

Категория		Название
<b>НО:</b>	5.C.1.a	Сжигание бытовых отходов
<b>ИНЗВ:</b>	090201	Сжигание бытовых или коммунальных отходов (без утилизации тепла)
<b>МСОК:</b>		
<b>Версия</b>	Руководство 2019	

**Основные авторы**

Карло Троцци

**Соавторы (включая лиц, внесших свой вклад в разработку предыдущих версий данной главы)**

Питер Колман, Отто Рентц, Дагмар Ортель, Гайдн Джонс, Майк Уэнборн и Майк Вудфилд

# Оглавление

<b>1</b>	<b>Общие сведения .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Описание источников.....</b>	<b>3</b>
2.1	Описание процесса .....	3
2.2	Методики .....	4
2.3	Выбросы.....	6
2.4	Средства регулирования .....	6
<b>3</b>	<b>Методы.....</b>	<b>7</b>
3.1	Выбор метода.....	7
3.2	Подход Уровня 1 по умолчанию.....	8
3.3	Подход Уровня 2, базирующийся на технологиях.....	9
3.4	Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных.....	12
<b>4</b>	<b>Качество данных .....</b>	<b>12</b>
4.1	Полнота .....	12
4.2	Предотвращение двойного учета с другими секторами.....	12
4.3	Проверка достоверности.....	12
4.4	Разработка согласуемых временных рядов и пересчет.....	13
4.5	Оценка неопределенности .....	13
4.6	Обеспечение/контроль качества инвентаризации ОК/КК .....	13
4.7	Координатная привязка .....	13
4.8	Отчетность и документация .....	14
<b>5</b>	<b>Глоссарий .....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Список использованной литературы.....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>Наведение справок .....</b>	<b>16</b>

# 1 Общие сведения

Данный раздел рассматривает уменьшение объема бытовых и промышленных отходов (часто именуемых «твердыми бытовыми отходами» (ТБО)) путем их сжигания. Главным образом, данный раздел рассматривает выбросы из вытяжных и дымовых труб и газоходов при наличии данных измерений.

Необходимо гарантировать отсутствие двойного учета выбросов, приведенных в данной главе и в разделе по сжиганию соответствующей категории источника 1.А. Вся осуществляемая деятельность и коэффициенты выбросов, касающиеся сжигания отходов, описываются в разделе 6.С. Сжигание отходов. Если процесс сжигания сопровождается возвратом тепла, необходимо описывать выбросы в соответствующем разделе 1.А. Сжигание. Если регенерация тепла не осуществляется, необходимо описывать выбросы в разделе 6.С. Сжигание отходов.

Маловероятно, что выбросы соединений, таких как летучие органические соединения (ЛОС), сернистый газ, хлорид водорода и твердые частицы (ТЦ), в процессе сжигания бытового мусора, способны значительно повлиять на общий объем выбросов. Однако установки для сжигания мусора являются основным источником выбросов полихлорированных ксантен-диоксинов и полихлоридных dibензофуранов ПХДД/Ф, других стойких органических загрязнителей (СОЗ) и некоторых тяжелых металлов, например, кадмия и ртути (Leech, 1993). Сегодня во многих странах при эксплуатации установок по сжиганию ТБО широко применяются методики устранения загрязнения окружающей среды, удовлетворяющие показателям предельно допустимых выбросов; в таких случаях доля мусоросжигательных установок в общих объемах выбросов ПХДД/Ф и тяжелых металлов значительно уменьшилась.

## 2 Описание источников

### 2.1 Описание процесса

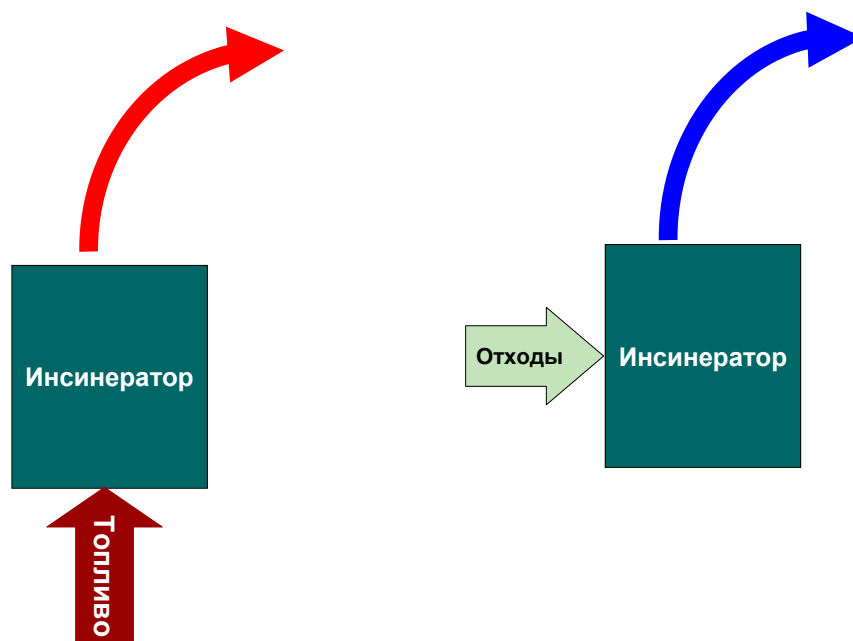
Твердые бытовые отходы представляют собой ненужные материалы и вещества, собранные из домашних хозяйств и коммерческих организаций. Они состоят из смеси горючих и негорючих материалов, таких как бумага, пластмасса, пищевые отходы, стекло, не используемые более бытовые приборы и другие материалы, не представляющие опасности. Количество отходов на человека зависит от эффективности работы местной программы утилизации отходов и уровня финансового благополучия территории, на который собираются отходы.

Твердые бытовые отходы подвергаются утилизации посредством сжигания для того, чтобы:

- Уменьшить их объем;
- Не занимать новые территории под мусорные свалки и сократить расходы на содержание имеющихся свалок;
- Утилизировать тепловую энергию, возникающую в процессе сжигания отходов, или для централизованного теплоснабжения района/технологического теплоснабжения и/или для производства электричества.

Рисунок 2-1 представляет собой схему технологического процесса сжигания бытовых отходов. Из мусоросжигательной установки вверх поднимаются только выбросы, образующиеся при горении. Необходимо описывать выбросы следующим образом:

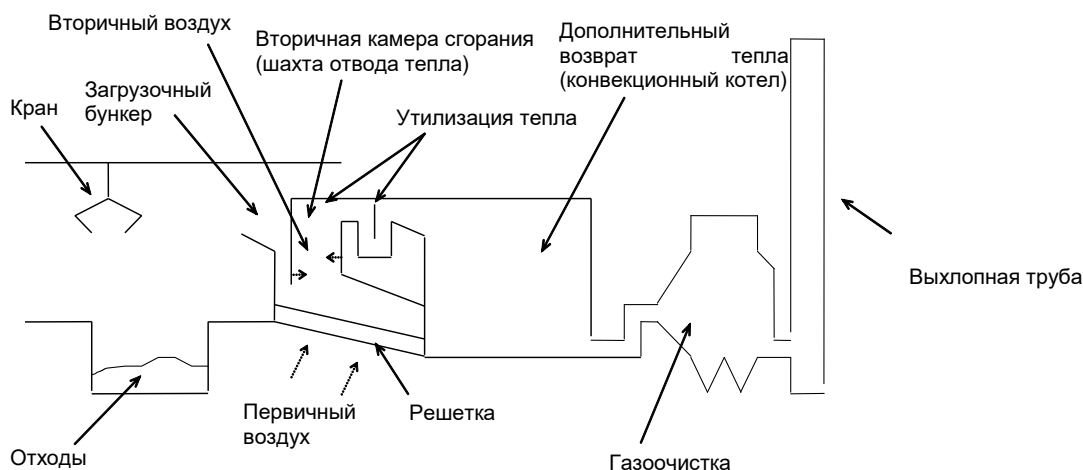
- в соответствующей категории источника сжигания при утилизации тепла (в случаях, когда сжигаемые отходы используются как источник топлива для другого процесса сжигания);
- в категории источника, если не осуществляется утилизация тепла.



**Рисунок 2-1** Схема технологического процесса для категории источника 5.С.1.а Сжигание бытовых отходов, с утилизацией тепла (слева) и без утилизации тепла (справа)

## 2.2 Методики

В Европе находят применение множество различных моделей печей, а также методов сжигания в них. Однако основное влияние на общий объем прогнозируемых выбросов в процессе эксплуатации данных установок оказывают следующие факторы: производительность инсинератора, его тип (тип сжигания всей массы отходов с подачей избыточного воздуха или модульный тип с ограниченной подачей воздуха), способ ее эксплуатации (например, предполагается ли утилизация тепла), а также степень устранения загрязнения окружающей среды, установленная на предприятии. Рисунок 2-2 представляет собой простую схему компонентов типового инсинератора.



**Рисунок 2-2 Компоненты типовой инсинератора для массового сжигания коммунально-бытовых отходов с подачей избыточного воздуха**

Существует 3 основных класса технологического процесса сжигания ТБО в зависимости от объема и формы сжигаемого мусора. Это установки для массового сжигания отходов, модульные камеры сгорания и камеры сгорания с псевдоожиженным слоем.

- Установки для массового сжигания отходов
  - В таких установках происходит сжигание ТБО без какой-либо предварительной обработки отходов, за исключением удаления слишком крупных предметов для подачи по транспортной системе, а также удаления взрывоопасных предметов, например, баллонов со сжатым газом. По объему переработки установки для массового сжигания отходов обычно варьируются по производительности, например, от 45 до 900 тонн отходов в день. Процесс их эксплуатации обычно подразумевает подачу избыточного воздуха. Конструкция камер для массового сжигания отходов включает в себя водяной экран, камеру сгорания массового сжигания с ротационным водяным экраном и огнеупорную стену.
- Модульные камеры сгорания
  - Модульные камеры сгорания сходны с камерами для массового сжигания отходов, т.к. в них происходит сжигание необработанных отходов, однако, данные камеры обычно изготавливаются на заводах и имеют меньший размер при производительности сжигания от 4 до 130 тонн отходов в день. Один из наиболее распространенных типов модульных камер сгорания использует технологии ограниченной или регулируемой подачи воздуха. Они применяются при ежедневном запуске инсинератора в эксплуатацию и/или при низкой пропускной способности, например, в промышленных зонах или в сельской местности.
- Камеры сгорания с псевдоожиженным слоем (КСПС)
  - Камеры сгорания с псевдоожиженным слоем имеют слой песка или сходного инертного материала, который встряхивается или «псевдоожижается» восходящим потоком воздуха, проходящим через пористую пластину, расположенную под слоем. Процесс сжигания проходит в данном слое. Для осуществления эффективного процесса сжигания ТБО в КСПС необходима предварительная обработка топлива (например, его дробление) для придания ему подходящего размера.

Отходы любой формы поступают в камеру горения через загрузочный бункера. В обычном инсинераторе отходы помещаются на решетку, продвигающую их внутри камеры сгорания, тщательно

смешивая отходы с горячим воздухом для эффективного технологического процесса горения. Колосниковые решетки печи способны выполнять сжигание широкого спектра отходов, что, несомненно, весьма удобно, так как отходы могут сильно отличаться по составу. Их эксплуатация также возможна при разной интенсивности подачи сжигаемых отходов. Помимо псевдоожиженного слоя, существует два основных типа решеток:

- движущаяся колосниковая решётка;
- ротационная печь.

Основным технологическим приемом, используемым при сжигании ТБО, является движущая решетка. Камера сгорания с псевдоожиженным слоем (КСПС) или ротационной печью в процессе сжигания ТБО используются реже.

Многие модели инсинераторов снабжены двумя камерами сгорания. Подача воздуха в первичную камеру сгорания происходит через массу сжигаемых отходов (первичный воздух). Продукты неполного сгорания (СО и органические соединения) поступают во вторичную камеру сгорания, куда подается вспомогательный воздух (вторичный воздух) и где завершается процесс сжигания.

#### **Размер инсинератора**

Небольшие инсинераторы с ограниченной подачей отходов для сжигания зачастую работают в периодическом режиме, что приводит к значительному увеличению выбросов на этапе запуска в эксплуатацию или полного сгорания.

### **2.3 Выбросы**

Наряду со стойкими органическими загрязнителями (например, диоксинами) и некоторыми тяжелыми металлами (например, Pb, Cu, Cd, Cr, Ni, Hg), в составе выбросов можно обнаружить оксиды серы (SO<sub>x</sub>), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), летучие органические соединения (НМЛОС и метановые (CH<sub>4</sub>)), оксид углерода (СО), углекислый газ (СО<sub>2</sub>), закись азота (N<sub>2</sub>O), хлороводород (HCl) и аммиак (NH<sub>3</sub>).

Выбросы оксида углерода происходят в тех случаях, когда углерод, содержащийся в сжигаемых отходах, не проходит окисления в диоксид углерода (СО<sub>2</sub>). Высокие уровни СО указывают на то, что газообразные продукты сгорания не находились при достаточно высокой температуре в присутствии кислорода (O<sub>2</sub>) в течение периода, достаточного для протекания реакции перехода СО в СО<sub>2</sub>. Так как уровни O<sub>2</sub>, а также системы воздухораспределения отличаются у разных типов камер сгорания, уровни СО также различаются. Концентрация оксида углерода служит наглядным доказательством эффективности сгорания и является важным показателем неустойчивости и неравномерности протекания процесса сжигания отходов (Агентство по защите окружающей среды (EPA), 1995).

Оксиды азота образуются как конечный продукт любого процесса сгорания топлива /воздуха. Оксид азота (NO) является главным компонентом NO<sub>x</sub>; однако, образуются, хотя и в меньших количествах, двуокись азота (NO<sub>2</sub>) и закись азота (N<sub>2</sub>O). В процессе горения отходов происходит окисление азота и образование оксидов азота, окисления атмосферного азота. Процесс химического превращения азота в отходах протекает при сравнительно низких температурах (менее 1090°С), в то время как процесс окисления атмосферного азота протекает при более высоких температурах. Из-за сравнительно низких температур эксплуатации коммунальных мусоросжигательных установок 70-80 процентов образовавшегося в них NO<sub>x</sub> связано с присутствием в сжигаемой массе отходов азота.

В ТБО представлено все разнообразие органических соединений, включая хлорбензолы, полихлорбифенилы (ПБХ), хлорфенолы, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и ПХДД/Ф, или возможно их образование в процессе горения и после окончания реакций соединения. Следы органических веществ в газообразных продуктах сгорания могут быть обнаружены в паровой фазе, в виде конденсата или абсорбированы на тонкодисперсных частицах.

### **2.4 Средства регулирования**

В зависимости от размера инсинератора, требований нормативных документов по выбросам и т.д., уровень устранения загрязнений окружающей среды может претерпевать изменения.

Современные установки, а также старые установки, прошедшие процесс модернизации, снабжены различным оборудованием для устранения загрязнений окружающей среды от выбросов с целью обеспечить соответствие требованиям нормативных документов по выбросам и минимизировать три основных последствия процесса сжигания отходов, наносящих вред окружающей среде, а именно: выбросов кислого газа, тяжелых металлов и диоксида. Среди основных используемых методов можно выделить следующие:

- тканевые фильтры (для регулирования выбросов твердых частиц);
- электрофильтры (для регулирования выбросов твердых частиц);
- мокрые газоочистители (для удаления кислых газов);
- полусухие газоочистители/система распылительного абсорбера (для удаления кислых газов);
- системы ввода сухих веществ (для удаления кислых газов);
- метод адсорбции с применением активированного угля/активированного бурого кокса (для удаления ПХДД/Ф и ртутных загрязнений).

Описание данных систем регулирования см. в глоссарии. Как правило, необходимо устанавливать их в комбинации; второй функцией тканевого фильтра является регулирование выбросов кислого газа, аналогично, дополнительным предназначением мокрого газоочистителя является регулирование выбросов твердых частиц.

Контроль и регулирование выбросов NO<sub>x</sub> осуществляются при помощи первичных или вторичных мер, описанных в разделе 1.А.1.а, Производство электричества и тепла (Глава «Процессы горения при выработке энергии с использованием основных и альтернативных видов топлива»).

В прошлом многие мелкие мусоросжигательные установки имели незначительное количество оборудования для регулирования выбросов, а крупные предприятия старого образца располагали оборудованием только для регулирования выбросов твердых частиц, зачастую представленным в виде электрофильтра. Данная мера устраняла загрязнения окружающей среды от выбросов тяжелых металлов, однако, могло приводить к увеличению выбросов ПХДД/Ф над установкой без устранения загрязнения окружающей среды. Для эксплуатации установок старого образца также было характерно образование меньшего количества сжигаемой золы в силу меньшей эффективности процесса сжигания отходов, что, в свою очередь, сокращало коэффициент выбросов углекислого газа. Хотя в процессе дальнейшего распада золы возможны выбросы углекислого газа и ЛОС, данное явление здесь не рассматривается.

## 3 Методы

### 3.1 Выбор метода

На Рисунке 3-1 представлена процедура выбора методов оценки выбросов от процесса сжигания промышленных отходов. Основные принципы таковы:

- Если доступна подробная информация, необходимо ее использовать;
- Если категория источников является ключевой категорией, применяется Уровень 2 или лучший метод, кроме того собираются подробные входные данные. В таких случаях Дерево решений направляет пользователя к методу Уровня 2, так как предполагается, что легче получить необходимые входные данные для данного подхода, чем собрать данные уровня объекта для оценки Уровня 3;
- Альтернатива методу Уровня 3 с использованием подробного моделирования процесса в косвенной форме включена в дерево решений. Однако подробное моделирование всегда выполняется на уровне объекта, при этом результаты моделирования можно увидеть в виде данных объекта дерева решений

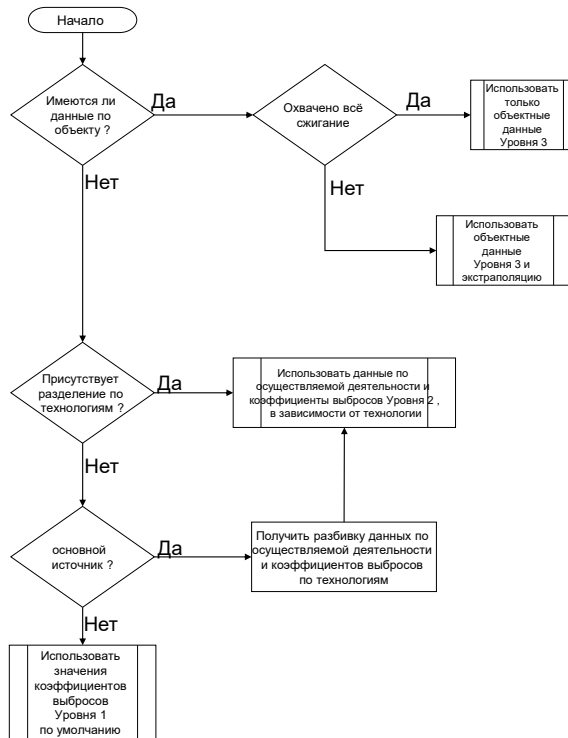


Рисунок 3-1 Дерево решений для категории источника 5.С.1.а Сжигание бытовых отходов

### 3.2 Подход Уровня 1 по умолчанию

#### 3.2.1 Алгоритм

Более простая методика рассчитана на применение единого коэффициента выброса для каждого типа загрязнителей, в сочетании с национальными статистическими показателями сжигания отходов. Общую формулу можно записать следующим образом:

$$E_{\text{загрязнитель}} = AR_{\text{производство}} \times EF_{\text{загрязнитель}} \tag{1}$$

Данная формула применяется на национальном уровне. Статистические выкладки, касающиеся производства, взяты из национальных годовых показателей объема сжигаемых бытовых отходов.

Коэффициенты выбросов Уровня 1 рассматривают усредненную или типовую технологию и внедрение удаления загрязнений в стране.

В тех случаях, когда следует учитывать особые возможности удаления загрязнений, метод Уровня 1 не применяется, следует использовать методы Уровня 2 и 3.

#### 3.2.2 Коэффициенты выбросов по умолчанию

В Таблице 3-1 представлены коэффициенты выбросов Уровня 1 по умолчанию применительно к процессу сжигания бытовых отходов. Для коэффициента выбросов подхода Уровня 1 предполагается наличие установленного оборудования по удалению загрязнений от выбросов кислых газов и твердых частиц. Коэффициенты взяты из предыдущего издания руководства и не снабжены иными ссылками на специальную литературу. По оценке экспертов доверительный интервал составляет 95%.

Таблица 3-1 Коэффициенты выбросов Уровня 1 для категории источника 5.С.1.а Сжигание бытовых отходов

Коэффициенты выбросов по умолчанию Уровня 1	
Код	Название



Категория источника НО	5.С.1.а	Сжигание бытовых отходов (d)			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
Не применяется					
Не оценено					
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
NOx	1071	г/Мг	749	1532	Nielsen et al. (2010)
CO	41	г/Мг	7	253	Nielsen et al. (2010)
НМЛОС	5.9	г/Мг	2.7	12.9	Nielsen et al. (2010)
SO2	87	г/Мг	16	466	Nielsen et al. (2010)
NH3	3.0	г/Мг	0.5	18.3	Nielsen et al. (2010)
OKBЧ	3.0	г/Мг	1.1	8.3	Nielsen et al. (2010)
ТЧ10	3.0	г/Мг	1.1	8.3	СЕРМЕИР
ТЧ2.5	3.0	г/Мг	1.1	8.3	СЕРМЕИР
ЧУ <sup>1</sup>	3.5	% от ТЧ2.5	1.8	7	Olmez et al. (1988)
Pb	58.0	мг/Мг	12.0	280.3	Nielsen et al. (2010)
Cd	4.6	мг/Мг	1.1	19.3	Nielsen et al. (2010)
Hg	18.8	мг/Мг	7.3	48.3	Nielsen et al. (2010)
As	6.2	мг/Мг	1.3	29.6	Nielsen et al. (2010)
Cr	16.4	мг/Мг	3.0	88.7	Nielsen et al. (2010)
Cu	13.7	мг/Мг	3.9	47.3	Nielsen et al. (2010)
Ni	21.6	мг/Мг	4.2	111.6	Nielsen et al. (2010)
Se	11.7	мг/Мг	2.2	62.0	Nielsen et al. (2010)
Zn	24.5	мг/Мг	2.7	219.6	Nielsen et al. (2010)
ПХБ	3.4	нг/Мг	1.2	9.2	Nielsen et al. (2010)
ПХДДФ	52.5	нг/Мг	16.6	166.3	Nielsen et al. (2010)
Бензо(а)пирен	8.4	мкг/Мг	2.8	33.6	Nielsen et al. (2010)
Бензо(б)флуорантен	17.9	мкг/Мг	6.0	71.4	Nielsen et al. (2010)
Бензо(к)флуорантен	9.5	мкг/Мг	3.2	37.8	Nielsen et al. (2010)
Индено(1,2,3-сd)пирен	11.6	мкг/Мг	3.9	46.2	Nielsen et al. (2010)
ГХБ	45.2	мкг/Мг	8.0	254.1	Nielsen et al. (2010)

### 3.2.3 Данные по осуществляемой деятельности

Для применения упрощенной методологии необходимы данные по национальным годовым показателям сжигания отходов. При наличии данных может быть проведена более точная оценка типовых уровней применяемой технологии устранения загрязнения окружающей среды, а также оценка эффективности всего сопутствующего комплекса мер по устранению загрязнения.

Коэффициенты выбросов представлены в виде массы на единицу массы сжигаемых отходов. Для пересчета в единицах энергии (г/ГДж), принимается ЧТС (чистая теплотворная способность) по умолчанию из введения к разделу энергетика (2006) нормативов Межправительственной Комиссии по изменениям климата (IPCC) (IPCC, 2006), она составляет 10 ТДж/Гг (в норме 7–18 ТДж/Гг).

## 3.3 Подход Уровня 2, базирующийся на технологиях

### 3.3.1 Алгоритм

Подход по Уровню 2 аналогичен подходу по Уровню 1. Для использования подхода по Уровню 2 предусмотреть разделение как по данным по осуществляемой деятельности и по коэффициентам выбросов для разных процессов, которые могут происходить в стране.

Методика в соответствии с подходом по Уровню 2 заключается в следующем:

Разделение сжигания бытовых отходов в стране с целью моделирования разных продуктов и типов процессов, происходящих в национальной мусоросжигающей промышленности по списку:

(<sup>1</sup>) Для целей данного Руководства, коэффициенты выбросов ЧУ принимаются равными коэффициентам элементарного углерода (ЭУ). Более подробную информацию можно найти в Главе 1.А.1 Энергетические отрасли промышленности

- определением производства, используя каждый отдельный продукт и/или типы процессов (в формулах далее вместе называются «методики») отдельно; и
- применением коэффициентов выбросов, характерных для технологии для каждого типа процесса:

$$E_{\text{загрязнитель}} = \sum_{\text{технологии}} AR_{\text{производство, технология}} \times EF_{\text{технология, загрязнитель}} \quad (2)$$

где:

$AR_{\text{производство, технология}}$  = производительность в рамках категории источника, с использованием характерной технологии

$EF_{\text{технология, загрязнитель}}$  = коэффициент выбросов для данной технологии и загрязнителя

В стране, где применяется только одна технология, коэффициент проницаемости будет 100 % и алгоритм в формуле (2) получается следующим:

$$E_{\text{загрязнитель}} = AR_{\text{производство}} \times EF_{\text{технология, загрязнитель}} \quad (3)$$

где:

$E_{\text{загрязнитель}}$  = выброс указанного загрязняющего агента,

$AR_{\text{производство}}$  = показатели активности процесса сжигания отходов,

$EF_{\text{загрязнитель}}$  = коэффициент выбросов данного загрязнителя.

Коэффициенты выбросов в данном подходе включают в себя все вспомогательные процессы при сжигании отходов.

### 3.3.2 Коэффициенты выбросов в зависимости от технологии

В таблице ниже приведены коэффициенты нерегулируемых выбросов в процессе сжигания коммунально-бытовых отходов. КПД мер по устранению загрязнений окружающей среды в подразделе 3.3.3 данной главы может быть использован для расчета коэффициентов нормативных выбросов, при условии наличия установленного оборудования по устранению загрязнения окружающей среды.

**Таблица 3-2 Коэффициенты выброса Уровня 2 для категории источника 5.С.1.а Сжигание бытовых отходов**

Коэффициенты выбросов Уровня 2					
Категория источника НО	Код	Название			
	5.С.1.а	Сжигание бытовых отходов(d)			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
ИНЗВ (если применимо)	090201	Сжигание бытовых или коммунальных отходов (без утилизации тепла)			
Технологии/Методики					
Региональные условия					
Технологии снижения загрязнений	неконтролируемые				
Не применяется					
Не оценено	NH3, Se, Индено(1,2,3-cd)пирен				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
NOx	1.8	кг/Мг отходов	0.6	5.4	Guidebook (2006)
CO	0.7	кг/Мг отходов	0.233	2.1	Guidebook (2006)
НМЛОС	0.02	кг/Мг отходов	0.00667	0.06	Guidebook (2006)
SO2	1.7	кг/Мг отходов	0.567	5.1	Guidebook (2006)
ОКВЧ	18.3	кг/Мг отходов	6.1	54.9	Guidebook (2006)
ТЧ10	13.7	кг/Мг отходов	4.57	41.1	Guidebook (2006)
ТЧ 2.5	9.2	кг/Мг отходов	3.07	27.6	Guidebook (2006)
ЧУ <sup>2</sup>	3.5	% of PM2.5	1.8	7	Olmez et al. (1988)
Pb	104	г/Мг отходов	34.7	312	Guidebook (2006)

(<sup>2</sup>) Для целей данного Руководства, коэффициенты выбросов ЧУ принимаются равными коэффициентам элементарного углерода (ЭУ). Более подробную информацию можно найти в Главе 1.А.1 Энергетические отрасли промышленности.

Cd	3.4	г/Мг отходов	1.13	10.2	Guidebook (2006)
Hg	2.8	г/Мг отходов	0.933	8.4	Guidebook (2006)
As	2.14	г/Мг отходов	2	2.3	US EPA (1996)
Cr	0.185	г/Мг отходов	0.127	0.243	Morselli et al. (2002)
Cu	0.093	г/Мг отходов	0.064	0.122	Morselli et al. (2002)
Ni	0.12	г/Мг отходов	0.08	0.16	Morselli et al. (2002)
Zn	0.9	г/Мг отходов	0.8	1	Morselli et al. (2002)
ПХБ	5.3	мг/Мг отходов	1.77	15.9	Guidebook (2006)
ПХДД/Ф	3.5	мг I-TEQ/Мг отходов	2	7	UNEP (2005)
Бензо(а)пирен	4.2	мг/Мг отходов	1.4	12.6	Guidebook (2006)
Бензо(б)флуорантен	3.2	мг/Мг отходов	1.07	9.6	Guidebook (2006)
Бензо(к)флуорантен	3.1	мг/Мг отходов	1.03	9.3	Guidebook (2006)
ГХБ	0.002	г/Мг отходов	0.0002	0.02	Berdowski et al. (1997)

Примечание:

Источник этих данных приводит только суммарный коэффициент выбросов: Бензо(бк)флуорантен имеет коэффициент выбросов 6,3 мг/Мг сжигаемых ТБО.

### 3.3.3 Устранение загрязнений окружающей среды

Существует ряд современных технологий, призванных сократить выбросы отдельных загрязнителей. Можно произвести расчет соответствующих выбросов, заменив коэффициент выбросов, характерных для технологии, на коэффициент уменьшенного выброса, как это представлено в формуле:

$$EF_{\text{технология, уменьшенная}} = (1 - \eta_{\text{устранение загрязнений}}) \times EF_{\text{технология, неуменьшенная}} \quad (4)$$

Данный раздел рассматривает эффективность мер по устранению загрязнения окружающей среды по умолчанию для ряда различных методик по устранению загрязнения окружающей среды, применяемых в процессе сжигания бытовых отходов. Дополнительную информацию по ТЧ и коэффициентам выбросов тяжелых металлов при условии наличия установленного оборудования экологической защиты можно получить, обратившись к USEPA AP42, Глава 2, Раздел 1 Сжигание отходов (USEPA, 1996).

Большая часть значений эффективности устранения загрязнений окружающей среды получена в результате оценки коэффициентов устранения загрязнений от выбросов в предыдущих изданиях Руководства. Не представлены полные ссылки на литературу.

Эффективность устранения загрязнений от выбросов диоксинов и фуранов (ПХДД/Ф) и описание со ссылкой на контроль загрязнения воздушной среды (АРС) взяты из Программы защиты окружающей среды ООН (UNEP), программное обеспечение по химическим веществам применительно к диоксинам и фуранам (UNEP, 2005). Они применяются по отношению к мусоросжигающим предприятиям низкого технического уровня, не оборудованным системой устранения загрязнений воздушной среды, с коэффициентом выбросов ПХДД/Ф 3 500 мкг ТЭ/Мг сжигаемых ТБО (см. Таблицу Коэффициенты выбросов, характерных для технологии подхода Уровня 2).

**Таблица 3-3 Эффективность устранения загрязнений ( $\eta_{\text{устранение загрязнений}}$ ) для категории источника 5.С.1.а Сжигание бытовых отходов**

Эффективность устранения загрязнений Уровня 2					
	Код	Название			
Категория источника НО	6.С.б	Сжигание бытовых отходов			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ	не применяется			
ИНЗВ (если применимо)	090202	Сжигание промышленных отходов			
Технология устранения загрязнений	Загрязнитель	Эффективность	95% доверит. интервал		Ссылки
			Значение по умолчанию	Нижний	
Устранение кислых газов	SO2	76%	29%	92%	Руководство (2006)
Устранение только мелких частиц	OKBЧ	98%	95%	99%	Руководство (2006)
	ТЧ10	98%	95%	99%	Руководство (2006)
	ТЧ2.5	98%	95%	99%	Руководство (2006)

Устранение кислых газов и мелких частиц	ОКВЧ	99,99%	99%	99,99%	Руководство (2006)
	ТЧ10	99,99%	99%	99,99%	Руководство (2006)
	ТЧ2.5	99%	98%	99,99%	Руководство (2006)
Установка отвечает требованиям Директивы ЕС по сжиганию отходов (WID)	ОКВЧ	97%	91%	99%	Руководство (2006)
	ТЧ10	61%	0%	87%	Руководство (2006)
	ТЧ 2.5	99%	98%	99,99%	Руководство (2006)
Контролируемое сжигание; мин. система очистки выбросов	ПХДД/Ф	90%	70%	97%	UNEP (2005)
Контролируемое сжигание; удовл. система очистки выбросов	ПХДД/Ф	99%	97%	99,99%	UNEP (2005)
Высокотехнологичное сжигание, усовершенствованная система очистки выбросов	ПХДД/Ф	99,99%	99,99%	99,99%	UNEP (2005)

Примечание:

Установка, совместимая с требованиями WID: получасовой показатель предельной концентрации 10 мг/м<sup>3</sup> при уровне содержания кислорода 11 %, взято из справочника по Наилучшим доступным технологиям (Европейская Комиссия, 2006).

### 3.3.4 Данные по осуществляемой деятельности

Для раздела «Сжигание промышленных отходов» необходимы национальные годовые показатели сжигания промышленных отходов. Впоследствии, для сжигания шлама и полужидких отбросов, необходимы национальные годовые показатели сжигания шламов сточных вод.

Коэффициенты выбросов представлены в виде массы на единицу массы сжигаемых отходов. Для пересчета в единицах энергии (г/ГДж) берется ЧТС (чистая теплотворная способность) по умолчанию из Введения к разделу энергетика (2006) нормативов Межправительственной комиссии по изменениям климата (IPCC) (IPCC, 2006), она составляет 10 ТДж/Гг (в норме 7–18 ТДж/Гг).

## 3.4 Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных

Метод Уровня 3 не применим к данному источнику.

# 4 Качество данных

## 4.1 Полнота

Необходимо включать выбросы от сжигания отходов в данную категорию источника или в соответствующий раздел 1.А Сжигание. Следует удостовериться в необходимости процедуры.

## 4.2 Предотвращение двойного учета с другими секторами

Необходимо гарантировать отсутствие двойного учета выбросов в процессе сжигания отходов. Необходимо также проверить, что выбросы, не включенные в данную категорию источника (т.к. происходит утилизация тепла, полученного в процессе сжигания, а сжигаемые отходы впоследствии используется в качестве источника топлива), отражены в соответствующем разделе 1.А Сжигание.

## 4.3 Проверка достоверности

### 4.3.1 Коэффициенты выбросов для наилучших доступных технологий

Справочный документ IPCC по наилучшим доступным технологиям по сжиганию отходов (Европейская Комиссия, 2006) описывает достижимые уровни выбросов, а также технологические процессы, необходимые для поддержания этих уровней в процессе сжигания отходов. Однако данный документ не содержит конкретных предельных величин выбросов применительно к сжиганию бытовых отходов. В

таблице ниже приведены некоторые общие показатели концентрации выбросов в процессе сжигания отходов. Более подробную информацию можно получить, обратившись к документу BREF по наилучшим доступным технологиям по сжиганию отходов (Европейская Комиссия, 2006).

**Таблица 4-1 Коэффициенты выбросов, совместимые с наилучшими доступными технологиями по сжиганию отходов для категории источника 5.С.1.а Сжигание бытовых отходов**

Коэффициенты выбросов, совместимые с наилучшими имеющимися технологиями				
Категория источника НО	Код	Название		
	5.С.1.а	Сжигание бытовых отходов		
Топливо	НЕТ ДАННЫХ	не применяется		
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит.интервал	
			Нижний	Верхний
SO <sub>2</sub>	1 - 40	мг/Нм <sup>3</sup>		
NO <sub>2</sub> (с использованием селективной каталитической нейтрализации газов)	40 - 100	мг/ Нм <sup>3</sup>		
NO <sub>2</sub> (без использования селективной каталитической нейтрализации газов)	120 - 180	мг/ Нм <sup>3</sup>		
CO	5 - 30	мг/ Нм <sup>3</sup>		
Hg	0.001 - 0.02	мг/ Нм <sup>3</sup>		
PCDD/F	0.01 - 0.1	мкг-ТЕQ/ Нм <sup>3</sup>		
TSP	1 - 5	мг/ Нм <sup>3</sup>		
NH <sub>3</sub>	< 10	мг/ Нм <sup>3</sup>		

#### 4.4 Разработка согласуемых временных рядов и пересчет

Какая-то специфика отсутствует.

#### 4.5 Оценка неопределенности

Необходимо учитывать, что в разных странах состав сжигаемых отходов может отличаться в силу расхождений в терминологии (определение отходов) и разбивке. Как следствие, это может привести к коэффициентам выбросов, специфическим для данной страны, несопоставимыми с показателями других стран.

##### 4.5.1 Неопределенность в коэффициентах выбросов

Коэффициенты загрязнения окружающей среды отходами производства различных инсинераторов могут претерпевать значительные изменения в зависимости от условий эксплуатации, а также от варианта многочисленных комбинаций установленного на предприятии оборудования по очистке газов. Величина ПХДД/Ф на одной лишь установке, например, может варьироваться для разных периодов выборки на порядок. Диапазоны коэффициентов выбросов и оценки качества данных (преимущественно С или Е) являются доказательством высокого уровня неопределенности.

##### 4.5.2 Неопределенности в данных по осуществляемой деятельности

Какая-то специфика отсутствует.

#### 4.6 Обеспечение/контроль качества инвентаризации ОК/КК

Какая-то специфика отсутствует.

#### 4.7 Координатная привязка

Какая-то специфика отсутствует.

## 4.8 Отчетность и документация

Какая-то специфика отсутствует.

# 5 Глоссарий

Твердые бытовые отходы (ТБО)	Смесь ненужных веществ и материалов из домашних хозяйств и коммерческих организаций.
Установки для массового сжигания отходов	Инсинераторы без специальной предварительной обработки. Обычно обеспечиваются подачей избыточного воздуха.
Водяной экран камеры массового сжигания	Имеют в своей конструкции заполненные водой трубы в стенах печи, применяемые для утилизации тепла для производства паровой энергии и/или электричества.
Ротационный водяной экран камеры массового сжигания	Камеры сгорания используют ротационную камеру, состоящую из труб, заполненных водой, за которыми располагается экранированная топка.
Огнеупор камеры массового сжигания	Устаревшая конструкция, обычно не включает утилизацию тепла.
Модульные камеры сгорания	Сходны с установками массового сжигания отходов, обычно состоят из блочных конструкций, имеют меньший размер и работают при ограниченной подаче воздуха.
Камеры сгорания, работающие на топливе, полученном из отходов (RDF)	Сжигают обработанные отходы (т.е. отходы, предварительно сортированные, раздробленные и измельченные, уложенные на поддон и т.д.).
Движущаяся колосниковая решётка	Решетка, на которой сжигаются отходы. Сквозь нее поступает первичный воздух, который далее проходит через всю массу сжигаемых отходов. Движущаяся решетка встряхивает и перемешивает отходы, продвигая их через воздухораспределитель.
Камеры сгорания с псевдооживленным слоем (КСПС)	Имеют слой из песка или сходного инертного материала, который встряхивается или псевдооживляется восходящим потоком воздуха через пористую пластину, расположенную под ним. Процесс горения протекает внутри слоя. Сгорание ТКБО возможно только при условии предварительной сортировки или дробления (т.е. аналогично RDF).
Ротационная печь	Отходы, предназначенные для сжигания, поступают в слегка наклоненный, колесовидный, футерованный барабан, являющийся поверхностью колосниковой решётки. Вращательное движение барабана смешивает их с воздухом, подаваемым через стены.
Утилизация тепла	Отведение тепла, образовавшегося от отработавших газов, для производства тепловой и/или электрической энергии для использования ее в технологическом процессе или иным способом.
ПАУ	Полициклические ароматические углеводороды.
ПХБ	Полихлорированные бифенилы
ПХДД/Ф	Полихлорированные дибензо-пара-диоксины и полихлорированные дибензофураны — серия хлорсодержащих ароматических соединений, широко известных как диоксины.
СОЗ	Стойкие органические загрязнители.
НМЛОС	Летучие неметановые органические соединения.
ГХБ	Гексахлорбензол.
Тканевые фильтры	Состоят из полупроницаемого материала в форме мешков или рукавов,

	способных улавливать частицы, установлены в герметическом воздухопроницаемом чехле (рукавном пылеуловителе), разделенном на несколько секций. Тканевые фильтры также применяются в качестве второй ступени системы регулирования выбросов кислых газов.
Электрофильтры (ЭСП)	В основе их действия лежит принцип электростатического притяжения для удаления захваченных частиц из топочных газов. Состоят из рядов разрядных электродов (провода или тонких металлических стержней), на которые подается высокое напряжение, расположенных между параллельными рядами металлических пластин, притягивающих заряженные частицы.
Мокрые газоочистители	Удаляют кислые газы (например, HCl, HF и SO <sub>2</sub> ) посредством промывания топочных газов в реакционной колонне. Предназначены для обеспечения тесного газожидкостного контакта. На первом этапе газы охлаждаются водяным душем, при этом удаляются HCl, HF, некоторые твердые частицы и некоторые тяжелые металлы. На втором этапе для удаления SO <sub>2</sub> и возможных остатков HCl применяется гидроксид кальция или иная подходящая щелочь.
Полусухие скрубберы / системы распылительного абсорбера (сушка распылением)	Использует шлам щелочных реагентов (как правило, гидроксид кальция) который вводится в распыленном виде. Происходит абсорбция кислых газов в водную фазу на поверхности этих частиц и их нейтрализация для образования сухого вещества, поглощаемого электрофильтром или тканевым фильтром.
Системы ввода сухих веществ	Включает вдувание щелочного реагента (например, гидроксид кальция или бикарбоната натрия) в виде мелкозернистого, сухого порошка с целью удаления и нейтрализации кислых газов. Нейтрализованное таким образом вещество обычно поглощается тканевым фильтром.
Адсорбция с применением активированного угля/активированного бурого кокса	Существует несколько разработанных методик регулирования выбросов диоксида и ртути. Данные системы также могут эффективно применяться для удаления HCl и SO <sub>2</sub> , а также в качестве эффективного фильтра тонкой очистки данных кислых газов.

## 6 Список использованной литературы

Berdowski J.J.M., Baas J, Bloos J.P.J., Visschedijk A.J.H., Zandveld P.Y.J. (1997). The European Atmospheric Emission Inventory for Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Luftreinhaltung. Forschungsbericht 104 02 672/03. TNO, Apeldoorn, The Netherlands.

CEPMEIP. The Coordinated European Particulate Matter Emission Inventory Programme (CEPMEIP) database. Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO). Data collected 2012. Available via <http://www.air.sk/tno/cepmeip/>

European Commission (2006). Integrated Prevention and Pollution Control. Reference Document Best Available Techniques for waste incineration, August 2006.

Guidebook (2006). European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP)/Corinair Emission Inventory Guidebook, version 4 (2006 edition), published by the European Environmental Agency. Technical report No 11/2006. Available via <http://reports.eea.europa.eu/EMEP-CORINAIR4/en/page002.html>.

IPCC (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change

Leech (1993). UK Atmospheric Emissions of Metals and Halides 1970–1991, Warren Spring Laboratory Report LR 923, Department of Trade and Industry, London UK.

Morselli L., Passarini F. and Bartoli M. (2002). 'The environmental fate of heavy metals arising from a MSW incineration plant', *Waste Management* 22, pp. 875–881.

Nielsen, M., Nielsen, O.-K. & Thomsen, M. 2010: Emissions from decentralised CHP plants 2007 - Energinet.dk Environmental project no. 07/1882. Project report 5 – Emission factors and emission inventory for decentralised CHP production. National Environmental Research Institute, Aarhus University. 113 pp. – NERI Technical report No. 786. Available via <http://www.dmu.dk/Pub/FR786.pdf>.

Olmez, I., Sheffield, A.E., Gordon, G.E., Houck, J.E., Pritchett, L.C., Cooper, J.A., Dzubay T.G. & Bennett, R.L., 1988: Compositions of Particles from Selected Sources in Philadelphia for Receptor Modeling Applications. *JAPCA* 38:1392-1402 (1988).

UNEP (2005). United Nations Environmental Programme, PCDD/PCDF Toolkit 2005.

US EPA (1995). Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP42 (CD-Rom).

US EPA (1996). United States Environmental Protection Agency, AP42, fifth edition, Chapter 2, Section 1: Refuse Combustion. US EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina.

## 7 Наведение справок

Все вопросы по данной главе следует направлять соответствующему руководителю (руководителям) экспертной группы по сжиганию и промышленности, работающей в рамках Целевой группы по инвентаризации и прогнозу выбросов. О том, как связаться с сопредседателями ЦГИПВ вы можете узнать на официальном сайте ЦГИПВ в Интернете ([www.tfeip-secretariat.org/](http://www.tfeip-secretariat.org/)).