ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71097— 2023

Выбросы стационарных источников

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЭНЕРГОЕМКИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Часть 2

Черная металлургия

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. № 1400-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 2
5 Область охвата отчетности черной металлургии 2
6 Основные принципы определения выбросов парниковых газов 2
7 Количественная оценка выбросов CO_2 на уровне предприятия 4
8 Определение углеродной эффективности (CO_2-эффективности) 6
9 Определение эталонного значения выбросов CO_2 16
10 Оценка качества данных. Предварительные проверки для выявления нереалистичных данных . . . 18
11 Оценка неопределенности 19
Приложение А (справочное) Определение границ технологического процесса 22
Приложение Б (справочное) Основные и побочные продукты черной металлургии 26
Библиография 30

Введение

Важнейшей задачей на сегодняшний день является решение проблемы изменения климата и замедление темпов глобального потепления. С этой целью необходимо добиться значительного сокращения выбросов парниковых газов во всем мире. Для достижения этой цели предприятия, которые считаются основным источником выбросов парниковых газов, должны в первую очередь регистрировать объем выбросов CO_2 при производстве продукции, выявлять и рассчитывать возможности сокращения выбросов (см. [1], [2]).

Источники выбросов парниковых газов на металлургических заводах включают выбросы CO_2 при производстве железорудных окатышей, агломерата, железа прямого восстановления, чугуна, стали, возникающие в результате окисления углерода топлива, сырья, восстановителей, углеродсодержащих материалов и разложения карбонатов с учетом сохранения части углерода в составе основных и сопутствующих продуктов и отходах производства.

Нормативные положения, касающиеся изменения климата, требуют, чтобы металлургические компании разработали методы сокращения выбросов CO_2 на предприятиях для процессов производства продукции.

Настоящий стандарт является продолжением серии стандартов по оценке выбросов и дополняет ГОСТ Р ИСО 19694-1, при этом не исключает применения других стандартов или нормативных актов.

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 2

Черная металлургия

Stationary source emissions. Determination of greenhouse gas emissions in energy intensive industries. Part 2. Iron and steel industry

Дата введения — 2024—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методику определения выбросов парниковых газов (ПГ) для предприятий черной металлургии и оценки ключевых показателей эффективности, связанных с выбросами CO_2 (углеродная эффективность или CO_2-эффективность).

Настоящий стандарт применяется совместно с ГОСТ Р ИСО 19694-1, охватывающим общие принципы, определения и правила, которые применяются для определения выбросов ПГ во всех энергоемких отраслях с использованием стандартной методологии (см. [1]). Вместе эти стандарты обеспечивают согласованную процедуру:

- для методов измерения, анализа и количественной оценки выбросов ПГ;
- оценки углеродной эффективности производственных процессов на уровне предприятий;
- создания и предоставления надежной, точной и качественной информации для целей отчетности и верификации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 34100.3/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

ГОСТ Р 113.00.11 Наилучшие доступные технологии. Порядок проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в отраслях промышленности

ГОСТ Р 58765 Металлопродукция из стали и сплавов. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО 14064-1 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 от 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.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р ИСО 19694-1, ГОСТ Р ИСО 14064-1, ГОСТ Р 113.00.11, а также ГОСТ Р 58765.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:
ВРУ — воздухоразделительные установки;
ДСП — дуговая сталеплавильная печь;
ЖПВ — железо прямого восстановления;
КПЭ — ключевые показатели эффективности;
МГЭИК — Межправительственная группа экспертов по изменению климата.

5 Область охвата отчетности черной металлургии

Металлургическое производство включает в себя множество различных процессов, которые могут осуществляться как совместно на одном предприятии, так и в отдельности, когда часть процессов осуществляется на сторонних предприятиях. Кроме того, в каждом процессе некоторые операции могут как выполняться на стороне, так и просто отсутствовать, поэтому требуется особая осторожность при определении организационных границ. В приложении А приведен перечень процессов, которые должны быть включены в отчетность о выбросах ПГ, если эти процессы осуществляются на металлургическом предприятии.

6 Основные принципы определения выбросов парниковых газов

6.1 Общие положения

Выбросы CO_2 могут быть либо рассчитаны (методом баланса массы углерода), либо измерены в отходящих газах. Из-за относительно большого количества источников выбросов на металлургическом предприятии метод углеродного баланса является наиболее экономически эффективным способом определения выбросов CO_2.

Кроме того, массовый баланс — это наиболее надежный метод, поскольку сопоставление данных в цепочке создания стоимости позволяет повышать качество оценки выбросов CO_2 (см. раздел 10).

Таким образом, основное правило определения выбросов CO_2 заключается в применении общего углеродного баланса на уровне завода или технологического процесса. В этом разделе излагаются принципы составления углеродного баланса и содержится важная информация об источниках данных и определении коэффициентов выбросов.

6.2 Принцип углеродного баланса

Для каждого процесса определение эффективности начинается с расчета выбросов CO_2 на основе баланса входных и выходных материальных потоков процесса. На основе данных о чистом потреблении (или нетто-потреблении) каждого материального потока и соответствующих коэффициентов выбросов определяются прямые и косвенные выбросы CO_2. Общие выбросы от процесса рассчитывают по формуле

$$E_{CO_2} = \sum_{i=1}^{n} NU_i \cdot \left(EF_i + IEeq_i\right), \quad (1)$$

где i — индекс, идентифицирующий материальный поток;
E_{CO_2} — общий выброс CO_2, т CO_2;
EF_i — коэффициент прямых выбросов для материального потока i;
$IEeq_i$ — коэффициент косвенных выбросов для материального потока i;
NU_i — чистое потребление материального потока i (в пересчете на сухое вещество, если применимо).

Чистое потребление рассчитывается для процесса или предприятия в целом по разнице между значениями входных и выходных потоков. Расчет проводится по формуле (3) для предприятия и формуле (17) для процесса. Чистое потребление определяется исходя из данных о деятельности предприятия.

Рекомендуется использовать в качестве отчетного периода один календарный год.

6.3 Определение данных о деятельности

Данные о деятельности должны быть получены из официальных данных предприятия. Источником информации могут быть подразделения организации, отвечающие за операционные расходы и бухгалтерский учет.

6.4 Определение коэффициентов выбросов

6.4.1 Общие принципы

Определение коэффициентов выбросов для используемого сырья и топлива требует тщательного отбора проб, анализа и обработки данных для обеспечения наименьшей возможной неопределенности результатов расчетов.

Коэффициенты выбросов рассчитывают на основе данных анализа содержания углерода по формуле

$$EF_i = f \cdot \text{общий } C_i, \quad (2)$$

где EF_i — коэффициент прямых выбросов для материального потока i, рассчитанный на основе фактических данных о содержании углерода, т CO_2/т;

общий C_i — массовая доля общего углерода в материальном потоке i, т С/т;

f — коэффициент пересчета массовой доли углерода в соответствующие выбросы CO_2, т. е. 3,664 т CO_2/т С.

Если применимо, следует использовать коэффициенты окисления и преобразования в соответствии с ГОСТ Р ИСО 19694-1.

Коэффициенты косвенных выбросов для потребляемых энергоресурсов могут быть определены на основе фактических данных или получены из справочных источников.

Настоятельно рекомендуется использовать фактические результаты анализов качества сырья, топлива и материалов при расчете коэффициентов выбросов. Это особенно важно для угля и кокса, на которые приходится большая часть поступления углерода на интегрированном сталеплавильном предприятии и которые могут демонстрировать значительные колебания по содержанию углерода.

6.4.2 Отбор проб материальных потоков

6.4.2.1 Потоки твердых материалов

На интегрированном металлургическом заводе потоки твердых материалов (в частности, уголь и кокс, используемые в качестве топлива или восстановителя) формируют более 90 % прямых выбросов ПГ, поэтому при отборе проб этих материалов необходимо соблюдать особую осторожность. Организациям следует установить комплексную процедуру отбора проб на основе анализа большого количества материала.

Отбор проб необходимо проводить в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 19694-1.

6.4.2.2 Потоки газа и жидкости

Отбор проб и анализ потоков жидких материалов (мазут, дизельное топливо, светлые нефтепродукты и т. д.) также должны соответствовать применимым стандартам. Для газообразного топлива (природный газ, доменный газ и т. д.) допускается использовать данные поставщика (для внешних поставок) или внутреннего производственного контроля.

6.4.3 Анализ содержания углерода в материалах

Анализ содержания углерода в материалах необходимо проводить в соответствии с ГОСТ Р ИСО 19694-1. Для угля и кокса рекомендуется параллельно проводить технический анализ (определение углерода, золы и летучих веществ) и определение теплотворной способности, которые можно использовать для оценки качества данных.

6.4.4 Определение среднего содержания углерода для отчетности

В большинстве случаев конкретный поток материала формируется из нескольких партий от разных поставщиков. Например, производство кокса начинается с приготовления смеси коксующихся углей, состоящей из 5—10 различных видов. Все эти угли объединены в группу «коксующихся углей».

Приготовленный материал обычно хранится на складах и оттуда забирается для использования в технологических процессах. Для такой смеси содержание углерода представляет собой среднее значение содержания углерода в отдельных материалах, взвешенное по соответствующему массовому расходу за отчетный период.

7 Количественная оценка выбросов CO_2 на уровне предприятия

Оценка выбросов на уровне предприятия может быть выполнена методом составления углеродного баланса, включая оценку прямых и косвенных выбросов, связанных с его деятельностью. В этом случае применяется формула (1), а чистое потребление материальных потоков рассчитывается с использованием формулы (3). Изменения запасов рассчитываются по формулам (4) или (5), которые эквивалентны и зависят от того, какое представление данных является предпочтительным (см. [1], [3]).

Массу чистого потребления (нетто-потребления) *NU* рассчитывают по формуле

$$NU_i = \text{внешняя закупка}_i - \text{внешняя поставка}_i - \text{изменение запасов}_i, \quad (3)$$

где i — индекс, идентифицирующий материальный поток;

NU_i — масса чистого потребления материального потока i (в пересчете на сухое вещество, если применимо), т;

внешняя закупка$_i$ — общая закупленная масса материального потока i (в пересчете на сухое вещество, если применимо), т;

внешняя поставка$_i$ — общая масса проданного материального потока i (в пересчете на сухое вещество, если применимо), т;

изменение запасов$_i$ — общее изменение запасов материального потока i (в пересчете на сухое вещество, если применимо), т.

Изменение запасов является положительным, когда запасы увеличиваются, и отрицательным, когда запасы уменьшаются.

Изменение запасов можно рассчитать с помощью одной из следующих формул:

$$\text{изменение запасов}_i = \text{пополнение запасов}_i - \text{извлечение запасов}_i, \quad (4)$$

где пополнение запасов$_i$ — общая масса материального потока i (в пересчете на сухое вещество, если применимо), размещенного на складе, т;

извлечение запасов$_i$ — общая масса материального потока i (в пересчете на сухое вещество, если применимо), извлеченного со склада, т;

$$\text{изменение запасов}_i = \text{конечные запасы}_i - \text{исходные запасы}_i, \quad (5)$$

где конечные запасы$_i$ — масса запасов материального потока i на конец отчетного периода (в пересчете на сухое вещество, если применимо), т;

исходные запасы$_i$ — масса запасов материального потока i на начало отчетного периода (в пересчете на сухое вещество, если применимо), т.

Для надлежащего учета экспортируемой энергии или материалов поставки на внешние электростанции необходимо отделить от поставок для других видов деятельности.

Объем внешних поставок рассчитывают по формуле

$$\text{внешние поставки}_i = \text{поставка на электростанции}_i + \text{поставка для других видов деятельности}_i. \quad (6)$$

Общий объем закупок рассчитывают по формуле

$$\text{общий объем закупок}_i = \text{закупки на стороне}_i + \text{извлечение запасов}_i. \quad (7)$$

Общий объем поставок рассчитывают по формуле

$$\text{общий объем поставок}_i = \text{внешние поставки}_i + \text{пополнение запасов}_i. \quad (8)$$

В таблице 1 приведен пример расчета чистого потребления материалов и энергии на металлургическом предприятии. В этом примере чистое потребление рассчитывается с использованием формулы (4).

Таблица 1 — Модель составления баланса предприятия — расчет чистого потребления

Материальный поток	Пополнение			Извлечение				Чистое потребление
	Внешние закупки	Извлечение запасов	Общее пополнение	Для электростанций	Для других видов деятельности	Для пополнения запасов	Общее извлечение	
Поток 1	P_1	R_1	$Tin_1 = P_1 + R_1$	PP_1	O_1	S_1	$Tout_1 = PP_1 + O_1 + S_1$	$NU_1 = Tin_1 - Tout_1$

Окончание таблицы 1

Материальный поток	Пополнение			Извлечение				Чистое потребление
	Внешние закупки	Извлечение запасов	Общее пополнение	Для электростанций	Для других видов деятельности	Для пополнения запасов	Общее извлечение	
Поток 2	P_2	R_2	$Tin_2 = P_2 + R_2$	PP_2	O_2	S_2	$Tout_2 = PP_2 + O_2 + S_2$	$NU_2 = Tin_2 - Tout_2$
Поток 3	P_3	R_3	$Tin_3 = P_3 + R_3$	PP_3	O_3	S_3	$Tout_3 = PP_3 + O_3 + S_3$	$NU_3 = Tin_3 - Tout_3$
…	…	…	…	…	…	…	…	…
Поток *n*	P_n	R_n	$Tin_n = P_n + R_n$	PP_n	O_n	S_n	$Tout_n = PP_n + O_n + S_n$	$NU_n = Tin_n - Tout_n$

P_n — внешне закупленная масса материального потока *n* за отчетный период, т;
R_n — масса материального потока *n*, извлеченного со склада за отчетный период, т;
Tin_n — общая масса материального потока *n*, доступная в течение отчетного периода, т;
PP_n — масса материального потока *n*, экспортированного на внешнюю электростанцию за отчетный период, т;
O_n — масса материального потока *n*, поставленного за отчетный период для внешней деятельности (потребителям), т;
S_n — масса материального потока *n*, использованного на пополнение запасов за отчетный период, т;
$Tout_n$ — общая масса материального потока *n*, не использованного на предприятии за отчетный период, т;
NU_n — чистое потребление материального потока *n*, т.

На основе чистого потребления каждого материального потока рассчитывают прямые и косвенные выбросы CO_2, как показано в таблице 2.

Таблица 2 — Модель составления баланса предприятия — расчет выбросов CO_2

Материальный поток	Чистое потребление	Выбросы CO_2, т		
		Прямые	Косвенные	Промежуточный итог
Поток 1	NU_1	$Dir_1 = EF_1 \cdot NU_1$	$Ind_1 = IEeq_1 \cdot NU_1$	$Dir_1 + Ind_1$
Поток 2	NU_2	$Dir_2 = EF_2 \cdot NU_2$	$Ind_2 = IEeq_2 \cdot NU_2$	$Dir_2 + Ind_2$
Поток 3	NU_3	$Dir_3 = EF_3 \cdot NU_3$	$Ind_3 = IEeq_3 \cdot NU_3$	$Dir_3 + Ind_3$
Электроэнергия	$NU_{элект.}$		$Ind_{элект.} = IEeq_{элект.} \cdot NU_{элект.}$	$Ind_{элект.}$
Тепловая энергия	$NU_{тепло,\ i}$		$Ind_{тепло,\ i} = IEeq_{тепло,\ i} \cdot NU_{тепло,\ i}$	$Ind_{тепло,\ i}$
Поток *n*	NU_n	$Dir_n = EF_n \cdot NU_n$	$Ind_n = IEeq_n \cdot NU_n$	$Dir_n + Ind_n$
Всего		ΣDir_n	ΣInd_n	$\Sigma(Dir_n + Ind_n)$

NU_n — чистое потребление материального потока *n*, ед. (т, МВт·ч, Гкал, др.);
EF_n — коэффициент прямых выбросов для материального потока *n*, т CO_2/ед.;
Dir_n — прямые выбросы от материального потока *n* за отчетный период, т CO_2-экв./ед.;
$IEeq_n$ — коэффициент косвенных выбросов для материального потока *n*, т CO_2-экв./ед.;
$IEeq_{элект.}$ — коэффициент косвенных выбросов для электроэнергии, т CO_2-экв./ед.;
$IEeq_{тепло,\ i}$ — коэффициент косвенных выбросов для тепловой энергии *i* (пар высокого давления, пар низкого давления, горячая вода), т CO_2-экв./ед.;
Ind_n — косвенные выбросы от исходного потока *n* за отчетный период, тCO_2-экв.

В таблице 2 соответствующие выбросы CO_2 рассчитывают по формулам:
Расчет прямых выбросов:

$$\text{прямые выбросы } CO_2 = \sum_{i=1}^{n} Dir_i = \sum_{i=1}^{n} (EF_i \cdot NU_i). \quad (9)$$

Расчет косвенных выбросов:

$$\text{косвенные выбросы } CO_2 = \sum_{i=1}^{n} Ind_i = \sum_{n=1}^{n} IEeq_i \cdot NU_i. \quad (10)$$

Расчет общих выбросов:

$$\text{общие выбросы } CO_2 = \text{прямые выбросы } CO_2 + \text{косвенные выбросы } CO_2. \quad (11)$$

Коэффициенты косвенных выбросов для электроэнергии устанавливаются на национальном или региональном уровне (см. ГОСТ Р ИСО 19694-1). Коэффициенты выбросов для электроэнергии используются также для определения соответствующих коэффициентов выбросов от производства технических газов (кислорода, азота, аргона и сжатого воздуха) на основе стандартных эквивалентов.

8 Определение углеродной эффективности (CO_2-эффективности)

8.1 Оценка общих выбросов предприятия, включая технологические выбросы

Если чистое потребление вторичных металлургических газов установлено равным нулю, формула (11) позволяет провести оценку общих выбросов CO_2. Отнесение выбросов CO_2 к процессам, которые их генерируют, позволяет избежать искажений/ошибок между газами, используемыми на месте или отправленными за пределы предприятия.

8.2 Оценка фактических выбросов CO_2 предприятия

Непосредственное применение методологии углеродного баланса на производственном объекте не позволяет точно определить реальное влияние деятельности на общий объем выбросов CO_2 интегрированного металлургического завода, на котором используют маршрут производства доменная печь — конвертер и экспортируют отходящие газы на внешние электростанции или другие объекты.

Методика, используемая для определения выбросов предприятия без вычета выбросов, связанных с экспортируемым газом, лишь частично решает эту проблему, поскольку вводит определенный уровень двойного учета за счет учета как выбросов, связанных с производством электроэнергии из вторичных металлургических газов, так и выброса CO_2, эквивалентного соответствующей электрической энергии.

Тот же эффект, но в меньшей степени, возникает, когда излишки металлургических топливных газов экспортируют для других внешних видов деятельности, где они, например, заменяют ископаемые виды топлива с более низкими коэффициентами выбросов.

Фактические выбросы CO_2 предприятия определяют с учетом этих двух эффектов путем применения следующих поправок на косвенные выбросы:

- экспортируемый на внешние электростанции объем металлургических топливных газов пересчитывается в эквивалентную электрическую энергию с использованием коэффициентов и данный объем электрической энергии вычитается из закупленной электроэнергии, тем самым сокращая косвенные выбросы предприятия;
- экспорт металлургических топливных газов для других видов деятельности учитывается как природный газ, выбранный в качестве альтернативного эталонного топлива, и засчитывается в косвенные выбросы.

Методология, описывающая случай, когда выбросы CO_2, возникшие в результате использования металлургических топливных газов, относятся не к потребителю, а к производителю отходящего газа, приведена в таблице 3.

Поправка на косвенные выбросы при экспорте металлургических топливных газов обеспечивает более реалистичную оценку выбросов и сопоставимые результаты для аналогичных предприятий, отличающихся наличием собственной электростанции в границах предприятия.

Общие выбросы CO_2 на уровне организации или группы организаций рассчитываются на основе чистого потребления для каждого материального потока и соответствующих прямых и косвенных выбросов по всем консолидируемым предприятиям и установкам. Это правило также применяется к определению выбросов CO_2 с учетом экспорта металлургических топливных газов.

Таблица 3 — Модель оценки влияния вторичных газов на выбросы ПГ на интегрированном предприятии (см. [2])

Процессы	Энергия, ГДж, теплотворная способность	Эквивалент электрической энергии, МВт · ч	Выбросы CO_2, т		
			Прямые	Косвенные	Общие
Прямой расчет выбросов			Dir_{CO_2}	Ind_{CO_2}	$Dir_{CO_2} + Ind_{CO_2}$
Экспорт вторичных топливных газов:	$PP_{Exp} + Oth_{Exp}$				
для электростанции	PP_{Exp}	$Eq_{элект.} = PP_{Exp}/9{,}8$		$- IEeq_{элект.} \cdot Eq_{элект.}$	$- IEeq_{элект.} \cdot Eq_{элект.}$
для других видов деятельности	Oth_{Exp}			$- EF_{прир.газ} \cdot Oth_{Exp}$	$- EF_{прир.газ} \cdot Oth_{Exp}$
Скорректированные общие выбросы ПГ			Dir_{CO_2}	$Ind_{CO_2} - IEeq_{элект.} \cdot Eq_{элект.} - EF_{прир.газ} \cdot Oth_{Exp}$	$Dir_{CO_2} + Ind_{CO_2} - IEeq_{элект.} \cdot Eq_{элект.} - EF_{прир.газ} \cdot Oth_{Exp}$

Dir_{CO_2} — прямые выбросы CO_2 предприятия по формуле (9), т CO_2;

Ind_{CO_2} — косвенные выбросы CO_2 предприятия по формуле (10), т CO_2;

PP_{Exp} — экспорт металлургических топливных газов на электростанции, ГДж;

$Eq_{элект.}$ — количество эквивалентной электрической энергии, выработанной из металлургического топливного газа, экспортируемого на электростанцию, МВт · ч;

Oth_{Exp} — экспорт металлургических топливных газов для других видов использования, МВт · ч;

$EF_{прир.газ}$ — коэффициент выбросов CO_2 для природного газа, т CO_2/ГДж.

8.3 Оценка углеродной эффективности на основе ключевых показателей эффективности

8.3.1 Общие принципы оценки эффективности

Оценка эффективности в отношении выбросов CO_2 выходит за рамки инвентаризации ПГ предприятия согласно [2] и [4]. Она представляет собой моментальную фиксацию ситуации, но не дает надежной и полностью сопоставимой информации об углеродной эффективности из-за большого влияния структуры производства на уровень выбросов.

В настоящем разделе стандарта предлагаются конкретные методики оценки эффективности на уровне процесса или предприятия на основе КПЭ, которые позволяют сравнивать эффективность выбросов между процессами и дают оценку потенциала для снижения выбросов CO_2.

8.3.2 Оценка эффективности на уровне предприятия (эффективность использования поступившего углерода)

8.3.2.1 Общие положения

В этом разделе стандарта представлена методика оценки эффективности в отношении прямых выбросов CO_2 с акцентом на общем количестве углерода, введенного в процесс. Эта методология позволяет сравнивать предприятия с различными производственными профилями по эталонному классу эффективности (вероятные выбросы CO_2).

8.3.2.2 Определение эталонных выбросов для маршрута «доменная печь — конвертер»

В интегрированном сталеплавильном производстве вклад в выбросы CO_2 вносят три основных источника:

- коксохимическое производство со сжиганием коксового газа независимо от места его потребления, а также выбросы от частичного сгорания кокса при выдаче кокса и его тушении;
- производство агломерата путем сжигания твердого топлива (кокса и антрацита) и термического разложения основных добавок (известняка). Иногда в процессе розжига используется коксовый газ, который уже учтен в коксохимическом производстве и не относится к агломерации;
- производство жидкого чугуна в доменной печи в результате сжигания доменного газа независимо от того, где оно происходит, и сжигания конвертерного газа (полезно утилизированного или сожженного на факеле) и утилизации пыли от газоочистки в агломерационном производстве.

Анализ энергетического баланса металлургического комбината показывает, что на нем вырабатывается достаточное количество отходящих газов надлежащего качества для удовлетворения энергетических потребностей всех стадий производства — от кокса до горячей прокатки, при этом остается значительный избыток, который можно направить на дальнейшую переработку или электростанцию. В таком случае для энергетического обеспечения производства не требуется никакого другого входного материала, кроме металлургических углей (коксующихся углей, антрацитов для агломерации и углей для вдувания в доменную печь), покупаемого кокса и других материалов для вдувания в доменную печь.

Если на металлургическом предприятии нет коксохимического завода, то вторичных топливных газов не хватает и требуется дополнительно закупать топливо для таких технологических процессов, как производство горячего проката, что приводит к дополнительному поступлению углерода на предприятие.

Для того чтобы предприятие могло оценить свои наилучшие вероятные выбросы CO_2 (эталонные), следует использовать формулы (12)—(13) и эталонные коэффициенты.

Вероятные выбросы CO_2 для объектов с коксохимическим заводом следует рассчитывать по формуле (12), а для объектов без коксохимического завода — по формуле (13).

Эталонные выбросы для интегрированного производства стали с коксохимическим заводом рассчитывают по формуле:

$$\text{вероятные выбросы } CO_2 = \alpha \cdot \text{кокс} + \beta \cdot \text{агломерат} + \gamma \cdot \text{жидкий чугун} + \delta \cdot \text{горячекатаный прокат}. \quad (12)$$

Эталонные выбросы для интегрированного производства стали без коксохимического завода рассчитывают по формуле:

$$\text{вероятные выбросы } CO_2 = \beta \cdot \text{агломерат} + \gamma \cdot \text{жидкий чугун} + \delta \cdot \text{горячекатаный прокат}. \quad (13)$$

В этих формулах α, β, γ и δ представляют собой интенсивность выбросов CO_2 (кг/т продукта) рассматриваемых процессов, а кокс, агломерат, жидкий чугун и горячекатаный прокат представляют собой объемы производства этих процессов. Значение переменных α, β, γ и δ устанавливается в соответствии с разделом 9.

8.3.2.3 Определение эталонных выбросов для электросталеплавильного маршрута

Сталеплавильные заводы с использованием ДСП намного проще и обычно состоят только из электросталеплавильного завода со станами горячей прокатки. Производственный цикл некоторых электросталеплавильных заводов включает производство железа прямого восстановления, для производства которого используют природный газ, являющийся источником выбросов CO_2. Вероятные прямые выбросы электросталеплавильного завода рассчитывают по формуле

$$\text{вероятные выбросы } CO_2 = \alpha \cdot \text{ЖПВ} + \beta \cdot \text{сырая сталь} + \gamma \cdot \text{горячекатаный прокат}. \quad (14)$$

При этом α, β и γ представляют собой интенсивность выбросов CO_2 (кг/т продукта) рассматриваемых процессов, а ЖПВ, сырая сталь и горячекатаный прокат представляют собой объемы производства этих процессов. Значение переменных α, β и γ устанавливается в соответствии с разделом 9. Определение вероятных выбросов CO_2 для электросталеплавильного производства усложняется тем, что имеется возможность потенциального более легкого перехода от электрической энергии к ископаемому топливу в ДСП в отличие от интегрированного предприятия.

8.3.2.4 Определение ключевого показателя эффективности выбросов CO_2

Показатель эффективности предприятия по выбросам CO_2 должен быть рассчитан для обоих маршрутов производства стали (см. 8.3.2.2 и 8.3.2.3) в соответствии с формулой (15), которая показывает разрыв между выбросами завода и эталонными выбросами.

Ключевой показатель эффективности предприятия по CO_2 рассчитывают по формуле

$$\text{КПЭ предприятия} = \frac{\text{уточненные прямые выбросы } CO_2}{\text{вероятные выбросы } CO_2}. \quad (15)$$

В этой формуле уточненные прямые выбросы CO_2 рассчитываются исходя из суммы выбросов от потребляемой энергии и материалов, используемых для соответствующих процессов, за исключением экспорта топлива для котлов и электростанций, а также для технологических операций вниз по цепочке производства стальной продукции (например, печей отжига).

Уточненные прямые выбросы CO_2 рассчитывают по формуле

$$\text{уточненные прямые выбросы } CO_2 = \text{прямые выбросы } CO_2 - \sum_{n=1}^{n} \text{исключенный материальный поток}_i \cdot EF_i, \quad (16)$$

где прямые выбросы CO_2 — выбросы предприятия, определяемые методом углеродного баланса согласно формуле (9), т;

исключенный материальный поток$_i$ — масса внешнего материального потока i (природный газ, мазут, энергетический уголь), который подается на исключенные процессы (печи для обжига извести, электростанции, обрабатывающие производства), т;

EF_i — коэффициент прямых выбросов для материального потока i, т CO_2/т.

Для заводов со средними выбросами ПГ, использующих традиционное сырье, ключевой показатель эффективности дает представление о существенных отклонениях от эталонного уровня.

8.3.3 Оценка эффективности на уровне процесса

8.3.3.1 Прямые и косвенные выбросы на уровне процесса

На уровне процесса оценка эффективности должна учитывать не только прямые, но и косвенные выбросы, которые важны для общей характеристики эффективности процесса.

При оценке эффективности выбросы, связанные с углеродом, содержащимся в промежуточных железосодержащих продуктах, не учитываются как прямые выбросы. Данные выбросы относятся к промежуточному железосодержащему продукту и переходят на баланс потребителя.

8.3.3.2 Выбор коэффициентов косвенных выбросов

Оценка эффективности не может ограничиваться только расчетом содержания углерода в процессе, выраженного в кг CO_2 на тонну продукта, поскольку такая оценка не дает никакой информации об эффективности процесса по следующим причинам:

- на эффективность могут влиять местные условия (например, коэффициенты выбросов для электроэнергии варьируются в широком диапазоне, что может сделать сравнение интенсивности выбросов CO_2 бессмысленным);

- для производственных систем, включающих несколько процессов, как в случае со сталеплавильным производством, выбросы CO_2 от предшествующих продуктов необходимо включать в расчеты

для последующих продуктов. При прямом сравнении эффективность вышестоящих процессов будет влиять на результат нижестоящих процессов по-разному для каждого предприятия;

- чтобы ранжировать предприятия по эффективности и получить информацию о потенциальном снижении выбросов, необходимо определить эталонную углеродную эффективность.

Оценку эффективности следует проводить для каждого предприятия независимо от местных условий и давать надежный результат. Чтобы нейтрализовать влияние условий, которые организация не может контролировать (например, коэффициент косвенных выбросов для электроэнергии из сети), предлагаемая методика предполагает, что все материальные потоки на входе в данный процесс имеют единый коэффициент выбросов для предшествующих переделов:

- природные ресурсы и энергия не имеют выбросов вверх по производственной цепочке, что исключает потенциальное воздействие различных условий добычи или транспортировки на оценку эффективности;

- энергоресурсы имеют одинаковые значения выбросов на входе, что устраняет влияние разной интенсивности выбросов CO_2 в национальной энергосистеме. Для электрической энергии может использоваться средний мировой уровень, а для технических газов — их энергетические эквиваленты;

- выбросы от закупаемых продуктов рассчитываются на уровне выбросов, который является представительным для их производства;

- собственные промежуточные продукты, используемые в последующих процессах, оцениваются по эталонному значению, чтобы не влиять на эффективность одного процесса за счет эффективности других процессов на предприятии. Определение эталонного значения для продуктов представлено в разделе 9. Из-за разницы в интенсивности выбросов CO_2 между производством конвертерной и электростали невозможно определить единую эталонную величину для необработанной стали (стальной заготовки), используемой на прокатных станах. Поэтому эталонное значение следует рассчитывать на основе относительных объемов конвертерной и электростали, используемых каждой отдельной установкой;

- обычные отходы, используемые в технологических процессах, не имеют выбросов вверх по технологической цепочке. Они учитываются на уровне прямых выбросов по фактическому содержанию углерода;

- побочные продукты процессов учитываются в прямых выбросах по фактическому содержанию углерода. Для них в оценке эффективности не учитывается влияние на косвенные выбросы, хотя для некоторых побочных продуктов возможны исключения.

Интегрированные предприятия по производству стали, использующие маршрут «доменная печь — конвертер», производят большое количество вторичных топливных газов, которые используются в качестве энергоносителя в производстве или направляются на электростанции для выработки тепла (пара) и электроэнергии.

В некоторых процессах могут использоваться совсем разные газовые смеси. В частности, в случае производства кокса топливо для сжигания может варьироваться от 100 % коксового газа до 100 % доменного газа с таким же высоким выходом энергии. Из-за разницы в коэффициентах выбросов между этими двумя газами, которая может варьироваться от одного до шести раз, использование доменного газа приводит к более высоким выбросам, а выбросы CO_2 при производстве кокса определяются составом газовой смеси, что препятствует объективной оценке эффективности выбросов. Кроме того, использование доменного газа на коксохимическом производстве просто перемещает часть выбросов, не вызывая изменений на уровне предприятия.

Для решения этой проблемы данная методология предлагает определенные подходы по учету вторичных газов для надежной оценки выбросов CO_2 на уровне установки или процесса путем применения единых коэффициентов выбросов для всех вторичных газов, учитываемых по природному газу как наиболее распространенному замещающему топливу. При этом разница с фактическим коэффициентом выбросов приписывается процессу производства газа. В таблице 4 представлены коэффициенты выбросов для вторичных газов черной металлургии.

Таблица 4 — Коэффициенты выбросов для вторичных газов черной металлургии (см. [3])

Газ	Фактический коэффициент выбросов, т CO_2/ГДж	Гармонизированный коэффициент выбросов, т CO_2/ГДж	Учет на установке, где получен вторичный газ, т CO_2/ГДж
Коксовый газ	0,045	0,056	−0,011
Доменный газ	0,270	0,056	0,214

Окончание таблицы 4

Газ	Фактический коэффициент выбросов, т CO_2/ГДж	Гармонизированный коэффициент выбросов, т CO_2/ГДж	Учет на установке, где получен вторичный газ, т CO_2/ГДж
Восстановительный газ	0,195	0,056	0,139
Конвертерный газ	0,180	0,056	0,124

Применение данного подхода к коксовому газу приводит к дополнительному эффекту снижения выбросов в процессе производства кокса, который компенсируется более высокими выбросами от использования коксового газа в других процессах.

Для некоторых материалов существуют особые правила.

Некоторые материалы, которые сами по себе не приводят к выбросам CO_2, могут иметь значительный эффект на выбросы. Поэтому следует принять меры для того, чтобы обеспечить справедливую оценку эффективности процессов и избежать искажений из-за очень специфических условий.

Поскольку целью настоящего стандарта является оценка выбросов CO_2 и эффективности на уровне процессов и предприятий для улучшения операций, правила, применяемые к отнесению выбросов CO_2 к побочным продуктам или другим потокам, не относятся к настоящему стандарту.

Методика, выбранная для объяснения воздействия конкретных материалов или для корректировки показателей по мере необходимости, должна быть обоснована, задокументирована и в идеале подвергнута экспертизе.

Далее перечислены основные используемые материалы.

а) Магнетитовая руда.

В черной металлургии используются три основных типа железной руды. Это преимущественно гематитовые руды Fe_2O_3, за которыми следуют магнетитовые руды Fe_3O_4 и сидеритовые руды $FeCO_3$.

В связи с окислением магнетита магнетитовые руды снижают потребность в энергии и выбросы CO_2 на этапах подготовки шихты.

С другой стороны, при использовании в шихте сидеритовых руд потребление энергии снижается за счет окисления железа, но выбросы CO_2 увеличиваются за счет разложения карбоната.

Следовательно, магнетит или сидерит не следует использовать для определения эталонных процессов. Такие эффекты необходимо учитывать при анализе эффективности. При наличии данных необходимо внести соответствующие корректировки в ключевые показатели эффективности.

б) Шлак при производстве чугуна.

Образование шлака при производстве чугуна влияет на выбросы CO_2. Поскольку объем шлака часто зависит от факторов, которые находятся вне зоны ответственности организации из-за местных условий или решений компании в отношении закупки сырья, может понадобиться установить значение CO_2 для производства чугуна, которое адекватно отразит воздействие шлака, чтобы добиться более точной оценки углеродной эффективности.

в) Лом стальной.

Металлолом широко используется во всех маршрутах производства стали. Поскольку плавка лома позволяет избежать высоких энергетических затрат на восстановление оксидов железа, она значительно снижает энергоемкость и интенсивность выбросов CO_2 при производстве стали. Однако лом является вторичным сырьем с ограниченным предложением, поэтому производство жидкого чугуна является и будет оставаться важным для удовлетворения потребностей рынка стали.

При сравнении эффективности производственных установок, использующих различное количество лома (в сочетании с жидким чугуном и железом прямого восстановления в зависимости от производственного маршрута), может быть сочтено необходимым присвоить лому значение выбросов CO_2, которое адекватно отразит воздействие лома, чтобы добиться более правильной оценки углеродной эффективности.

Этот аспект не имеет отношения к оценке эффективности производства электростали, за исключением случаев, когда ЖПВ, жидкий чугун или твердый чугун используются в качестве заменителя металлолома.

г) Железо прямого восстановления, жидкий и твердый чугун в ДСП.

ЖПВ может использоваться в качестве заменителя лома в электросталеплавильном и кислородно-конвертерном производстве, чтобы компенсировать недостаточное количество лома или его качество.

Поскольку ЖПВ содержит остаточный оксид железа, восстановление в ДСП или конвертере может потребовать дополнительной энергии, и этот эффект следует учитывать при анализе результатов оценки эффективности.

В некоторых случаях в ДСП можно загружать жидкий чугун, что резко снижает потребление энергии. Этот эффект также следует учитывать при анализе эффективности.

8.3.3.3 Принцип оценки эффективности процессов

На рисунке 1 показано, как эталонные выбросы CO_2 используются для оценки эффективности производства продукции:

- установка, которая достигает лучших результатов, чем эталонная (например, производство чугуна на рисунке 1), получает бонус за выбросы CO_2, равный разнице с эталоном, при этом для следующих этапов оценки принимается эталонное значение;
- установка, которая показывает худшие результаты, чем эталонная (например, производство кокса и стали на рисунке 1), получает штраф за выбросы CO_2, при этом эталонный уровень применяется к продукту на следующих этапах оценки;
- бонусы и штрафы суммируются отдельно по всему маршруту производства продукта;
- чистая разница между общим бонусом и общим штрафом характеризует отклонение от эталонного предприятия;
- суммарный штраф характеризует потенциал снижения выбросов CO_2 установки за счет улучшения менее эффективных процессов (при условии сохранения эффективности тех процессов, которые лучше, чем эталон).

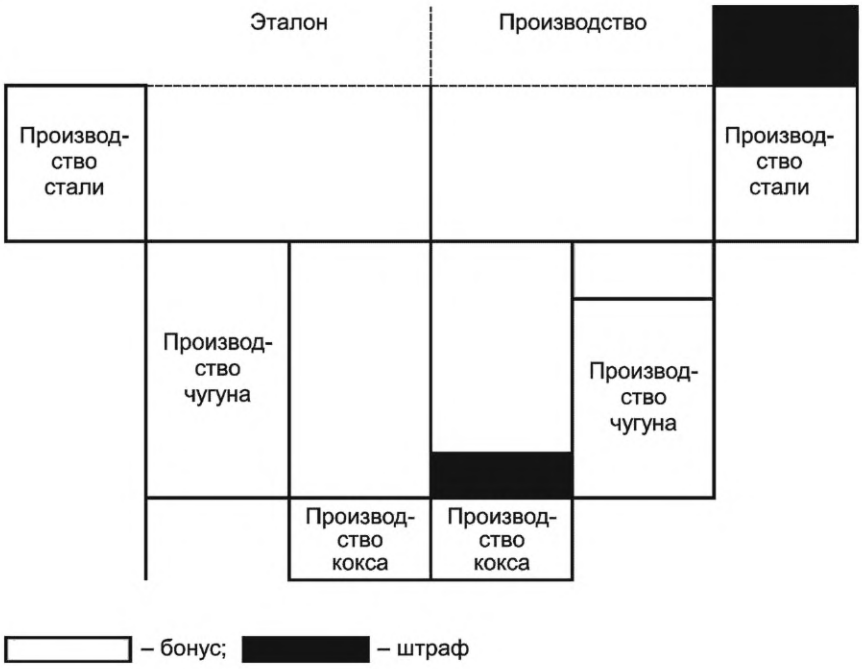


Рисунок 1 — Принцип оценки эффективности многостадийных производственных маршрутов

8.3.3.4 Описание методики оценки эффективности процесса

Для оценки эффективности на уровне процесса применяется методика массового углеродного баланса, приведенная в 6.2, с применением стандартных коэффициентов косвенных выбросов в соответствии с 8.3.3.2 для каждого материального потока. При этом чистое потребление каждого материала в процессе рассчитывают по формуле

$$NU_i = \text{потребление}_i - \text{производство}_i, \quad (17)$$

где NU_i — чистое потребление материального потока i в процессе;

потребление$_i$ — потребление материального потока i в процессе;

производство$_i$ — производство материального потока i в процессе.

Это позволяет провести оценки фактических прямых и косвенных выбросов ПГ от процесса.

На втором этапе оценки эффективности рассчитывают скорректированные выбросы CO_2 от потребления или выработки вторичных топливных газов, как показано в таблице 5

Таблица 5 — Учет выбросов от вторичных топливных газов

Топливный газ	Чистое потребление, ГДж	Фактические выбросы CO_2, т	Скорректированные выбросы CO_2, т
Коксовый газ	NU_{COG}	$EF_{COG} \cdot NU_{COG}$	$EF_{NG} \cdot NU_{COG}$
Доменный газ	NU_{BFG}	$EF_{BFG} \cdot NU_{BFG}$	$EF_{NG} \cdot NU_{BFG}$
Восстановительный газ	NU_{SRG}	$EF_{SRG} \cdot NU_{SRG}$	$EF_{NG} \cdot NU_{SRG}$
Конвертерный газ	NU_{BOFG}	$EF_{BOFG} \cdot NU_{BOFG}$	$EF_{NG} \cdot NU_{BOFG}$
Общее	ΣNU_i	$\Sigma EF_i \cdot NU_i$	$\Sigma EF_{NG} \cdot NU_i$

На третьем этапе оценки регистрируемые выбросы для процесса рассчитывают по формуле

$$\text{регистрируемые прямые выбросы } CO_2 = \text{прямые выбросы } CO_2 - \text{фактические выбросы } CO_2 \text{ от вторичных газов} + \text{скорректированные выбросы } CO_2 \text{ от вторичных газов}, \quad (18)$$

где прямые выбросы CO_2 рассчитывают по формуле (9);

$$\text{фактические выбросы } CO_2 = \sum_i (EF_i \cdot NU_i),$$

$$\text{скорректированные выбросы } CO_2 = \sum_i (EF_{NG} \cdot NU_i),$$

где i — вторичный топливный газ (коксовый, доменный, восстановительный, конвертерный).

Затем для расчета общего количества регистрируемых выбросов CO_2 добавляются косвенные выбросы [см. формулу (19)].

$$\text{регистрируемые общие выбросы } CO_2 = \text{регистрируемые прямые выбросы } CO_2 + \sum_1^n (IEeq_i \cdot NU_i). \quad (19)$$

Общее количество выбросов CO_2, отнесенное на производство данного продукта, включает в себя выбросы от промежуточных продуктов (выше по производственной цепочке), потребляемых в процессе производства, для которых применяется эталонный уровень выбросов, что дает приблизительную оценку углеродной эффективности продукта. Исключение выбросов выше по цепочке производства позволяет провести оценку регистрируемых выбросов CO_2, связанных только с переработкой продукции, что дает другое представление об эффективности процесса. Выбросы CO_2, связанные с переработкой, рассчитывают по формуле

$$\text{регистрируемые выбросы } CO_2, \text{ связанные с переработкой} = \text{регистрируемые общие выбросы } CO_2 - \text{выбросы } CO_2 \text{ от продуктов выше по производственной цепочке}. \quad (20)$$

На следующем этапе рассчитывается интенсивность выбросов CO_2 для продукта — это отношение зарегистрированных общих выбросов CO_2 к объему производства данного продукта.

$$\text{интенсивность выбросов } CO_2 = \frac{\text{регистрируемые общие выбросы } CO_2}{\text{производство продукта}}. \quad (21)$$

Интенсивность выбросов CO_2, связанных с переработкой, рассчитывают по формуле

$$\text{интенсивность выбросов } CO_2, \text{ связанных с переработкой} = \frac{\text{регистрируемые выбросы } CO_2, \text{ связанные с переработкой}}{\text{производство продукта}}. \quad (22)$$

На финальном этапе для каждого процесса рассчитывают КПЭ путем деления интенсивности выбросов на эталонные значения интенсивности. Полученные КПЭ выше 100 % означают, что выбросы от процесса превышают эталонные значения. Определение эталонной эффективности приведено в разделе 9.

Ключевой показатель эффективности рассчитывают по формуле

$$\text{ключевой показатель эффективности } CO_2 = \frac{\text{интенсивность выбросов } CO_2}{\text{эталонная интенсивность выбросов } CO_2}. \quad (23)$$

Ключевой показатель эффективности, связанный с переработкой, рассчитывают по формуле

$$\text{ключевой показатель эффективности } CO_2, \text{ связанный с переработкой} = \frac{\text{интенсивность выбросов } CO_2, \text{ связанная с переработкой}}{\text{эталонная интенсивность выбросов } CO_2, \text{ связанная с переработкой}}. \quad (24)$$

Если интенсивность выбросов CO_2 выше эталонного значения, фактический потенциал сокращения выбросов CO_2 рассчитывают по формуле

$$\text{потенциал сокращения выбросов } CO_2 =$$

$$= \text{производство продукта} \cdot (\text{интенсивность выбросов } CO_2 - \text{эталонная интенсивность выбросов } CO_2). \quad (25)$$

Если процесс работает с лучшим результатом, чем эталонный, то потенциал сокращения выбросов принимают равным нулю.

Эффективность выбросов CO_2 при производстве извести на металлургическом предприятии оценивается так же, как для других металлургических процессов, но для электростанций и воздухоразделительных установок предусмотрен специальный подход.

Котлы и электрогенераторы рассматриваются вместе как многопрофильная установка, поставляющая электроэнергию, пар (высокого и низкого давления) и горячую воду. В этом случае при оценке эффективности прямые выбросы CO_2 от сжигания топлива сопоставляются с косвенными выбросами CO_2 от количества произведенного энергоресурса (электроэнергии, пара, горячей воды), рассчитанными с использованием соответствующих коэффициентов косвенных выбросов.

Показатель эффективности CO_2 для котлов и электрогенераторов рассчитывают по формуле

$$\text{ключевой показатель эффективности } CO_2 = \frac{\sum_i (EF_{\text{топливо},i} \cdot \text{расход топлива}, i)}{\sum_i (IEeq_{\text{энергоресурс},i} \cdot \text{выработка энергоресурса}, i)}, \quad (26)$$

где $EF_{\text{топливо},i}$ — коэффициент выбросов от сжигания топлива i;

расход топлива, i; — расход топлива i;

$IEeq_{\text{энергоресурс},i}$ — коэффициент косвенных выбросов для энергоресурса i (электроэнергия, пар, горячая вода);

выработка энергоресурса, i — количество выработанного энергоресурса i.

Установки разделения воздуха оцениваются аналогичным образом, поскольку они также представляют собой многопрофильные процессы, производящие кислород (кислород высокого и низкого давления), азот и аргон. Выбросы от производства технических газов оцениваются с использованием коэффициентов косвенных выбросов и сравниваются с выбросами CO_2, полученными в результате потребления электроэнергии и/или пара с использованием соответствующих коэффициентов косвенных выбросов. Ключевой показатель эффективности для ВРУ рассчитывают по формуле

$$\text{ключевой показатель эффективности}_{\text{ВРУ}} = \frac{\sum_i (IEeq_{\text{энергоресурс},i} \cdot \text{расход энергоресурса}, i)}{\sum_i (IEeq_{\text{газ},i} \cdot \text{выработка}_{\text{газ}}, i)}, \quad (27)$$

где $IEeq_{\text{энергоресурс},i}$ — коэффициент косвенных выбросов для потребляемого энергоресурса i (электроэнергия, пар, горячая вода);

расход энергоресурса, i — расход энергоресурса i на производство технических газов;

$IEeq_{\text{газ},i}$ — коэффициент косвенных выбросов технического газа i на основе электрического эквивалента (кислород, азот, аргон, сжатый воздух);

выработка$_{\text{газ}}$, i — количество произведенного технического газа i.

8.3.3.5 Обобщение информации по нескольким процессам

Для определения общей эффективности предприятия с большим количеством технологических процессов требуется обобщение данных по этим процессам.

1) Обобщение на уровне перерабатывающих процессов.

При обобщении выбросов CO_2 или потенциалов сокращения выбросов значения от различных процессов суммируются, при этом также добавляются выбросы от газовых факелов, оцененные с использованием скорректированного коэффициента выбросов.

Общие регистрируемые выбросы от переработки рассчитывают по формуле

$$\text{общие регистрируемые выбросы } CO_2\text{, связанные с переработкой} = \sum_{1}^{m}\left(\begin{matrix}\text{выбросы } CO_2\text{, связанные} \\ \text{с переработкой}_j\end{matrix} + EF_{NG}\cdot \text{сжигание газа}_j\right), \quad (28)$$

где j — различные процессы, включенные в обобщение.

Обобщенный потенциал сокращения выбросов CO_2 рассчитывают по формуле

$$\text{обобщенный потенциал сокращения выбросов } CO_2 = \sum_{i=1}^{m}(\text{потенциал сокращения выбросов } CO_{2,j} + EF_{NG}\cdot \text{сжигание газа}_j). \quad (29)$$

На промежуточных этапах производственного маршрута может быть выполнено частичное обобщение результатов оценки эффективности (например, для чугуна, стали, горячекатаного проката). В этом случае выбросы от факелов не включаются в рассмотрение. Выбросы от сжигания в факелах суммируются только на уровне предприятия.

Показатель эффективности выбросов CO_2, связанный с переработкой, возможно определить путем сравнения общих совокупных выбросов CO_2, связанных с переработкой в рассматриваемой области, с вероятными выбросами, рассчитанными на основе данных о производстве продукции предприятия, и эталонной интенсивностью выбросов CO_2, вызванных переработкой, в соответствии с формулой (30).

$$\text{показатель эффективности выбросов } CO_2\text{, связанный с переработкой} = \frac{\begin{matrix}\text{суммарное количество выбросов } CO_2\text{,} \\ \text{связанное с переработкой}\end{matrix}}{\sum_{i=1}^{m}\text{производство},i\cdot \begin{matrix}\text{эталонная интенсивность выбросов} \\ CO_2,i\text{, связанная с переработкой}\end{matrix}}. \quad (30)$$

2) Обобщение на уровне предприятия.

Для определения суммарных выбросов CO_2 по предприятию требуется другой метод обобщения, поскольку простое суммирование выбросов отдельных процессов приводит к двойному учету выбросов от предшествующих процессов, связанному с внутренним использованием промежуточных продуктов. Эта проблема решается путем расчета чистого потребления каждого отдельного материального потока в соответствии с формулой (31).

$$NU_i = \sum_{j=1}^{m}(\text{потребление}_{i,j} - \text{производство}_{i,j}) + \text{сжигание газа}_i, \quad (31)$$

где i — различные материальные потоки;

j — процессы, рассмотренные при обобщении.

Сжигание остатков вторичных газов на факеле считается особым процессом, и поэтому обобщается только на уровне завода.

Оценка выбросов CO_2 от чистого потребления материального потока производится с использованием коэффициентов прямых и косвенных выбросов по формуле (32) для каждого материального потока, за исключением отходящих газов, для которых используется скорректированный по природному газу коэффициент выбросов, и промежуточных продуктов, которые оцениваются отдельно.

$$\text{регистрируемые выбросы } CO_{2,i} = (EF_i + IEeq_i)\cdot NU_i. \quad (32)$$

Для промежуточных продуктов формула (32) справедлива при положительных значениях чистого потребления. Когда промежуточный продукт передается потребителю, то есть выходит за пределы системы, то выбросы CO_2 оцениваются на основе эталонной интенсивности выбросов CO_2 конкретного промежуточного продукта, как показано в формуле (33):

$$\text{приписываемые выбросы } CO_{2,i} = NU_i\cdot \text{эталонная интенсивность выброса } CO_{2,i}. \quad (33)$$

Таким образом, для определения количества регистрируемого CO_2 при обобщении суммируются все значения выбросов CO_2, за исключением чистых отгруженных продуктов, где расчеты CO_2 основаны на эталонной интенсивности выбросов CO_2.

Три материала оцениваются по специальным правилам:

- собственный кокс учитывается как регистрируемый выброс CO_2 в ходе его использования в качестве сырья и как приписываемый выброс CO_2 при его производстве;

- шлак, полученный в результате производства чугуна, рассматривается в качестве продукта, если на него относят выбросы CO_2. В этом случае эти выбросы добавляются к общим выбросам от продуктов. Одним из вариантов снижения выбросов является использование гранулированного шлака в качестве заменителя цементного клинкера;

- лом. Если лому присваиваются выбросы CO_2, то эта величина вычитается из приписываемых выбросов. В этом случае лом не влияет на регистрируемые выбросы, которые соответствуют общему объему выбросов предприятия, а суммарные приписываемые выбросы согласуются с требованиями соответствующих процессов.

Таблица 6 — Процедура корректировки выбросов CO_2

Поток	Чистое потребление	Регистрируемые выбросы CO_2	Приписываемые выбросы CO_2
Кокс произведенный	$NU_{HC} > 0$	$NU_{HC} \cdot (EF_{HC} + IEeq_{HC})$	0
Коксовая мелочь	$NU_{HC} < 0$	$NU_{HC} \cdot EF_{HC}$	$-NU_{HC} \cdot IEeq_{HC}$
Продукт *i*	$NU_{Pi} > 0$	$NU_{Pi} \cdot IEeq_{Pi}$	0
	$NU_{Pi} < 0$	0	$-NU_{Pi} \cdot IEeq_{Pi}$
Металлолом	$NU_{лом}$	$NU_{лом} \cdot EF_{лом}$	$-NU_{лом} \cdot IEeq_{лом}$
Шлак от производства чугуна	$NU_{шлак}$	0	$-NU_{шлак} \cdot IEeq_{шлак}$
Вторичные газы	$NU_{втор.газ,i}$	$NU_{втор.газ,i} \cdot EF_{NG}$	
Другие потоки		$NU_i \cdot (EF_i + IEeq_i)$	0

Общую CO_2-эффективность для группы процессов рассчитывают по формуле

$$\text{обобщенный показатель } CO_2\text{-эффективности} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\text{регистрируемые выбросы } CO_{2,i}\right)}{\sum_{i=1}^{m}\left(\text{приписываемые выбросы } CO_{2,i}\right)}. \quad (34)$$

Обобщение необходимо для оценки общей эффективности предприятия, но оно также может быть проведено по разным маршрутам производства. Например, первичное производство железа (от производства кокса до жидкого чугуна и производство железа прямого восстановления), производство стали (производство чугуна и сталеплавильные процессы) или горячая прокатка.

3) Обобщение на уровне компании или группы компаний.

На уровне компании или группы компаний выбросы ПГ, связанные с переработкой, и общие выбросы ПГ обобщаются аналогично обобщению выбросов на уровне производства. Для частичного или полного обобщения рассчитанные по чистому потреблению регистрируемые и приписываемые выбросы складываются в соответствии с таблицей 6 по конкретным видам продуктов. Выбросы, связанные с переработкой, и потенциал сокращения выбросов CO_2 суммируются напрямую, поскольку для этих параметров не требуется исключения.

Ключевые показатели эффективности на уровне группы или компании рассчитываются так же, как и на уровне предприятия.

9 Определение эталонного значения выбросов CO_2

Эталонные значения выбросов CO_2, используемые для оценки эффективности процессов, должны быть получены на основе анализа результатов работы существующих установок. Можно построить кривую распределения интенсивности CO_2 для выбранного продукта, которая обычно имеет

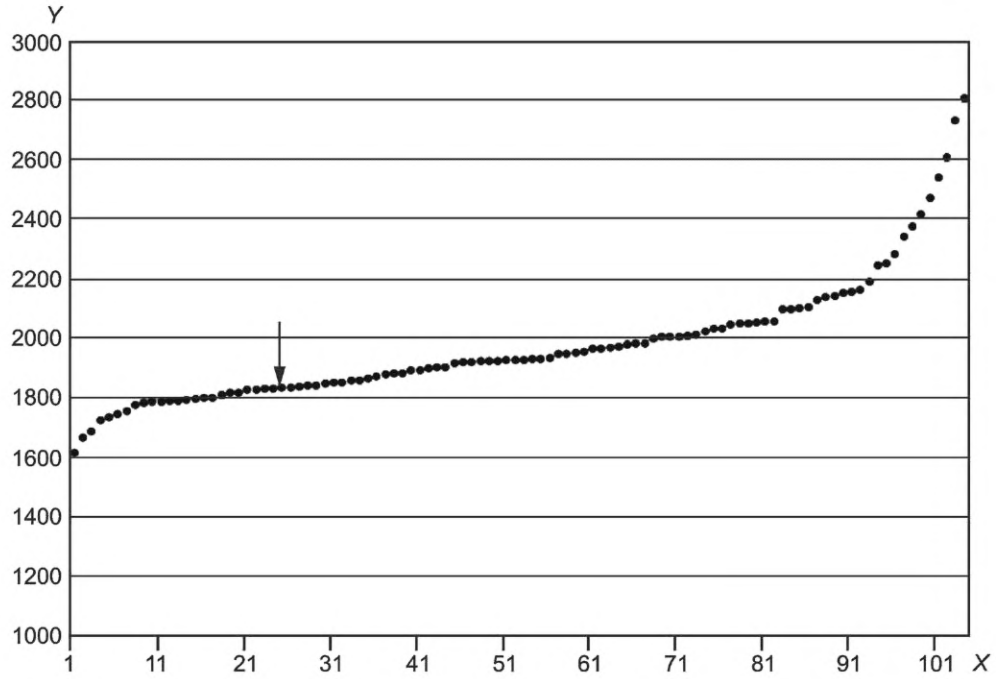
S-образную форму, как показано на рисунке 2 на примере производства доменного чугуна. Наилучшие показатели эффективности часто достигаются за счет конкретных местных условий или специальных режимов работы, которые доступны не всем предприятиям. Это касается, например, заводов, имеющих привилегированный доступ к высококачественному сырью в ограниченных количествах, или заводов с ограниченным ассортиментом производимой продукции (одно качество, один размер).

Обычно эталонное значение CO_2 для процесса устанавливается на уровне 25 % значений на кривой распределения интенсивности (отмечено стрелкой на рисунке 2), поскольку этот уровень эффективности в принципе должен быть достижим для любого предприятия при нормальных рабочих условиях. Этот уровень называется «достижимая эталонная эффективность». На национальном уровне могут быть приняты другие достижимые уровни или бенчмарки показателей эффективности, учитывающие отраслевую специфику, в этом случае следует ориентироваться на них.

На основе достижимой эталонной эффективности устанавливается КПЭ, чтобы иметь возможность сравнивать предприятия или отслеживать улучшение или ухудшение углеродной эффективности с течением времени. В последнем случае точное значение КПЭ менее важно, чем его изменение.

Значения достижимой эталонной эффективности следует фиксировать за достаточно длительный период времени, что позволяет предприятиям оценивать качество управления своим технологическим процессом, не подвергаясь влиянию внешних условий. По истечении нескольких лет значения достижимого уровня эффективности необходимо пересматривать, если предприятия показывают улучшение за счет более качественного управления процессами или появления новых технологий.

Определение значений достижимой эталонной эффективности — это пошаговый процесс, выполняемый по всей цепочке производства стали, поскольку значения достижимой эталонной эффективности для предшествующих продуктов используются в оценке эффективности последующих этапов производства.



X — ось показывающая количество предприятий, включенных в анализ; *Y* — ось показывающая интенсивность выбросов CO_2 при производстве чугуна (кг эквивалента CO_2/т жидкого чугуна); стрелка показывает достижимую эталонную эффективность

Рисунок 2 — Кривая распределения интенсивности выбросов CO_2 при производстве чугуна (кг CO_2/т-продукции)

10 Оценка качества данных. Предварительные проверки для выявления нереалистичных данных

10.1 Общие положения

Из-за сложности процесса производства стали методика оценки углеродной эффективности опирается на большой объем данных (до 300 видов параметров для самых сложных установок), имеющих разную степень неопределенности (см. [4], [5], [6]). В связи с этим необходимо провести некоторые предварительные проверки данных, чтобы выявить нереалистичные значения.

10.2 Характеристики материалов

На интегрированных металлургических предприятиях твердое топливо (уголь и кокс, используемые в качестве восстановителей) является причиной большей части прямых выбросов ПГ, за которыми следуют шлакообразователи (флюсы). На рисунке 3 показаны типичные источники прямых выбросов ПГ на интегрированном металлургическом предприятии. Твердое топливо обуславливает почти 95 % выбросов ПГ после вычета углерода, содержащегося в побочных продуктах производства кокса (смола, бензол). Выбросы ПГ от использования известняка в производстве агломерата составляют около 4,5 %. Природный газ и другие виды сырья и топлива оказывают незначительное влияние на выбросы (в приведенном примере).

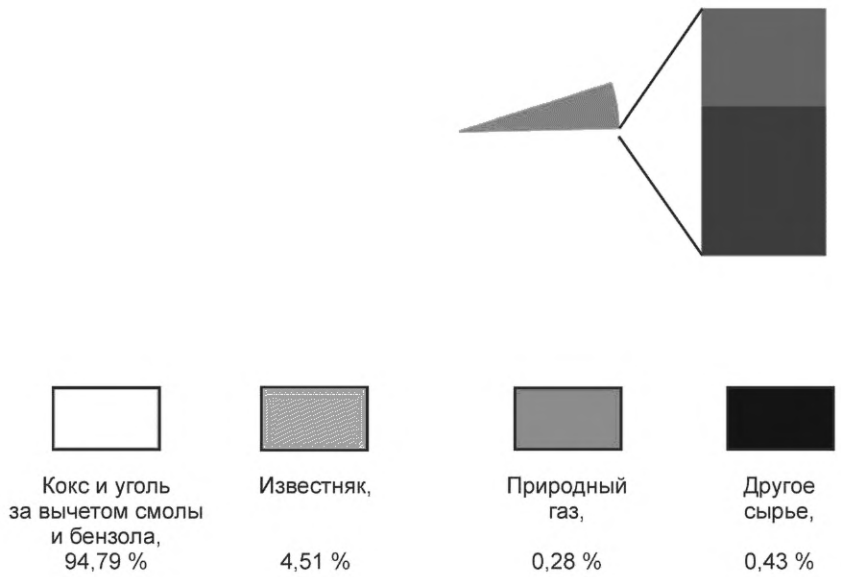


Рисунок 3 — Источники прямых выбросов на типичном интегрированном сталеплавильном предприятии

Для других предприятий вклад в выбросы ПГ природного газа или жидкого топлива может быть выше, но тем не менее значимость твердого топлива будет очень высока, что говорит о важности качества данных о характеристиках этих материалов.

Для угля и кокса важно обеспечить высокую точность при определении содержания углерода. Перекрестная проверка общего содержания углерода и анализ данных помогают выявить сомнительные значения. Используют две оценки:

а) формула (35) может быть использована для оценки общего содержания углерода в углях — это общая масса углерода за вычетом неуглеродных компонентов, таких как зола, и части летучих веществ. Для летучих веществ используется то же содержание углерода, что и для коксового газа (массовая доля 53 %). Для кокса, содержащего лишь небольшое количество летучих веществ, формулу можно упростить [см. формулу (36)]. Разница между измеренными и расчетными значениями содержания углерода более 1,5 % должна привести к дополнительной проверке данных.

Содержание общего углерода в углях рассчитывают по формуле

$$\text{общий C} = 1 - \text{зольность} - 0{,}47 \cdot VM. \quad (35)$$

Содержание общего углерода в коксе рассчитывают по формуле

$$\text{общий C} = 0{,}9775 - \text{зольность}; \quad (36)$$

б) расчет коэффициента выбросов, выраженного в т CO_2/ГДж, на основе общего количества углерода и теплотворной способности с использованием формулы (37) должен давать значения, близкие к 0,095 для углей и 0,105 для кокса. В этом случае отклонение более чем на 0,005 должно привести к дальнейшим проверкам.

Коэффициент выбросов, приведенный к энергетическому эквиваленту, рассчитывают по формуле

$$EF_{en} = f \cdot \frac{\text{общий C}}{\text{НТСТ}}, \quad (37)$$

где f — коэффициент пересчета содержания углерода в соответствующие выбросы CO_2, т. е. 3,664 т CO_2/т C;

общий C — общее содержание углерода в топливе, т C/т;

НТСТ — низшая теплота сгорания топлива, ГДж/т

При необходимости следует использовать коэффициенты окисления и преобразования в соответствии с ГОСТ Р ИСО 19694-1.

10.3 Согласованность материальных потоков. Проверка баланса по предприятию

По методике требуется, чтобы массовые потоки были представлены на разных уровнях, обычно это вход и выход с установки. Это позволяет выполнить первоначальную проверку согласованности данных о массовом расходе путем оценки разницы баланса для каждого материального потока в соответствии с формулой (38).

Разницу баланса для материального потока рассчитывают по формуле

$$\text{разница баланса} = \left(\text{закупка} + \text{извлечение запасов} + \sum_{1}^{m} \text{производство}_j \right) - \left(\text{поставка} + \text{запасы} + \sum_{1}^{m} \text{потребление}_j \right), \quad (38)$$

где j — различные процессы.

Любая выявленная существенная разница в балансе требует проверки отчетных данных [7] и подтверждения окончательного значения с учетом потерь и пробелов в инвентаризации. Получившаяся разница в балансе может указывать на неопределенность данных о массовом расходе (см. раздел 11).

11 Оценка неопределенности

11.1 Общие положения

Организации следует оценивать неопределенность оценки выбросов ПГ в соответствии с руководством по выражению неопределенности в измерениях (см. ГОСТ 34100.3) или другим соответствующим опубликованным документом. Для этого требуется провести отдельную оценку неопределенности данных о деятельности и коэффициентов выбросов.

11.2 Неопределенность данных о деятельности

Неопределенность данных, связанных с деятельностью предприятия, рассчитывается с использованием одного из следующих методов.

а) Повторное измерение с помощью конкретного измерительного устройства (коррелированные неопределенности): результирующая неопределенность в этом случае рассчитывается по формуле (39), в которой общая неопределенность оценивается путем суммирования неопределенностей, обусловленных неопределенностью измерительных приборов.

$$u_{\text{общее}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(u_i \cdot X_i)}}{\sum_{i=1}^{n} X_i}, \quad (39)$$

где $u_{\text{общее}}$ — суммарная относительная неопределенность, %;

u_i — относительная неопределенность каждого измерения (неопределенность измерительного прибора), %;

X_i — значения отдельных измерений, т.

б) В случае измерений, выполненных различными измерительными приборами, например, для бункерных весов, которые используются попеременно, суммарная неопределенность рассчитывается в соответствии с формулой (40). В этом случае, если массовые потоки, измеренные разными средствами измерения, одинаковы, относительная неопределенность общей величины $\sqrt{n}$ будет меньше, чем относительная неопределенность измерительного прибора.

$$u_{\text{общее}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(u_i \cdot X_i)2}}{\sum_{i=1}^{n} X_i}. \quad (40)$$

11.3 Неопределенность содержания углерода

Неопределенность содержания углерода в материалах зависит от количества выполненных анализов в отчетном периоде. Количественная оценка неопределенности может быть проведена в соответствии с руководством по выражению неопределенности в измерениях (см. ГОСТ 34100.3).

11.4 Оценка неопределенности выбросов CO_2 для отдельных источников

Отбор проб и взвешивание материалов обычно проводятся в их естественном (влажном) состоянии. Выбросы CO_2 для влажных материалов рассчитывают по формуле

$$\text{выбросы } CO_2 \text{ источника} = f \cdot (1 - \text{влажность}_{\text{материала}}) \cdot \text{общий } C_{\text{материала}} \cdot \text{масса}_{\text{влажного материала}}, \quad (41)$$

где выбросы CO_2 источника — выбросы от использования материала, т CO_2;

$\text{влажность}_{\text{материала}}$ — влажность материала, доля;

$\text{общий } C_{\text{материала}}$ — общий углерод в пробе в сухом состоянии, т С/т;

$\text{масса}_{\text{влажного материала}}$ — годовой расход материального потока во влажном состоянии, т;

f — коэффициент пересчета содержания углерода в соответствующие выбросы CO_2, т. е. 3,664 т CO_2/т С.

В этом случае неопределенность коэффициента преобразования влажности рассчитывается по формуле (39), в результате чего получают формулу (42).

$$u_{\text{сухой}} = \frac{u_{\text{влажный}} \cdot Rh}{100 - Rh}, \quad (42)$$

где $u_{\text{сухой}}$ — относительная неопределенность коэффициента пересчета на сухое состояние, %;

$u_{\text{влажный}}$ — относительная неопределенность измерения влажности, %;

Rh — относительная влажность, %.

Таким образом, 10 %-ная влажность, измеренная с неопределенностью 10 %, приводит к неопределенности 1,11 % расчетного количества на сухую основу.

Общую неопределенность оценки выбросов CO_2 для источника рассчитывают по формуле

$$u_{CO_2} = \sqrt{u^2_{\text{материала, влажный}} + u^2_{\text{сухой}} + u^2_{\text{общий C}} + u^2_{\text{отбор проб}}}, \quad (43)$$

где u_{CO_2} — относительная неопределенность расчетного количества CO_2, %;

$u_{\text{материала,влажный}}$ — относительная неопределенность измеренного расхода влажного материала, %;

$u_{сухой}$ — относительная неопределенность коэффициента пересчета на сухое состояние, %;

$u_{общий\ C}$ — относительная неопределенность содержания общего углерода, %;

$u_{отбор\ проб}$ — относительная неопределенность, связанная с отбором проб, %.

11.5 Неопределенность оценки общего количества прямых выбросов от установки

Оценка неопределенности годовых данных может быть затруднена по разным причинам:

- очень большое количество замеров, которые следует принимать во внимание: например, за год проводится более 50 000 загрузок шихты на коксохимическом заводе мощностью 1,5 млн т в год и аналогичное количество партий шихты для доменной печи мощностью 3,5 млн т в год;

- разнообразие средств измерений, используемых для определения расхода материалов, включая многократные измерения отдельными устройствами (коррелированные измерения) и измерения различными устройствами (некоррелированные измерения).

С помощью анализа годовых данных по различным материалам и с учетом общей неопределенности, которая могла бы объяснить разницу баланса, определенного по формуле (38), можно сделать обратную оценку неопределенности. Предполагая, что все данные (закупки, поставки, производство, потребление и изменения запасов) поступают из разных источников, их считают некоррелированными и оценку общей неопределенности получают, разделив абсолютное значение разницы баланса на сумму квадратов значений заявленных материальных потоков.

Неопределенность суммарных выбросов из нескольких источников рассчитывают по формуле (40), поскольку разные источники не коррелируют.

Приложение А
(справочное)

Определение границ технологического процесса

Примечание — Приведенный перечень процессов не является исчерпывающим.

А.1 Интегрированное сталеплавильное производство

А.1.1 Коксохимический завод. Кокс

Коксохимический завод начинается с зоны первичного хранения угольного сырья и заканчивается коксовой батареей. К коксохимическому заводу относятся следующие процессы и оборудование:

- подготовка угля: дробление, классификация, смешивание;
- коксовые батареи: загрузка, печи, выдача кокса, транспортировка кокса, система тушения (мокрая или сухая);
- очистка газа: удаление каменноугольной смолы, нафталина, бензола и серы. Дальнейшая переработка каменноугольной смолы исключается из границ;
- котлы: с оборудованием для производства пара для технологического потребления или утилизации тепла;
- системы снижения выбросов: пылеулавливание конвейерных систем, при выдаче кокса, обессеривание аммиачной воды;
- специальная водоподготовка: осветление, биологическая очистка, нитрификация и денитрификация;
- классификация кокса: разделение крупного кокса для доменных печей и кокса для производства агломерата.

А.1.2 Агломерационное производство. Агломерат железорудный

Агломерационное производство начинается на первичном складе сырья, заканчивается после просеивания готового агломерата и включает:

- подготовку постели: приготовление и укладка первого слоя шихты путем перемешивания и гомогенизации смеси руд, флюсов и возврата агломерата;
- приготовление шихты: дозирование компонентов шихты (железорудный концентрат, флюсы и твердое топливо), перемешивание и микрогранулирование;
- обжиг агломерата: производство агломерата путем сжигания твердого топлива в слое шихты на движущейся колосниковой решетке с просасыванием воздуха через шихту;
- охлаждение агломерата: специальные охладители, при наличии;
- подготовка агломерата: дробление и просеивание с получением нужной фракции для дальнейшего использования в доменных печах;
- оборудование для снижения выбросов загрязняющих веществ: очистка отходящих газов агломерационной установки, улавливание пыли на линиях подачи материалов и в здании;
- оборудование для рекуперации тепла: при наличии.

А.1.3 Производство окатышей. Окатыши железорудные

Производство окатышей начинается с первичного склада сырья, заканчивается после сортировки готовых окатышей и включает:

- измельчение: производство железорудного сырья для окатышей, если не используется уже готовый измельченный железорудный концентрат;
- окомкование: производство сырых окатышей;
- обжиг окатышей: укрепление окатышей путем высокотемпературной обработки в печи с подвижной колосниковой решеткой, печи с колосниковой решеткой или шахтной печи с охлаждением;
- подготовку окатышей: сортировку окатышей по фракциям;
- оборудование для снижения выбросов: улавливание пыли на линиях подачи материалов и при перегрузке окатышей;
- оборудование для рекуперации тепла: при наличии.

А.1.4 Доменное производство. Чугун доменный

Доменное производство начинается с приемки шихтовых материалов, заканчивается ковшом с жидким чугуном и сливом шлака и включает:

- подготовку шихты: сырьевые бункеры доменной печи, дозирование и классификацию материалов;
- доменную печь;
- воздухонагреватели: несколько воздухонагревателей и систему рекуперации тепла;
- выработку дутья: электрические, газовые или паровые машины для выработки дутья. Потребление энергии воздуходувками (электрической, газовой или паровой) относится к доменной печи;
- подготовку материалов, вдуваемых в доменную печь: транспортирование газа, нефтепродуктов и их дозирование, подготовку и подачу угля для вдувания;
- котлы: для увлажнения дутья, если применимо;
- отвод и очистку доменного газа: отделение пыли и фильтрацию или промывку;

- систему обращения со шлаком: шлаковые поля для воздушного охлаждения или грануляцию шлака;
- оборудование для утилизации энергии: утилизацию тепла, газовые утилизационные бескомпрессорные турбины;
- оборудование для снижения выбросов: улавливание пыли на конвейерах, погрузочно-разгрузочных узлах и литейном дворе;
- специальную водоподготовку: очистные сооружения.

А.1.5 Кислородно-конвертерный цех. Кислородно-конвертерная сталь

Кислородно-конвертерный цех начинается с приема жидкого чугуна, заканчивается получением стальной заготовки и включает:

- предварительную обработку жидкого чугуна: десульфурацию, обескремнивание, дефосфорацию;
- транспортирование жидкого чугуна: миксерное отделение и отделение перелива жидкого чугуна;
- приемку твердого чугуна;
- кислородный конвертер: конвертер с системой улавливания и очистки отходящего газа;
- вторичную металлургию: все виды внепечной обработки стали, включая вакууматоры и печи-ковши;
- цех подготовки сталеразливочных и промежуточных ковшей: замену огнеупорной кладки, сушку, подогрев;
- разливочный участок: разливку в слитки и/или непрерывное литье;
- хранение металлолома: разделку и подготовку корзин для металлолома;
- переработку шлаков: обработку и удаление шлака;
- оборудование для снижения выбросов: улавливание пыли на линиях подачи материалов, погрузочно-разгрузочных узлах и в зданиях;
- специальную водоподготовку: очистные сооружения.

А.2 Производство стали в дуговой сталеплавильной печи. Электросталеплавильный завод. Электросталь

Электросталеплавильный завод начинается с приемки жидкого чугуна (если применимо) и лома, заканчивается получением стальной заготовки и включает:

- предварительную обработку жидкого чугуна: десульфурацию, обескремнивание, дефосфорацию;
- транспортирование жидкого чугуна: миксерное отделение и отделение перелива жидкого чугуна;
- дуговую сталеплавильную печь: печь, электроснабжение, систему улавливания и очистки отходящего газа;
- вторичную металлургию: все виды внепечной обработки стали, включая вакууматоры и печи-ковши;
- цех подготовки сталеразливочных и промежуточных ковшей: замену огнеупорной кладки, сушку, подогрев;
- разливочный участок: разливку в слитки или непрерывное литье;
- хранение металлолома: разделку и подготовку корзин для металлолома;
- переработку шлаков: обработку и удаление шлака;
- оборудование для снижения выбросов: улавливание пыли на линиях подачи материалов, погрузочно-разгрузочных узлах и в зданиях;
- системы охлаждения;
- специальную водоподготовку: очистные сооружения.

А.3 Другие первичные процессы

А.3.1 Прямое восстановление на газовой основе. Железо прямого восстановления

Завод прямого восстановления начинается со склада сырья, заканчивается производством железа прямого восстановления или горячебрикетированного железа и включает:

- подготовку шихты: транспортирование со склада, классификацию;
- подготовку восстановительного газа: реформинг, рециркуляцию газа и предварительный нагрев газа;
- восстановительную печь: шахтную печь или реакторы с псевдоожиженным слоем;
- обработку отходящего газа: охлаждение, очистку, компримирование и отделение CO_2;
- подготовку продукции: охлаждение железа прямого восстановления или горячее брикетирование, сортировку и транспортирование;
- оборудование для снижения выбросов: улавливание пыли на линиях подачи материалов, погрузочно-разгрузочных узлах;
- специальную водоподготовку: очистные сооружения.

А.3.2 Прямое восстановление на основе угля. Железо прямого восстановления

Завод прямого восстановления начинается со склада сырья, заканчивается производством железа прямого восстановления или горячебрикетированного железа и включает:

- подготовку шихты: транспортирование со склада, классификацию;
- восстановительную печь: восстановительный реактор и охладитель;
- оборудование для рекуперации энергии: котельную и электростанцию, если применимо;
- подготовку продукции: сортировку и транспортирование;
- оборудование для снижения выбросов: улавливание пыли на линиях подачи материалов, погрузочно-разгрузочных узлах;
- специальную водоподготовку: очистные сооружения.

А.3.3 Плавильный восстановительный завод. Чугун

Плавильный восстановительный завод начинается с приема шихтовых материалов, заканчивается производством жидкого чугуна и утилизацией шлака и включает:

- подготовку шихты: бункеры, дозирование и классификацию;
- плавильный реактор;
- подготовку угля: сушку, дробление и классификацию;
- отвод и очистку печных газов: первичное отделение пыли с последующей сухой или влажной очисткой;
- систему обращения со шлаком: шлаковые поля для воздушного охлаждения или грануляцию шлака;
- энергоутилизаторы: утилизацию тепла и электроэнергии (утилизационную турбину);
- системы снижения выбросов: пылеуловители на конвейерно-транспортных системах и литейных установках;
- специальную водоподготовку: очистные сооружения.

А.4 Прокатные станы

А.4.1 Стан черновой прокатки

Первичная прокатка стальной заготовки (слябов, блюмов) происходит на черновых станах и включает:

- подготовку заготовки;
- нагревательные печи;
- прокатные клети;
- прокатный цех;
- специальную водоподготовку;
- обращение с отходами.

А.4.2 Стан горячей прокатки

Для горячей прокатки различной металлопродукции требования схожие:

- подготовка полуфабрикатов — в основном относится к плоскому прокату, включает огневую очистку и продольную резку;
- нагревательная печь — с системой рекуперации тепла, если применимо;
- прокатный стан, включая все вспомогательное оборудование и систему охлаждения для получения продукта;
- прокатный цех;
- специальная водоподготовка;
- обращение с отходами;
- для толстолистового и трубного производства дальнейшая термическая обработка продукта исключается из границ оценки.

А.5 Дальнейшая обработка проката

А.5.1 Травление

Травление удаляет оксидный слой, образовавшийся на поверхности горячекатаного проката. В состав цеха травления входят:

- линия травления: устройство для разматывания, сварочный аппарат, удаление окалины, ванна травления и промывки, устройство для сматывания;
- котлы: для производства пара или горячей воды для нагрева ванн;
- установка регенерации кислоты: обработка отходов кислотной ванны с получением соляной кислоты и оксидов железа;
- специальная обработка воды.

А.5.2 Стан холодной прокатки

Холодная прокатка позволяет производить тонкие стальные листы с использованием реверсивных или непрерывных прокатных станков. В состав производства холодного проката входят:

- прокатный стан: устройство для разматывания, сварочный аппарат, прокатная клеть, устройств для сматывания;
- прокатный цех;
- специальная обработка воды.

А.5.3 Отжиг

Отжиг изменяет структуру холоднокатаного стального листа. Возможны два метода: периодический отжиг, при котором рулон помещается в специальную печь, и непрерывный отжиг, включающий:

- линию отжига: устройства для разматывания, сварочный аппарат, систему обезжиривания, печь отжига и устройство сматывания;
- специальную обработку воды.

А.5.4 Оборудование для горячего нанесения покрытий

При горячем покрытии поверхность стальных листов покрывают защитным слоем путем пропускания листов через ванну с расплавленным металлом (алюминий, свинец, цинк). В состав установки горячей металлизации входят:

- линия горячего покрытия: устройство для разматывания, сварочный аппарат, система обезжиривания, печь отжига, металлическая ванна, линия окончательной обработки поверхности и устройство сматывания;
- специальная обработка воды.

А.5.5 Оборудование для электролитического нанесения покрытий

При электролитическом покрытии на поверхность стального листа наносится защитный слой путем пропускания листа через электролитическую ванну, содержащую металл (медь, хром, олово, цинк). Оборудование для электролитического покрытия включает в себя:

- линию электролитического покрытия: устройство для разматывания, сварочный аппарат, систему обезжиривания, электролитическую ванну, финишную обработку поверхности и устройство сматывания;
- подготовку электролита;
- специальную обработку воды.

А.5.6 Установки для нанесения полимерных покрытий

При нанесении полимерных покрытий поверхность стального листа покрывают защитным слоем краски или лака. В систему нанесения органического покрытия входят:

- линия покраски: устройство для разматывания, сварочный аппарат, система обезжиривания, покрасочная часть, сушильная печь и устройство сматывания;
- сжигание вредных газообразных компонентов;
- специальная обработка воды.

А.6 Другие процессы

А.6.1 Кузнечное производство

Для производства поковок различного назначения в автомобильной промышленности, машиностроении необходима обработка стали. Кузнечное оборудование включает:

- нагревательную печь для нагрева стальной заготовки;
- кузнечный пресс;
- оборудование для снижения выбросов: улавливание пыли на линиях подачи материалов, погрузочно-разгрузочных узлах и литейном участке;
- специальную обработку воды.

А.6.2 Цех термической обработки

Окончательный процесс изготовления отдельных продуктов, таких как тяжелые плиты, профили, трубы или поковки, обычно включает только печь для термообработки.

А.6.3 Обращение с пылью

Существуют методы обработки пыли и шлама для повторного использования в металлургическом производстве, например производстве чугуна. Подобная технология включает:

- подготовку пыли и шлама: смешивание, сушку, добавку угля или кокса, добавку флюсов;
- оборудование очистки отходящих газов;
- обращение с продуктом: просеивание или литье;
- оборудование для снижения выбросов загрязняющих веществ: улавливание пыли на линиях подачи материалов, погрузочно-разгрузочных узлах и литейном производстве;
- специальную обработку воды.

А.6.4 Производство извести

Известь и обожженный доломит (доломитовая известь) получают из известняка и доломита путем обжига. В состав установки по производству извести входят:

- подготовка сырья: дробление и сортировка;
- печь: шахтная или вращающаяся;
- обработка продукта: классификация;
- оборудование для снижения выбросов загрязняющих веществ: улавливание пыли на линиях подачи материалов, погрузочно-разгрузочных узлах и зданиях.

А.6.5 Котлы и электростанция

Различают котлы-утилизаторы и паровые котлы для производства электроэнергии из-за возможности экспорта пара в процессы или использования рекуперированного пара.

А.6.6 Воздухоразделительные установки

Воздухоразделительные установки поставляют технические газы: кислород, азот и аргон, которые используются в различных процессах производства стали. Производство технических газов часто передается на аутсорсинг.

А.6.7 Факельные установки

Факельные установки используют для контроля и поддержания давления в газовой сети и сброса избыточного газа на свечу, например, при остановке оборудования.

Приложение Б
(справочное)

Основные и побочные продукты черной металлургии

Б.1 Основные принципы

Б.1.1 Общие положения

Черная металлургия производит большое количество побочных продуктов, но лишь ограниченное их количество оказывает существенное влияние на выбросы ПГ.

Б.1.2 Процессы верхних переделов

Продукты верхних переделов включают все продукты от сырья до горячекатаного проката, который является первой стадией продукции, отправляемой клиентам. Продукты, которые могут быть произведены в процессах производства чугуна и стали, и их соответствующие побочные продукты приведены ниже.

Б.1.3 Кокс

Кокс образуется в результате коксования угля в герметичных печах. Кокс представляет собой смесь углерода (от 80 % до 90 %), золы и небольшого количества серы и остаточных летучих веществ. Базовая единица измерения — тонна сухого кокса, т. е. весь кокс, полученный из системы тушения кокса. Кокс может иметь следующие побочные продукты:

- коксовый газ — смесь H_2 (около 60 %), CH_4 (около 25 %), CO (около 6 %) и небольшого количества других углеводородов, N_2 и CO_2, образующуюся в результате выделения летучих компонентов из коксующегося угля;
- коксовую пыль — коксовую пыль, извлеченную из системы тушения кокса;
- каменноугольную смолу — смесь углеводородов, полученную при первичной очистке коксового газа;
- бензол — смесь углеводородов, в основном бензола, образующуюся в результате доочистки коксового газа;
- нафталиновое масло — масло, содержащее нафталин, полученное в результате очистки коксового газа.

Б.1.4 Агломерат

Агломерат является продуктом пирометаллургической обработки мелких железных руд с добавлением карбонатных флюсов, твердого топлива и вторсырья. Из железной руды размером менее 6—8 мм спекание дает кусковой агломерат, обычно не менее 40 мм. Агломерационная установка не производит побочных продуктов, но необходимо различать:

- валовой агломерат, иногда также называемый товарным агломератом, продукт, поставляемый с агломерационной установки либо на процесс потребления, либо на склады;
- бункерный агломерат — та часть агломерата, которая фактически использовалась для производства чугуна после окончательного просеивания и перед загрузкой в доменную печь. Отсев агломерата (от 0 % до 20 %) возвращается на агломерационную установку.

Б.1.5 Окатыши

Окатыши получаются в результате превращения высококачественной железной руды в сферические агломераты диаметром от 10 мм до 16 мм. В производстве окатышей используется очень мелкая руда (до 100 мкм), которую смешивают со связующими и флюсами перед формированием сфер и обжиганием.

Б.1.6 ЖПВ

ЖПВ является результатом обработки железных руд или гранул восстановителями. Если не используется горячее брикетирование, продукт сохраняет форму сырья и содержит до 88 % металлического железа, 5 % остаточного оксида железа, от 0,2 % до 2,5 % углерода и исходную пустую породу железной руды. В зависимости от технологии различают:

- прямое восстановление на основе газа. Восстановление происходит в шахтных печах или реакторах с псевдоожиженным слоем с помощью восстановительного газа, полученного путем реформинга природного газа, частичного окисления или извлечения восстановительного газа из других процессов;
- прямое восстановление на основе угля. Восстановление осуществляется путем газификации угля во вращающейся печи с выработкой энергии за счет сжигания газа, образующегося из твердого сырья.

На некоторых заводах железо прямого восстановления извлекается из восстановительной печи в горячем виде и брикетируется для обеспечения большей безопасности при транспортировке. Это так называемое горячебрикетированное железо.

Б.1.7 Жидкий чугун

Жидкий чугун представляет собой жидкий сплав, основными компонентами которого являются железо, углерод, кремний, марганец и фосфор. Чугун может быть получен либо в доменном процессе с использованием подготовленной руды (агломерата, окатышей и кусковой железной руды), кокса и вдуваемых в печь материалов (уголь, нефть, природный газ и т. д.), либо в процессе восстановительной плавки, основанной на использовании природных руд (в виде концентрата или кусковой руды) и угля. Чугун также может производиться в твердой форме — в слитках. Важными побочными продуктами производства жидкого чугуна являются:

- доменный газ — газ, получаемый из кокса доменной печи. Он содержит значительное количество CO и H_2 и может использоваться в качестве топлива в различных технологических процессах или для производства электроэнергии;

- шлак — в нем накапливаются побочные продукты шихты, зола кокса и добавочных материалов при производстве жидкого чугуна; шлак может быть использован в производстве цемента в качестве заменителя клинкера;

- колошниковая пыль — смесь минеральной шихты и коксовой/угольной пыли, которая улавливается на первой ступени очистки доменного газа; колошниковая пыль обычно перерабатывается в процессе производства агломерата;

- шлам газоочистки — мелкие пылевые фракции, уносимые отходящим газом; шлам образуется на втором этапе газоочистки. Только часть этого шлама может быть переработана в производстве агломерата, так как некоторые элементы шлама, такие как цинк или щелочи, вредны для процесса.

Б.1.8 Необработанная сталь

Необработанная сталь является продуктом процесса выплавки стали, пригодным для продажи или дальнейшей обработки, определяется как твердая сталь на первом этапе процесса затвердевания. Необработанная сталь может быть в виде слитков или непрерывнолитых заготовок (слябов, тонких слябов, блюмов или заготовок). Необработанная сталь представляет собой товарный продукт сталеплавильного производства в отличие от промежуточных продуктов:

- необработанной жидкой стали — продукта выплавки стали в сталеплавильных печах: жидкая конвертерная сталь или электросталь;

- рафинированной жидкой стали — продукта вторичной металлургии (вакуумная обработка, легирование и термообработка), поступающего на разливочную машину.

Побочными продуктами сталеплавильного производства, влияющими на выбросы ПГ, являются:

- конвертерный газ и отходящие газы электропечи;

- лом, который либо производится, либо потребляется в процессе;

- сталеплавильный шлак.

Б.1.9 Полуфабрикаты черновой прокатки

Применяют полуфабрикаты, произведенные на черновых станах, для дальнейшей обработки на станах горячей прокатки. Это могут быть слябы, блюмы или заготовки.

Б.1.10 Горячекатаный прокат

Большое количество горячекатаного проката поставляется прокатными предприятиями. Их продукция включает в себя:

- рулоны горячекатаные — плоский прокат, произведенный на горячекатаном стане или в литейно-прокатном цехе;

- толстый лист — толстый плоский прокат листопрокатного стана, полученный из слябов или блюмов. Единицей измерения является тонна товарного листового металла после раскроя до требуемого заказчиком размера;

- сортовой прокат — заготовки различной формы, прутки, арматуры, легкие профили (L, U, I, T-формы);

- профили — средние или тяжелые балки, в том числе рельсы, из горячей прокатки заготовок или слитков;

- катанку — сортовой прокат диаметром менее 6 мм, поставляемый в виде мотков, получаемый путем прокатки заготовок;

- бесшовные трубы — трубные изделия, полученные прошивкой и горячей прокаткой круглых слитков или заготовок.

Б.2 Дальнейшие переделы

Продукция дальнейших переделов является результатом последующей обработки горячекатаного проката. Настоящий стандарт рассматривает только те продукты, которые были получены в результате рассмотренных металлургических процессов. К таким продуктам относятся:

- протравленные рулоны — результат удаления поверхностных оксидов обработкой в ванне с горячей кислотой;

- холоднокатаные рулоны — тонкие листовые рулоны, полученные путем прокатки протравленных рулонов на реверсивных или непрерывных прокатных станах;

- рулоны закаленные и отпущенные — термически обработанные рулоны периодического или непрерывного отжига;

- горячеоцинкованные рулоны — оцинкованные рулоны, полученные в результате прохождения ванны с расплавленным цинком;

- оцинкованные рулоны — оцинкованные рулоны, полученные гальванопокрытием в электролитической ванне с цинком;

- луженые рулоны — упаковочная сталь, полученная гальванопокрытием в электролитической ванне, содержащей олово;

- белая жесть — тарная сталь, полученная гальванопокрытием в электролитической ванне с хромированием;

- рулоны с другим металлическим покрытием — рулоны с покрытием из других металлов, таких как алюминий или медь, предназначенные для специального применения;

- рулоны с органическим покрытием — рулоны, покрытые краской.

Б.3 Другие продукты

Другие продукты включают в себя:

- поковки;

- термообработанные изделия;
- известь и доломитовую известь;
- железо прямого восстановления.

Б.4 Топливо, энергоресурсы и другие материалы

Б.4.1 Общие положения

В черной металлургии используется большое количество видов топлива, энергоресурсов и других материалов. Определенное количество этих потоков может оказывать влияние на прямые выбросы ПГ из-за содержания в них углерода и/или косвенные выбросы.

Б.4.2 Твердое и жидкое топливо и восстановители

Твердое и жидкое топливо и восстановители в основном включают:

- покупной кокс — кокс, покупаемый у сторонних коксовых печей для использования в качестве дополнения к собственному коксу. Покупной кокс имеет характеристики, аналогичные коксу собственного производства;
- покупной коксовый орех — кокс мелкой фракции (до 30 мм) для использования в доменных печах;
- коксующийся уголь — уголь, используемый в производстве кокса, обычно имеет низкую зольность и содержание летучих веществ в пределах от 21 % до 30 %;
- антрацит — низколетучий уголь, который в основном используется в агломерационном производстве. Некоторое количество также может использоваться в кислородном конвертере и ДСП;
- уголь для прямого восстановления — уголь, используемый в процессах прямого восстановления, во вращающихся печах или печах с вращающимся подом. Обычно предпочтительны низколетучие угли;
- уголь для вдувания в доменные печи — уголь, используемый в качестве альтернативного восстановителя в доменных печах. Этот процесс также известен как вдувание пылевидного угля. Предпочтительна низкая зольность углей, однако диапазон содержания летучих может быть широким (от 10 % до 40 %);
- уголь для восстановительной плавки — уголь, используемый в качестве основного источника энергии в процессах восстановительной плавки. Этот тип угля очень похож на уголь для вдувания в доменные печи;
- уголь для ДСП — уголь, используемый в качестве энергоносителя или шлакообразователя в ДСП;
- энергетический уголь — уголь с высокой зольностью для использования в котельных и электростанциях;
- нефтяной кокс — отход нефтяной промышленности, который можно использовать для агломерации или в ДСП;
- мазут — тяжелые нефтепродукты с низким содержанием серы для вдувания в доменные печи или для сжигания в печах и котлах;
- легкие нефтепродукты/промывочное масло — в основном используются для приготовления угольной смеси и удаления нафталина в коксохимическом заводе и в котлах для отопления зданий;
- дизельное топливо — используется в транспортных средствах всех типов для транспортных целей;
- сжиженный газ — используется в качестве альтернативы легким нефтепродуктам;
- древесный уголь — в основном используется для производства чугуна в небольших доменных печах. Его также можно использовать в качестве твердого топлива при агломерации. Древесный уголь, произведенный из биомассы, требует применения специальных правил учета при оценке выбросов CO_2;
- отходы пластика — на некоторых коксохимических заводах и в доменных печах используются отходы пластика;
- отработанные шины — утилизированные шины используются в некоторых ДСП, они могут заменить другие углеродосодержащие виды топлива, такие как антрацит или уголь.

Б.4.3 Газообразное топливо и газообразные восстановители

В дополнение к вторичным газам, образующимся в металлургическом производстве, которые перечислены как побочные продукты от соответствующих процессов, в черной металлургии используется природный газ, в основном для сжигания, а также в качестве восстановителя в печах прямого восстановления или для вдувания в доменные печи. В определенных местах могут использоваться другие доступные газообразные виды топлива, например шахтный газ.

Б.4.4 Энергоресурсы

На предприятиях черной металлургии используются следующие энергоресурсы:

а) электроэнергия — может производиться на месте электростанцией или системами рекуперации энергии, такими как утилизационные турбины в доменных печах или турбогенераторы, работающие на пару от установок сухого тушения кокса;

б) тепловая энергия. К тепловой энергии относятся:

1) пар высокого давления. Пар высокого давления, производимый котлами или системами рекуперации энергии, используется в паровых турбинах для привода генератора или выработки дутья для доменных печей,
2) пар низкого давления. Пар низкого давления используется для технологических целей и может вырабатываться специальными котлами или установками-утилизаторами и распределяться по заводской сети,
3) горячая вода. Горячая вода в основном используется в прокатном производстве для нагревания ванн травления и обезжиривания,

в) кислород высокого давления/высокой чистоты. Кислород высокого давления/высокой чистоты в основном используется для рафинирования стали в кислородных конвертерах, где высокое давление кислорода высокой чистоты (+99,9 %) требуется для создания сильного импульса струи кислорода в фурме.

г) кислород низкого давления/низкой чистоты. Кислород низкого давления/низкой чистоты может использоваться для обогащения доменного дутья или для дутья в плавильно-восстановительных печах;

д) азот. Азот можно использовать в различных процессах, таких как транспортирование пылевидного угля, или для защиты поверхности расплава от окисления;

е) аргон. Аргон в основном используется в сталеплавильном производства для перемешивания стали в печи и для защиты стали при непрерывной разливке;

ж) сжатый воздух. Сжатый воздух может вырабатываться в границах технологического процесса или подаваться в сеть с помощью централизованной системы подачи сжатого воздуха;

и) водород. Водород используется для создания восстановительной атмосферы инертного газа в установках для закалки металла.

Б.4.5 Прочие материалы

Прочие материалы, используемые в черной металлургии, включают:

а) электроды. Электроды из практически чистого углерода используются в ДСП, ковшовых печах и в некоторых специальных плавильных печах (самоспекающиеся электроды);

б) ферросплавы. Ферросплавы используются в очень небольших количествах при производстве большинства углеродистых сталей, причем феррохром и ферромарганец являются наиболее важными ферросплавами с точки зрения содержания углерода. Ферросплавы используются в больших количествах для производства специальной и нержавеющей стали;

в) лом. Стальной лом является важным компонентом шихты ДСП. Хотя классификация лома включает большое количество категорий, выделяют четыре основные:

1) собственный лом, образующийся на месте на различных этапах производства и обработки стали. Сюда входит так называемый внутренний лом, который производится самим металлургическим заводом,
2) сторонний новый лом (до потребления), образующийся в результате потерь при производстве изделий на стороннем предприятии. Как и в случае с собственным ломом, это высококачественный лом,
3) сторонний старый лом (после потребления), полученный в результате переработки товаров в конце срока их полезного использования. Он может быть разным по качеству, при этом может быть загрязнен сопутствующими элементами и инертными веществами,
4) чугунный лом, содержащий в основном чугун, а не сталь;

г) шлакообразователи. Эти материалы оказывают существенное влияние на выбросы ПГ из-за содержания в них CO_2 или косвенных выбросов, связанных с их производством. Они используются для регулирования основности шлака и включают:

1) известняк — это карбонат кальция, в основном используемый в производстве чугуна и агломерата. Небольшие количества также могут использоваться при выплавке стали. Другим важным применением является производство извести на участках с печами для обжига извести,
2) негашеную известь (часто называемую просто известью). Негашеная известь получается в результате обжига известняка и используется в основном при выплавке стали в кислородных конвертерах и ДСП,
3) доломит. Двойной карбонат кальция и магния используется в сталеплавильных и известковых печах,
4) обожженный доломит, также известный как доломитовая известь, в основном используется в производстве стали,
5) огнеупорные материалы,
6) железные руды. Выделяются три категории железных руд:
   - мелкая руда — природная руда с размером зерен от 6 до 8 мм, эта руда часто используется в качестве сырья для агломерации, но также может использоваться для производства окатышей (после измельчения) или для восстановления в кипящем слое;
   - железорудный концентрат — является результатом обогащения железной руды, измельченной до размера менее 100 мкм и готовой для производства окатышей;
   - кусковая руда. Эта руда, которая обычно измельчается до размера 35—40 мм и просеивается для отделения мелких частиц, может использоваться в производстве чугуна, а также в качестве охладителя в конвертерах.

В железной руде можно провести различие между гематитовыми и магнетитовыми рудами, влияющее на энергетические затраты при подготовке шихты. Некоторые железные руды содержат значительное количество карбонатов.

Библиография

[1] ЕН 19694-2:2016 «Выбросы стационарных источников. Определение выбросов парниковых газов в энергоемких отраслях промышленности. Часть 2. Черная металлургия»

[2] 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»

[3] Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, том 3. Промышленные процессы и использование продуктов. Глава 4. Выбросы в металлургической промышленности, 2006 г.

[4] 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»

[5] 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»

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

[7] 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»

УДК 504.3:006.354 ОКС 13.040.40

Ключевые слова: черная металлургия, парниковые газы, коэффициенты выбросов, отчетность

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 17.11.2023. Подписано в печать 20.12.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,35.

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