность зависит от неопределенности различных параметров, например измерения объемного расхода и концентрации. Для измерений выбросов в газоходе (метод на основе данных о выбросах) в полевых испытаниях определена неопределенность от 7 % до 10 % для общего содержания CO_2, включая CO_2 от биогенного и ископаемого углеродов.

Измерения выбросов CO_2 в газоходе в верификационном тестировании характеризовались наиболее высокой относительной неопределенностью.

Основное влияние на неопределенность метода выбросов из дымовой трубы оказывает точность калибровки постоянно действующих приборов для измерения скорости и объемного расхода дымовых газов, которая в значительной степени зависит от неопределенности применяемого СЭМ.

Примечание — Неопределенность составляет около 5 % при благоприятных условиях эксперимента и при учете прямых выбросов CO_2, т. е. выбросов CO_2 от общего содержания углерода без дифференциации содержания ископаемого и биогенного углеродов. Неопределенность измерений выбросов отходящих газов в проверочных испытаниях в размере от 4 % до 6 % в основном зависела от неопределенности СЭМ, который используют для калибровки и обеспечения точности непрерывных измерений объемного расхода в газоходе. Указанная неопределенность относится к калибровке по 12-кратным измерениям СЭМ. Неопределенность СЭМ варьировалась до 8 % в случае предельно низких скоростей отходящих газов. Отсутствие точности измерений объемного расхода (данные о деятельности) может привести к систематической недооценке или завышению прямых выбросов CO_2 той же величины. В ходе проверочных испытаний выявлены систематические различия от +4 % до +6 %, которые потенциально могут быть вызваны завихрением потока отходящего газа и соответствующим систематическим влиянием на измерения скорости газа СЭМ.

В случае использования альтернативных видов топлива или материалов с содержанием биогенного углерода необходимы дополнительные методы для определения доли биогенных выбросов CO_2.

11.5 Оценка суммарной неопределенности инвентаризации ПГ

Для того чтобы определить общую неопределенность инвентаризации ПГ, должны быть обобщены предварительно оцененные неопределенности данных и параметров деятельности.

11.6 Применение значений по умолчанию вместо результатов анализа

Существуют разные виды топлива:

- промышленные стандартные виды топлива, например дизельное топливо,
- промышленное топливо, например природный газ;
- другие виды топлива, например использованные шины или смешанные промышленные отходы.

Затраты и усилия, связанные с отбором проб изношенных шин и их обработкой до качества, подходящего для анализа, предельно высокие. Репрезентативный отбор проб почти невозможен, как это требуется для мониторинга других видов топлива и материалов. Обработка образцов и применяемые аналитические методы нерентабельны ввиду высокой стоимости и подвержены высокой степени неопределенности в отношении отдельного результата, которую можно преодолеть только путем большого количества повторений. При этом состав шин определен их материалом и требованиями к качеству. Таким образом, настоятельно рекомендуемое и, вероятно, единственно возможное решение — применять методы, основанные на стандартизованных средних параметрах. Предельное внимание следует уделить объективному учету массы израсходованных шин. Содержание воды и грязи в шинах потенциально влияет на точность определения количества шин, поэтому следует убедиться в том, что корректировки не требуются.

Результаты полевых испытаний доказывают, что методы А2 и В2 наиболее применимы для корректного определения выбросов CO_2 на цементных заводах в сложных заводских условиях со значительной долей альтернативного сырья и топлива.

Простые методы ввода и вывода А1 и В1, как правило, не подходят для отчетности по выбросам ПГ в сложных заводских условиях. Однако эти простые методы могут служить ценным источником информации для проверки результатов более подробных методов массового баланса А2 и В2.

Кроме того, лабораторный опыт работы с сырьем и клинкерной матрицей является значимым требованием для обеспечения точности результатов. Таким образом, материалы и соответствующие анализы относят к основным компетенциям большинства лабораторий цементных заводов, поэтому точность аналитических результатов заводских лабораторий будет вызывать меньше вопросов, которые, например, подтверждены в ходе всех четырех полевых испытаний.

Лабораторные процедуры должны включать межлабораторные сравнения для соответствующей матрицы материалов, чтобы обеспечить точность и предотвратить систематические ошибки в результатах, используемых для отчетности по выбросам CO_2.

Полевые испытания также показали, что простые методы массового баланса (А1 и В1) и, следовательно, применение значений по умолчанию для технологических выбросов не следует использовать в тех случаях, когда:

- сырье/сырьевые материалы содержат значительное количество органического углерода;
- используют значительную долю альтернативного сырья.

Приложение А
(справочное)

Результаты испытаний (аналитические измерения)

А.1 Лабораторные анализы и выбор подходящих методов

В одном из четырех проверочных испытаний данные внешней лаборатории показали систематическую неопределенность, соответствующую −9 % выбросов CO_2 при декарбонизации/кальцинировании сырья. Эта разница превышала заданную неопределенность. Повторный анализ проб шихты и Кл и корректировка результатов позволили снизить эту значительную систематическую неопределенность для наиболее значимого аналитического параметра до –2,5 %. Оставшаяся систематическая разница, по-видимому, связана с выбором различных аналитических методов для измерения оксида кальция (CaO) и оксида магния (MgO): рентгенофазовый анализ в сравнении с титрованием. Оба метода имели большую разницу в заданной неопределенности измерения (около 1 % и более 5 % соответственно).

Кроме того, близкое совпадение результатов двух разных лабораторий давало уверенность в результатах рентгенофазового анализа, который обычно применяют в большинстве лабораторий цементных заводов для регулярного контроля качества продукции (см. таблицу А.1).

Результаты второго заводского испытания показывают, что аналитические результаты, полученные методом титрования клинкерной матрицы, не были достаточно точными и надежными для отчетности по выбросам. Существенным является то обстоятельство, что при проведении испытаний применялся достаточный опыт работы с конкретной матрицей проб, соблюдались адекватные процедуры обработки проб и надежные аналитические методы. Такие процедуры и методы часто проводят в лабораториях цементных заводов, имеющих большой опыт работы с сырьем, Кл и цементными продуктами. Внешний лабораторный анализ необходимо проводить с аналогичной компетентностью в отношении методов и матрицы образцов. Для аккредитованных лабораторий не только аналитический параметр, но и соответствующая матрица материала или пробы должны быть включены в область аккредитации.

Таблица А.1 — Систематические составляющие неопределенности, исправленные за счет применения соответствующих аналитических методов и точности

Клинкер	Влияние исправленной систематической ошибки на прямые выбросы CO_2	Параметр	Соответствующий метод
Рентгенофазовый анализ для CaO, MgO	2 %	Кл CO_2 *EF*	Вывод B2
Сырье/материал, подаваемый в печь			
Рентгенофазовый анализ для CaO, MgO	1 %	Некарбонатный CaO, MgO, Кл CO_2 Коррекция *EF*	Вывод B2
Анализ CO_2			
Анализ ОУ	8 %	Сырье CO_2 *EF*	Ввод A2
Анализ ООУ	2,4 %	Органические выбросы CO_2	Вывод B2
Анализ ППП	2 %	Сырье CO_2 *EF*	Ввод A1, также для проверки соответствия A2, B2

Анализы содержания биогенного углерода в биомассе и обезвоженном осадке сточных вод методом селективного растворения часто приводят к ошибочным результатам. Это подтверждено проверочными испытаниями (полевые испытания), когда получены аналитические результаты о содержании биогенного углерода около 85 %.

А.2 Степень декарбонизации байпасной пыли и определение ее коэффициента выбросов CO_2

Степень декарбонизации БП невозможно рассчитать на основе прямых измерений потерь при прокаливании. БП содержит большее количество солей, таких как хлориды, которые могут возгоняться при нагреве. KCl и NaCl часто вносят около 10 % в общую потерю веса. Таким образом, потери при прокаливании не являются точной мерой для оценки степени декарбонизации *d* БП.

Кроме того, также сложно определить степень декарбонизации *d* БП на основе сравнения содержания карбонатного CO_2 в БП с исходной непрокаленной сырьевой смесью. Это происходит из-за накопления солей и суль-

фатов в БП, которые изменяют эталонную массу. В одном из полевых испытаний выявлена разница, близкая к 20 %. На некоторых предприятиях это накопление может составлять до 30 % массы БП. Корректировка эталонной массы требуется для правильного определения выбросов карбонатного CO_2 БП на основе измерения оставшегося содержания карбонатного CO_2 в сравнении с исходным содержанием карбонатного CO_2 в потребленной сырьевой смеси.

Максимальное содержание карбонатного CO_2 в потребленной сырьевой смеси может быть получено путем оценки содержания CaO и MgO в БП. Затем при оценке максимального содержания карбонатного CO_2 предполагается, что весь CaO и MgO поступил из карбонатов $CaCO_3$ и $MgCO_3$ сырьевой смеси. Эта оценка автоматически дает правильный эталон массы для прямого сравнения с измеренным содержанием остаточного карбонатного CO_2 в БП.

Для большей точности и при необходимости это максимальное содержание карбонатного CO_2 может быть скорректировано с помощью коэффициента для количеств CaO и MgO, которые не происходят из карбонатов.

Для оценки в 7.2 предложены два различных метода определения коэффициента выбросов CO_2: ФП ($EF_{ФП}$ по степени декарбонизации *d*) и БП ($EF_{БП}$ по остаточному содержанию карбонатного CO_2). Учитывая теорию обоих методов, второй метод ($EF_{БП}$ по остаточному содержанию карбонатного CO_2) рекомендуется применять в случае значительного накопления некоторых соединений, таких как соли, в БП.

Первый метод представляет собой консервативный подход, который обычно можно применять к пыли из основного фильтра. Для БП это часто приводит к увеличению коэффициентов выбросов CO_2. Величина завышения коэффициента выбросов БП $EF_{БП}$ будет зависеть от накопления компонентов по сравнению с Кл.

А.3 Правильное указание параметров относительно влажности

Для корректной отчетности необходимо обеспечить, чтобы данные о деятельности и соответствующие параметры сообщались с одной и той же массой.

Это наиболее актуально для топлива и содержания в нем влаги (см. [1]). Корректность отчетности может быть достигнута, например, за счет использования данных о деятельности:

- сухого вещества, т, после корректировки данных на уровне процесса с учетом содержания влаги и применения соответствующего значения НТС на сухое вещество или в качестве альтернативы;
- влажного вещества, т, например, измеренных с помощью технологических весов и НТС на влажное вещество с тем же содержанием влаги.

В обоих случаях необходимо правильно отбирать и измерять содержание влаги. Требуется осторожное обращение с образцами, чтобы сохранить первоначальную влажность. Определение содержания влаги можно не проводить только в том случае, если расходный материал измеряют как полностью сухой материал, например зола уноса или измельченный и уже высушенный бурый уголь.

Баланс вводимой массы для сырья, сырьевых материалов можно рассчитать, если вклады массового расхода сначала перевести в сухую массу путем вычитания из них индивидуального содержания влаги.

В таком балансе сухой массы соответствующие параметры материалов, такие как ППП различных материалов, также должны относиться к сухой массе. На некоторых цементных заводах к результатам измерений применяют специальные поправочные коэффициенты, связанные с технологическим процессом. Например, энергетическая коррекция более низкой ТС относительно потребности в энергии на испарение воды, содержащейся в топливе. Данные поправки могут быть необходимы для управления технологическим поступлением тепла при замене топлива. Однако они могут привести к значительным ошибкам в применении параметров материала, если скорректированная ссылка не указана четко и ясно. Таким образом, использование данных поправок к параметрам не рекомендуется для отчетности по выбросам CO_2.

А.4 Сводка результатов массового расхода отходящих газов (включая ПГ, отличные от CO_2)

Содержание CO_2 в отходящих газах анализировали в соответствии с ГОСТ Р ИСО 12039. Оценка неопределенности выполнялась в соответствии с процедурой, описанной в [1] (для CO), и привела к неопределенностям в диапазоне от 2,4 % до 3,3 %. Небольшие концентрации монооксида углерода (CO) преобразованы по стехиометрическому коэффициенту и учтены в прямых выбросах CO_2 в газоходах. Вклад CO составляет менее 0,15 % прямых выбросов.

Во всех полевых испытаниях выбросы метана (CH_4) и закиси азота (N_2O) обнаружены в газоходе печи на пределе обнаружения, в результате чего расчетная неопределенность их концентраций и выбросов составила 50 % или выше. С учетом их удельного потенциала ПГП более 99,5 % общих выбросов в эквиваленте CO_2 приходится на CO_2 и CO.

В общей сложности шесть точечных измерений фторированных ПГ, проведенных в ходе двух полевых испытаний, показали, что концентрации SF_6, ГФУ и ПФУ должны быть ниже предела обнаружения. Этот результат соответствует ожиданиям, поскольку в процессе производства цемента неизвестны источники этих газов.

А.5 Актуальность выбросов парниковых газов, отличных от CO_2

Помимо CO_2 в выбросах цементной промышленности можно обнаружить выбросы других газов. Наиболее значимыми из них являются метан (CH_4) и оксид углерода (CO):

а) оксид углерода (CO) не относят к ПГ, но учитывают при составлении массовых балансов. Выбросы оксида углерода анализируют методами ввода и вывода массового баланса (A1, A2, B1, B2), которые позволяют оценить выбросы на основе анализа или предположения о содержании ТС в материалах. Вклад CO составляет менее 0,15 % выбросов, которые учитывают в массовых балансах;

б) выбросы метана (CH_4) в цементной промышленности могут происходить из-за содержания органических веществ в сырье. Таким образом, их величина, вероятно, зависит от месторождения и сырья. Согласно литературным источникам и результатам заводских испытаний максимальный вклад этих выбросов в общие выбросы ПГ в ед. CO_2-экв. составляет менее 0,01 %;

в) согласно литературным источникам вклад выбросов закиси азота (N_2O) в общие выбросы ПГ, выраженные в ед. CO_2-экв., составляют от 0,02 % до 0,5 %. Значение вклада, полученное на основе измерений при заводских испытаниях, составляет 0,4 %.

Во время заводских испытаний в рамках проверки измерены другие ПГ, отличные от CO_2: гексафторид серы (SF_6) и фторированные углеводороды (ПФУ, ГФУ). В общей сложности шесть точечных измерений, фторированных ПГ, проведенных во время заводских испытаний, показали, что концентрации SF_6, ГФУ и ПФУ неизменно были ниже предела обнаружения.

Данные полевых испытаний позволяют сделать вывод о том, что выбросы ПГ, отличные от CO_2, вносят незначительный вклад в общие выбросы ПГ цементных заводов. Согласно текущим данным и литературным источникам вклад выбросов ПГ, отличных от CO_2, в общие выбросы ПГ, ед. CO_2-экв., составляет менее 0,5 %, чаще всего — менее 0,05 %.

Приложение Б
(справочное)

Коэффициенты выбросов

Б.1 Коэффициенты выбросов по умолчанию

Коэффициенты выбросов по умолчанию должны соответствовать требованиям настоящего стандарта и использовать одно из следующих значений:

а) стандартные коэффициенты, используемые государством для представления своего национального кадастра в Секретариат Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата;

б) значения, приведенные в официальных источниках и согласованные с компетентным органом, включая стандартные коэффициенты, опубликованные компетентным органом, которые представляют более детализированные источники топливных потоков;

в) значения, установленные и гарантированные поставщиком материала, если оператор может продемонстрировать, что содержание углерода соответствует 95 %-ному доверительному интервалу не более 1 %.

Значения основаны на анализах, проведенных ранее, когда оператор может продемонстрировать, что эти значения являются репрезентативными для будущих партий того же материала.

Б.2 Расчет коэффициента выбросов фильтрационной пыли

Фильтрационная пыль обычно не полностью прокалена. Коэффициент выбросов CO_2 для ФП может быть получен исходя из массового баланса между ЦП, сырья и CO_2. Массу произведенной ФП *FD*, т, определяют по формуле

$$FD = RM - CO_{2RM} \cdot d, \quad (Б.1)$$

где *RM* — масса потребленного сухого сырья в пересчете на ФП, т;

CO_{2RM} — масса общего CO_2, содержащаяся в сырье, т;

d — степень декарбонизации ФП (выделенный CO_2, выраженный как доля общего CO_2 в карбонатном сырье).

Коэффициент выбросов CO_2 для ФП $EF_{ФП}$, т CO_2/т ФП, определяют по формуле

$$EF_{ФП} = \frac{CO_{2RM} \cdot d}{FD} = \frac{CO_{2RM} \cdot d}{RM - CO_{2RM} \cdot d}. \quad (Б.2)$$

Поскольку CO_{2RM} пропорционален количеству сырья, формулу (Б.2) можно переписать как формулу

$$EF_{ФП} = \frac{fCO_{2RM} \cdot d}{1 - fCO_{2RM} \cdot d}, \quad (Б.3)$$

где $f_{CO_{2RM}}$ — массовая доля карбонатного CO_2 в сырье, т CO_2/т сырья.

Когда сырье полностью прокалено (*d* = 1), $EF_{ФП}$ становится коэффициентом выбросов для Кл $EF_{Кл}$, т CO_2/т Кл, определяемым по формулам

$$EF_{Кл} = \frac{fCO_{2RM}}{1 - fCO_{2RM}}, \quad (Б.4)$$

или

$$fCO_{2RM} = \frac{EF_{Кл}}{1 + EF_{Кл}}. \quad (Б.5)$$

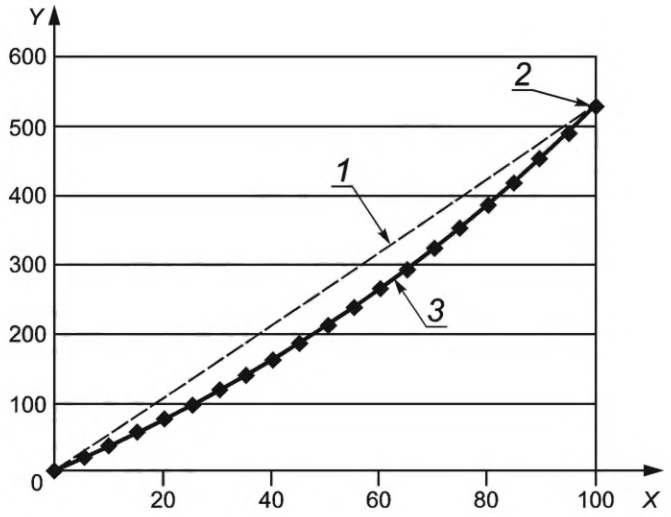
С помощью формулы (Б.4) формула (Б.5) может быть выражена следующим образом:

$$EF_{ФП} = \frac{\frac{EF_{Кл}}{1 + EF_{Кл}} \cdot d}{1 - \frac{EF_{Кл}}{1 + EF_{Кл}} \cdot d}. \quad (Б.6)$$

Формула (Б.6) позволяет рассчитать коэффициент выбросов ФП на основе:

а) коэффициента выбросов Кл;

б) степени декарбонизации ФП.



X — степень декарбонизации ФП; *Y* — коэффициент выбросов для ФП, кг CO_2/т ФП;
1 — диагональ для сравнения; *2* — $EF_{Кл}$ = 525 кг CO_2/т Кл; *3* — коэффициент выбросов CO_2 для ФП

Рисунок Б.1 — Влияние степени декарбонизации ФП на коэффициент выбросов CO_2 для ФП с использованием коэффициента выбросов Кл по умолчанию (525 кг CO_2/т Кл) в качестве примера

Приложение В
(справочное)

Рекомендации по применению настоящего стандарта. Процедура проверки

На основе полевых испытаний для методов А1, А2 и методов В1 и В2 общие неопределенности варьируют от 1 % до 5 %.

Прямые выбросы ПГ цементных заводов практически полностью состоят из CO_2. Методы баланса массы по вводу и по выводу учитывают общее содержание углерода и, следовательно, весь окисленный углерод (CO_2 и CO). Эта сумма составляет более 99,5 % прямых выбросов ПГ. Таким образом, вклад других выбросов ПГ, отличных от CO_2, оценивают как незначительный. Вклад ПГ, отличных от CO_2, безусловно, ниже достижимой суммарной неопределенности выбросов ПГ цементных заводов, даже с учетом их значительно более высокого потенциала глобального потепления ПГ.

Для методов, основанных на данных о деятельности (методы ввода и вывода баланса массы, А1, А2, В1 и В2), суммарные неопределенности варьируют от 1 % до 5 %.

Примечание — Эти результаты объединяют измерения всех соответствующих массовых потоков (данные о деятельности), НТС, коэффициентов выбросов CO_2 и содержания биогенного углерода (BioC).

Для методов массового баланса суммарная неопределенность указана ниже 2 % только из-за неопределенности данных о деятельности.

Подробные методы ввода и вывода А2 и В2 применимы в сложных производственных условиях, где применяется значительная часть альтернативных сырьевых материалов и топлива. Лабораторный опыт работы с сырьем и клинкерной матрицей является существенным требованием для обеспечения точности результатов. Анализ наиболее значимых параметров является основной компетенцией большинства лабораторий на цементных заводах.

Применение методов ввода (А1, А2) требует частого контроля точности весов, подачи в печь и независимых проверок качества результатов измерения весов, чтобы предотвратить значительные систематические ошибки. Для корректного баланса вводимой массы дополнительно необходимо определить возврат пыли и рециркуляцию пыли (корректировка возврата пыли при подаче в печь).

Точки отбора проб и методы для разных и смешанных материалов необходимо выбирать тщательно, чтобы обеспечить тщательное перемешивание проб. Результаты следует проверять на достоверность, например путем оценки энергетического и материального балансов.

Лабораторная точность может быть эффективно проверена регулярным межлабораторным сравнением («циклические испытания») для соответствующих матриц материалов.

Следует обращать внимание на содержание влаги в материалах и топливе и ее изменение при обработке материалов и/или лабораторных образцов. Требуется четкая запись массового потока данных о деятельности и соответствующих параметров материала.

Применение метода баланса массы ввода/вывода или метода измерения выбросов из газохода должно включать независимые проверки качества оценки, например: путем сравнения результатов, полученных двумя различными методами, чтобы выявить и предотвратить потенциальные систематические ошибки. Сравнение данных о вводимой/выводимой массе является стандартной процедурой на цементных заводах, которая обычно включает определение и регулярный контроль коэффициента сырья/Кл.

Результаты любого из методов всегда следует проверять на предмет соответствия на основе конкретных заводских и отраслевых индикаторов. Определенные индикаторы могут соответствовать конкретной ситуации на предприятии, например:

- сравнение прямых выбросов CO_2 любых применимых методов измерения входных, выходных или отходящих выбросов;
- сравнение потребления сырья и произведенного Кл и изменчивость клинкерного коэффициента сырья;
- удельный расход тепла;
- удельные прямые выбросы CO_2 при декарбонизации/кальцинировании;
- удельные прямые выбросы CO_2 от использования топлива (включая биомассу).

Библиография

[1] ИСО 19694-3:2023 Выбросы стационарных источников. Определение выбросов парниковых газов в энергоемких отраслях промышленности. Часть 3. Производство цемента

[2] Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК, 2006 г. (подготовлено по программе МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов Игглестон Х.С., Буэндиа Л., Мива К., Нгара Т. и Танабе К., ИГЕС, Япония)

[3] Постановление Правительства Российской Федерации от 13 марта 2019 г. № 262 «Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ»

[4] Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27 мая 2022 г. № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов»

[5] Постановление Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2020 г. № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений»

[6] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 октября 2021 г. № 2979-р «Об утверждении перечня парниковых газов, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов парниковых газов и ведение кадастра парниковых газов»

[7] Постановление Правительства Российской Федерации от 20 апреля 2022 г. № 707 «Об утверждении Правил представления и проверки отчетов о выбросах парниковых газов, формы отчета о выбросах парниковых газов, Правил создания и ведения реестра выбросов парниковых газов и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»

[8] Постановление Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2022 г. № 790 «Об утверждении Правил создания и ведения реестра углеродных единиц, а также проведения операций с углеродными единицами в реестре углеродных единиц»

[9] Приказ Минэкономразвития России от 21 ноября 2022 г. № 637 «Об утверждении структуры реестра выбросов парниковых газов, требований к алгоритмам обработки и формату информации, используемой в реестре выбросов парниковых газов»

[10] ИТС НДТ 38—2022 Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии

[11] ИТС НДТ 6—2022 Производство цемента

УДК 504.3:006.354 ОКС 13.040.40

Ключевые слова: выбросы стационарных источников, производство цемента, парниковые газы, коэффициенты выбросов, отчетность

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 17.11.2023. Подписано в печать 04.12.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,05. Уч.-изд. л. 5,45.

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