

Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера.
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт

Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Атмасфера.
Выкіды забруджвальных рэчываў ў атмасфернае паветра.

Парадак вызначэння выкідаў пры спальванні паліва ў катлах прадукцыйнасцю цяпла да 25 МВт

Издание официальное



Ключевые слова: котлы теплопроизводительностью до 25 МВт, выбросы загрязняющих веществ, максимальный выброс, валовой выброс, сжигание топлива в котлах

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь "О техническом нормировании и стандартизации"

1 РАЗРАБОТАН специализированной инспекцией государственного контроля за охраной атмосферного воздуха, озонового слоя и климата Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

ВНЕСЕН Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Минприроды Республики Беларусь от 28 февраля 2006 г. № 2/10

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ (с отменой методических указаний по расчету выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/ч. утвержденной государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 5.08.1985 г.)

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть тиражирован и распространен без разрешения Минприроды РБ

Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	2
3 Термины и определения.....	2
4 Обозначения и сокращения.....	3
5 Обеспечение единства измерений.....	3
6 Порядок определения выбросов газообразных загрязняющих веществ.....	4
6.1 Определение выбросов по данным инструментальных замеров.....	4
6.2 Определение выбросов расчетными методами.....	9
7 Порядок определения выбросов твердых загрязняющих веществ.....	14
7.1 Определение выбросов по данным инструментальных замеров.....	14
7.2 Определение выбросов расчетными методами.....	14
8 Порядок определения выбросов бенз(а)пирена.....	17
8.1 Определение выбросов при сжигании жидких и газообразных топлив.....	17
8.2 Определение выбросов при слоевом сжигании твердых топлив.....	18
Приложение А (справочное).....	20
Приложение Б (справочное).....	23
Приложение В (справочное).....	24
Приложение Г (справочное).....	25
Приложение Д (справочное).....	26
Приложение Е (справочное).....	27
Приложение Ж (справочное).....	28
Библиография.....	46

Текст для ознакомления

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера.
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт

Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Атмасфера.
Выкіды забруджвальных рэчываў ў атмасфернае паветра.

Парадак вызначэння выкідаў пры спальванні паліва ў катлах прадукцыйнасцю цяпла да 25 МВт

Environmental protection and nature management. Atmosphere.
Emissions of harmful substances into the atmospheric air.

The order of emissions evaluation of fuels burning in boilers with the capacity up to 25 MW

Дата введения 2006-05-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает общие правила определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при сжигании топлива в паровых котлах производительностью менее 40 тонн пара в час или водогрейных котлах мощностью до 20 Гкал в час включительно.

Технический кодекс предназначен для определения максимальных и валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух с дымовыми газами котлов по данным периодических измерений их концентраций в дымовых газах или расчетным методом при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива. При определении выбросов от котельной в целом, учитывается коэффициент загрузки каждого котла.

Требования настоящего технического кодекса применяют при расчете величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которые используются при:

- учете и нормировании выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- государственном, ведомственном, производственном контроле за соблюдением установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- разработке проектных решений;
- оценке воздействия на окружающую среду и проведении государственной экологической экспертизы;
- исчислении и уплате налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- иных мероприятиях по охране атмосферного воздуха, предусмотренных законодательством Республики Беларусь.

Требования настоящего технического кодекса распространяются на следующие загрязняющие вещества: углерода оксид (СО, код 0337), азота оксиды, в том числе

азота II оксид (NO, код 0304) и азота IV оксид (NO₂, код 0301), ангидрид сернистый (серы IV оксид) (SO₂, код 0330), твердые частицы (летучая зола и несгоревшее топливо), бенз(а)пирен (код 0703).

Твердые частицы (летучая зола и несгоревшее топливо) при использовании твердых видов топлива следует классифицировать как твердые частицы суммарно (код 2902).

Твердые частицы при использовании жидких видов топлива следует классифицировать следующим образом:

а) при сжигании мазута как мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий) (код 2904) и углерод черный (сажа) (код 0328);

б) при сжигании дизельного, печного-бытового и других легких жидких топлив как углерод черный (сажа) (код 0328).

Наименование и коды загрязняющих веществ даны в соответствии с [1].

Требования настоящего технического кодекса обязательны для применения всеми юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух при сжигании топлива в котлах производительностью до 25 МВт.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе используются ссылки на следующие нормативно правовые акты в области технического нормирования и стандартизации:

ГОСТ 17.2.1.01-76 Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу

ГОСТ 17.2.1.04-77 Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения

ГОСТ 17.2.4.06-90 Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения

ГОСТ 17.2.4.07-90 Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения

ГОСТ 17.2.4.08-90 Охрана природы. Атмосфера. Методы определения влажности газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения

ГОСТ 23172-78 Котлы стационарные. Термины и определения

Примечание – При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие технического нормативного правового акта (ТНПА) по каталогу, составленному на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом, следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяют термины, установленные в ГОСТ 17.2.1.01, ГОСТ 17.2.1.04, ГОСТ 23172, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 концентрация загрязняющего вещества в выбросе (концентрация): Количество загрязняющего вещества, содержащееся в единице объема газозоудного потока, поступающего в атмосферный воздух.

3.2 коэффициент избытка воздуха: Отношение фактически затраченного на сжигание топлива воздуха к теоретически необходимому.

3.3 нормальный метр кубический (м³): Единица объема газовой среды, приведенная к нормальным условиям (температура 273,15 К и давление 101,3 кПа).

3.4 топливо: Твердый, жидкий или газообразный горючий материал, используемый для сжигания в котлах.

4 Обозначения и сокращения

4.1 валовой выброс загрязняющего вещества: Количество загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами за рассматриваемый период (месяц, квартал, год), тонн в период; далее в кодексе при расчете валовых выбросов используется размерность тонн в год и для вычисления выбросов за другой рассматриваемый период в формулы необходимо подставлять значения параметров за данный период.

4.2 концентрация загрязняющего вещества в сухих дымовых газах, мг/м³: Концентрация вещества, измеренная за котлом, пересчитанная на сухой дымовой газ и приведенная к условному коэффициенту избытка воздуха $\alpha_0=1,4$ и нормальным условиям (температура 273,15 К (0°C) и давление 101,3 кПа), миллиграмм на нормальный метр кубический.

4.3 максимальный выброс загрязняющего вещества, г/с: Максимальное количество загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, грамм в секунду.

4.4 объем сухих дымовых газов, м³/с (тыс. м³/год): Количество сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании твердого, жидкого или газообразного топлива, приведенное к нормальным условиям, нормальный метр кубический в секунду (тысяч нормальных метров кубических в год).

4.5 расход топлива, кг/с (т/год) или м³/с (тыс. м³/год): Расход твердого, жидкого или газообразного топлива; при расчете максимальных выбросов расход топлива определяется при режимно-наладочных испытаниях на максимальном режиме горения топлива в котлах, килограмм в секунду (нормальных метров кубических в секунду); при расчете валовых выбросов используются значения фактического расхода топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемого на перспективу расхода топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, тонн в год (тысяч нормальных метров кубических в год).

4.6 теоретический объем воздуха, м³/кг или м³/м³: Количество воздуха теоретически необходимое для полного сгорания одного килограмма твердого или жидкого или одного нормального метра кубического газообразного топлива, нормальный метр кубический на килограмм топлива или нормальный метр кубический на нормальный метр кубический топлива.

4.7 теоретический объем трехатомных газов и азота, м³/кг или м³/м³: Количество трехатомных газов и азота, полученное при стехиометрическом сжигании одного килограмма твердого или жидкого или одного нормального метра кубического газообразного топлива, нормальный метр кубический на килограмм топлива или нормальный метр кубический на нормальный метр кубический топлива.

5 Обеспечение единства измерений

5.1 Инструментальные измерения выполняются аккредитованными аналитическими лабораториями по аттестованным методикам, при помощи средств измерений, включенных в Государственный реестр средств измерений и прошедших государственный метрологический надзор и метрологический контроль в порядке, установленном законодательством.

5.2 При выборе измерительного сечения в газоходе должны соблюдаться требования ГОСТ 17.2.4.06, ГОСТ 17.2.4.07 и настоящего технического кодекса. Отбор проб осуществляется:

- на котлах, сжигающих твердое топливо и оборудованных золоуловителем – из газохода после золоуловителя, не оборудованных золоуловителем – за последней поверхностью нагрева;
- на котлах, сжигающих жидкое и газообразное топливо – в сечении за дымососом, или за последней поверхностью нагрева.
- при наличии двух газоходов или дымососов на одном котле – в каждом газоходе или за каждым дымососом с последующим усреднением.

5.3 Скорость и расход газопылевых потоков измеряют по ГОСТ 17.2.4.06.

5.4 Давление и температуру газопылевых потоков измеряют по ГОСТ 17.2.4.07.

5.5 Влажность газопылевых потоков измеряют по ГОСТ 17.2.4.08.

5.6 Концентрацию загрязняющих веществ в газопылевых потоках измеряют в соответствии с [3], [5], [6].

5.7 При проведении измерений соблюдается принцип единства измерений посредством приведения измеряемых величин к нормальным условиям (температура 273,15 К (0°С) и давление 101,3 кПа) при условном коэффициенте избытка воздуха $\alpha_0=1,4$ (соответствует концентрации кислорода в дымовых газах за котлом 6%).

5.8 Приведение к сопоставимым условиям по избытку воздуха производится для измеренных концентраций загрязняющих веществ в дымовых газах, в частности полученных в разное время или в различных местах газоходов.

5.9 Приведение к сопоставимым условиям по влажности (пересчет на сухой газ) производится для измеренных концентраций загрязняющих веществ и расхода дымовых газов.

5.10 При определении выбросов загрязняющих веществ с использованием инструментальных измерений для расчета максимальных выбросов загрязняющих веществ выбирается максимальное значение концентрации конкретного вещества из серии значений концентраций, полученных при испытаниях котла на максимальном режиме горения во время проведения режимно-наладочных испытаний, инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

5.11 При определении выбросов загрязняющих веществ расчетными методами для целей проектирования, учета и нормирования используются значения зольности, сернистости, влажности из ТУ, ГОСТ, СТБ, паспортов, сертификатов качества, протоколов испытаний данного вида топлива при условии его отдельного учета. При этом для определения максимальных выбросов принимается максимальное значение параметров, для определения валовых выбросов принимается среднее значение параметров, исходя из объемов потребления топлива и фактических значений параметров, указанных в паспортах, сертификатах качества, протоколах испытаний топлива. В случае отсутствия на топливо ТУ, ГОСТ, СТБ, паспортов, сертификатов качества, протоколов испытаний расчетные характеристики топлива принимаются в соответствии с таблицами А.1 и А.2 (приложение А).

6 Порядок определения выбросов газообразных загрязняющих веществ

6.1 Определение выбросов по данным инструментальных замеров

6.1.1 Максимальный выброс j -го загрязняющего вещества M_j , г/с, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами рассчитывается по формуле:

$$M_j = c_j \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

где c_j – максимальная концентрация j -го загрязняющего вещества в сухих дымовых

газах на максимальном режиме работы котла¹, определяется в зависимости от типа средства измерения и при индикации значений в массовых единицах рассчитывается в соответствии с 6.1.2, при индикации значений в объемных единицах в соответствии с 6.1.3, мг/м³;

V_{dry} – объем сухих дымовых газов, м³/с, определяемый по одному из двух вариантов:

- а) согласно 6.1.4 по измеренной скорости потока и площади сечения газохода²;
- б) согласно 6.1.5 по известному расходу и химическому составу сжигаемого топлива.

В случае сжигания на котле в течение года нескольких различных видов топлива, максимальный выброс j -го загрязняющего вещества определяется для топлива наиболее неблагоприятного по воздействию на атмосферный воздух.

6.1.2 Концентрация j -го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах c_j , мг/м³, при индикации значений в массовых единицах рассчитывается по формуле:

$$c_j = c_j^{meas} \cdot \frac{\alpha}{1,4} \quad (2)$$

где c_j^{meas} – измеренная массовая концентрация³ j -го загрязняющего вещества, мг/м³;

α – коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы, определяемый в соответствии с 6.1.2.1.

6.1.2.1 Коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы α , рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2} \quad (3)$$

где O_2 – измеренная концентрация кислорода в месте отбора пробы дымовых газов, %.

6.1.3 Концентрация j -го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах c_j , мг/м³, при индикации значений в объемных единицах рассчитывается по формуле:

$$c_j = I_j \cdot \rho_j \cdot \frac{\alpha}{1,4} \quad (4)$$

где I_j – измеренная объемная концентрация j -го загрязняющего вещества⁴, одна миллионная доля объема, ppm (1 ppm=0,0001%об.);

ρ_j – переводной коэффициент для j -го загрязняющего вещества при нормальных условиях, мг/м³, величина постоянная. Значения коэффициентов для основных

¹ При проведении режимно-наладочных испытаний котлов необходимо производить серию измерений концентраций следующих загрязняющих веществ: оксид углерода (CO), оксиды азота (NO_x), диоксид серы (SO₂) на каждом режиме горения топлива в котле в соответствии с [3], [5], [6]. Максимальная концентрация загрязняющего вещества в сухих дымовых газах на максимальном режиме работы котла определяется как максимальное значение из серии значений концентраций, полученных при испытаниях выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

² При расчете максимальных выбросов в формулу (1) подставляется значение V_{dry} , измеренное на максимальном режиме горения топлива в котле.

³ При отборе газа на анализ без осушки пробы массовая концентрация j -го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах определяется в соответствии с формулой (33). Приведение концентрации к нормальным условиям обязательно при сопоставлении измеренных величин с нормами СТБ "Котельные установки, работающие на газообразном, жидком, твердом топливе. Нормы выбросов загрязняющих веществ" и СТБ "Котельные установки, работающие на биомассе. Нормы выбросов загрязняющих веществ"

⁴ Для расчета максимальных и валовых выбросов NO и NO₂ сначала производят пересчет измеренных объемных концентраций NO и NO₂ в азота оксиды (NO_x), затем осуществляют перевод NO_x в массовые единицы путем умножения значения NO_x на коэффициент 2,05, а затем рассчитанные по формуле (1) суммарные выбросы NO_x разделяют на составляющие с учетом формул (14) и (15).

газообразных загрязняющих веществ, содержащихся в выбрасываемых в атмосферный воздух дымовых газах котлов приведены в Б.1 (приложение Б);

α – коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы, определяемый в соответствии с 6.1.2.1.

6.1.4 Объем сухих дымовых газов при $\alpha_o=1,4$ и нормальных условиях V_{dry} , м³/с, образующихся при полном сгорании топлива, рассчитывается по измеренной скорости потока и площади сечения газохода по формуле:

$$V_{dry} = \frac{V \cdot 1,4 \cdot k \cdot 273 \cdot (P_b \pm \Delta P_i)}{\alpha \cdot (273 + t_g) \cdot 101,3} \quad (5)$$

где V – объем уходящих дымовых газов, рассчитанный в соответствии с ГОСТ 17.2.4.06, м³/с;

k – отношение объема сухих и влажных продуктов сгорания, значения которого для основных видов топлива приведены в таблицах А.1 и А.2 (приложение А);

P_b – барометрическое давление воздуха в момент проведения измерений, кПа;

ΔP_i – избыточное давление (разрежение) газов в месте отбора пробы ΔP_i , кПа;

α – коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы, определяемый в соответствии с 6.1.2.1;

t_g – температура уходящих дымовых газов в момент проведения измерений, °С.

6.1.5 Объем сухих дымовых газов при $\alpha_o=1,4$ и нормальных условиях V_{dry} , м³/с, образующихся при полном сгорании топлива, рассчитывается по известному расходу¹ и химическому составу сжигаемого топлива по формуле:

$$V_{dry} = B_s \cdot V_{dry}^{1,4} = B_s \cdot (V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + 0,4 \cdot V^0) \quad (6)$$

где B_s – расчетный расход топлива, определяемый в соответствии с 6.1.6, кг/с (м³/с);

$V_{dry}^{1,4}$ – теоретический объем сухих дымовых газов, приведенный к условному коэффициенту избытка воздуха $\alpha_o=1,4$ и нормальным условиям, определяемый в соответствии с таблицами А.1, А.2 (приложение А) с учетом 6.1.5.1, м³/кг (м³/м³);

V_{RO_2} – теоретический объем трехатомных газов, образующийся при полном сжигании одного килограмма (одного нормального метра кубического) топлива, определяемый при сжигании твердых и жидких топлив в соответствии с 6.1.5.2 с учетом 6.1.5.1, м³/кг, при сжигании газообразного топлива в соответствии с таблицей А.2 (приложение А), м³/м³;

$V_{N_2}^0$ – теоретический объем азота, образующийся при полном сжигании одного килограмма (одного нормального метра кубического) топлива, определяемый при сжигании твердых и жидких топлив в соответствии с 6.1.5.3 с учетом 6.1.5.1, м³/кг, при сжигании газообразного топлива в соответствии с таблицей А.2 (приложение А), м³/м³;

V^0 – теоретический объем воздуха, необходимый для полного сгорания одного килограмма (одного нормального метра кубического) топлива, определяемый при сжигании твердых и жидких топлив в соответствии с 6.1.5.4 с учетом 6.1.5.1, м³/кг, при сжигании газообразного топлива в соответствии с таблицей А.2 (приложение А), м³/м³.

¹ При расчете максимальных и валовых выбросов объем сухих дымовых газов, образующийся при совместном сжигании различных топлив, определяется по уравнению: $V_{dry} = V_{dry}^i + V_{dry}^j$, где V_{dry}^i и V_{dry}^j – объем сухих дымовых газов, образующийся при сжигании соответственно основного и дополнительного вида топлива, м³/с (тыс. м³/год).

6.1.5.1 Значения $V_{dry}^{1,4}, V_{RO_2}, V_{N_2}^0, V^0$, рассчитанные по химическому составу сжигаемого топлива могут приниматься по справочным данным. Для основных видов эти показатели приведены в таблицах А.1, А.2 (приложение А). При использовании топлива с отличными от указанных в таблице А.1 характеристиками (влажность или зольность), а также при использовании другого, не указанного в таблице А.1 топлива, необходимо производить пересчет $V_{dry}^{1,4}, Q_i^r$ в соответствии с 6.1.5.5.

6.1.5.2 Теоретический объем трехатомных газов V_{RO_2} , м³/кг, полученный при полном сжигании одного килограмма топлива, рассчитывается по формуле:

$$V_{RO_2} = 1,866 \cdot \frac{C^r + 0,375 \cdot S_{O+K}^r}{100} \quad (7)$$

где C^r, S_{O+K}^r – содержание углерода и серы (органической и колчеданной) соответственно в рабочей массе топлива, %.

6.1.5.3 Теоретический объем азота $V_{N_2}^0$, м³/кг, полученный при полном сжигании одного килограмма топлива, рассчитывается по формуле:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \cdot \frac{N^r}{100} \quad (8)$$

где N^r – содержание азота в рабочей массе топлива, %;

V^0 – теоретический объем воздуха, необходимый для полного сгорания одного килограмма топлива, определяемый в соответствии с 6.1.5.4, м³/кг.

6.1.5.4 Теоретический объем воздуха V^0 , м³/кг, необходимый для полного сгорания одного килограмма топлива, рассчитывается по формуле:

$$V^0 = 0,0899 \cdot (C^r + 0,375 \cdot S_{O+K}^r) + 0,265 \cdot H^r - 0,0333 \cdot O^r \quad (9)$$

где C^r, S_{O+K}^r, H^r, O^r – содержание углерода, серы (органической и колчеданной), водорода и кислорода соответственно в рабочей массе топлива, %.

6.1.5.5 Значения $C^r, S_{O+K}^r, H^r, O^r, N^r$ для основных видов топлива приведены в таблице А.1 приложение А. При использовании топлива с отличными от указанных в таблице А.1 характеристиками (влажность и (или) зольность) производится пересчет объема $V_{dry}^{1,4}$ с влажности W_1 и зольности A_1 на влажность W_2 и зольность A_2 путем умножения на отношение:

$$\frac{100 - W_2 - A_2}{100 - W_1 - A_1} \quad (10)$$

где W_1 и A_1 – соответственно влажность и зольность, которые указаны для данного вида топлива в таблице А.1 (приложение А);

W_2 и A_2 – фактические влажность и зольность, указанные в паспортах, сертификатах качества, протоколах испытаний топлива.

При изменении влажности и (или) зольности топлива также изменяется и низшая рабочая теплота сгорания топлива:

$$Q_2^r = (Q_1^r + 0,102 \cdot W_1) \cdot \frac{100 - W_2 - A_2}{100 - W_1 - A_1} - 0,102 \cdot W_2 \quad (11)$$

где Q_1^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг, указанная для данного вида топлива в таблице А.1 (приложение А);

W_1, W_2, A_1, A_2 – то же, что и в формуле (10).

В приложении Ж приведен пример расчета максимальных и валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при использовании твердых видов топлива с отличными от указанных в таблице А.1 характеристиками (влажность и зольность).

6.1.6 Расчетный расход топлива B_s , кг/с ($\text{м}^3/\text{с}$), рассчитывается по формуле:

$$B_s = \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot B \quad (12)$$

где q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %. При сжигании газообразного топлива принимается $q_4=0$, $B_s=B$. При сжигании твердого и жидкого топлива и при работе котла в соответствии с режимной картой¹ q_4 принимается по таблице В.1 (приложение В).

B – фактический расход топлива на работу котла на максимальном режиме горения, кг/с ($\text{м}^3/\text{с}$), определяется по показаниям прибора или по обратному тепловому балансу (при проведении режимно-наладочных испытаний котла). Фактический расход топлива B , кг/с ($\text{м}^3/\text{с}$) на расчетной нагрузке может рассчитываться по формуле:

$$B = \frac{100 \cdot N}{Q_i^r \cdot \eta} \quad (13)$$

где N – расчетная нагрузка котла, МВт;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, при сжигании газообразного топлива МДж/ м^3 , при сжигании твердого и жидкого топлива МДж/кг;

η – коэффициент полезного действия "брутто" котла на расчетной нагрузке, %.

6.1.7 С учетом трансформации азота оксида в атмосферном воздухе, выбросы азота оксида и азота диоксида вычисляются по следующим формулам:

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot M_{NO_x} \quad (14)$$

$$M_{NO} = (1 - 0,8) \cdot M_{NO_x} \cdot \frac{\mu_{NO}}{\mu_{NO_2}} = 0,13 \cdot M_{NO_x} \quad (15)$$

где M_{NO_2} – выброс азота диоксида, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, г/с (т/год);

M_{NO} – выброс азота оксида, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, г/с (т/год);

M_{NO_x} – выброс азота оксидов, поступающих в атмосферный воздух с дымовыми газами, г/с (т/год);

μ_{NO} и μ_{NO_2} – молекулярные массы NO и NO_2 , равные 30 и 46 соответственно.

¹ Считается что котел работает по режимной карте, если при диагностике режим горения соответствует графику "топливо-воздух" и КПД "брутто" котла при диагностике не отличается от КПД "брутто" котла при режимно-наладочных испытаниях более чем на 0,5%. То есть, если значение выражения $(\eta^{\text{RNI}} - \eta^{\text{diag}}) / \eta^{\text{diag}} < \pm 0,005$ то считается что котел работает по режимной карте.

6.1.8 Валовой выброс¹ *j*-го загрязняющего вещества M_j^{te} , т/год, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяется при средних значениях массовой концентрации этого вещества за год, и рассчитывается по формуле:

$$M_j^{te} = \sum c_j \cdot V_{dry} \cdot 10^{-6} \quad (16)$$

где c_j – средневзвешенное значение концентрации *j*-го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах за год, мг/м³, определяемое в соответствии с 6.1.8.1;

V_{dry} – объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании топлива, тыс. м³/год, рассчитывается по формуле (6), где B_s определяется по формуле (12), т/год (тыс. м³/год), при B – фактическом расходе топлива за год для работающих котлов или планируемом на перспективу расходе топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год (тыс. м³/год).

6.1.8.1 Средневзвешенная за год концентрация *j*-го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах c_j , мг/м³, рассчитывается по формуле:

$$c_j = \frac{c_1 \cdot B_1 + c_2 \cdot B_2 + \dots + c_n \cdot B_n}{B_1 + B_2 + \dots + B_n} \quad (17)$$

где c_1, c_2, \dots, c_n – средние значения концентрации *j*-го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах в характерные периоды нагрузки котла за год, мг/м³;

B_1, B_2, \dots, B_n – фактический расход топлива на характерной нагрузке котла, которым соответствует концентрации c_1, c_2, \dots, c_n , т/год.

6.2 Определение выбросов расчетными методами

6.2.1 Расчет выбросов азота оксидов при сжигании газообразного и жидкого топлива.

6.2.1.1 Максимальное количество² азота оксидов M_{NO_x} , г/с, выбрасываемых в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{NO_x} = B_s \cdot Q_i^r \cdot K_{NO_x} \cdot \beta_k \cdot \beta_t \cdot \beta_r \cdot \beta_\delta \quad (18)$$

где B_s – расчетный расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, определяемый в соответствии с 6.1.6, кг/с (м³/с);

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, при сжигании газообразного топлива МДж/м³, при сжигании жидкого топлива МДж/кг;

¹ Расчет валовых выбросов в соответствии с 6.1.8 может производиться только при измерениях концентраций загрязняющих веществ на всех фактических режимах работы котла с учетом времени работы и фактического расхода топлива на данном режиме работы. Суммарный объем топлива, используемый в формуле (16) должен быть равен фактически израсходованному топливу за отчетный период. Проведение испытаний выбросов загрязняющих веществ и регистрация их характеристик производится в соответствии с требованиями [7]. При невыполнении любого из вышеперечисленных условий расчет валовых выбросов производится для каждого загрязняющего вещества в соответствии с 6.2.1.5 или 6.2.2.4 для азота оксидов, 6.2.3.2 для серы диоксида, 6.2.4.3 для углерода оксида.

² При совместном сжигании различных топлив максимальный выброс *j*-го загрязняющего вещества определяется как сумма максимальных выбросов при сжигании каждого вида топлива в самом неблагоприятном балансе по воздействию на атмосферный воздух, а валовой выброс как сумма валовых выбросов при сжигании каждого вида топлива. В случае сжигания на котле в течение года нескольких различных видов топлива, максимальный выброс определяется для топлива наиболее неблагоприятного по воздействию на атмосферный воздух, а валовой выброс как сумма валовых выбросов при сжигании каждого вида топлива.

K_{NO_x} – удельный выброс азота оксидов, определяемый для паровых котлов в соответствии с 6.2.1.2, для водогрейных котлов в соответствии с 6.2.1.3, грамм на мегаджоуль (г/МДж);

β_k – безразмерный коэффициент, учитывающий конструкцию горелки. При работе на жидком топливе и для всех дутьевых горелок напорного типа (то есть при наличии дутьевого вентилятора на котле) $\beta_k=1,0$. Для горелок инжекционного типа $\beta_k=1,6$. Для горелок двухступенчатого сжигания $\beta_k=0,7$;

β_t – безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения, определяемый в соответствии с 6.2.1.4;

β_r – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование азота оксидов. Значения коэффициента β_r приведены в таблице Б.2 (приложение Б);

β_δ – безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру. Значения коэффициента β_δ приведены в таблице Б.2 (приложение Б).

6.2.1.2 Удельный выброс азота оксидов K_{NO_x} , г/МДж, для паровых котлов рассчитывается по формуле:

при сжигании газообразного топлива:

$$K_{NO_x} = 0,01 \cdot \sqrt{1,59 \cdot B_s \cdot Q_i^r} + 0,03 \quad (19.1)$$

при сжигании жидкого топлива:

$$K_{NO_x} = 0,01 \cdot \sqrt{1,59 \cdot B_s \cdot Q_i^r} + 0,09 \quad (19.2)$$

где B_s – расчетный расход топлива на работу котла, кг/с (m^3/c). При расчете максимальных выбросов определяется на максимальной нагрузке в соответствии с 6.1.6, при расчете валовых выбросов рассчитывается по формуле:

$$B_s = \frac{B_s^t}{3,6 \cdot T} \quad (19.3)$$

где B_s^t – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (12), т/год (тыс. $m^3/год$) при B – фактическом расходе топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемом на перспективу расходе топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год (тыс. $m^3/год$);

T – общее количество часов работы котла за год на данном виде топлива;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/ m^3).

6.2.1.3 Удельный выброс азота оксидов K_{NO_x} , г/МДж, для водогрейных котлов рассчитывается по формуле:

при сжигании газообразного топлива:

$$K_{NO_x} = 0,0113 \cdot \sqrt{0,86 \cdot B_s \cdot Q_i^r} + 0,03 \quad (20.1)$$

при сжигании жидкого топлива:

$$K_{NO_x} = 0,0113 \cdot \sqrt{0,86 \cdot B_s \cdot Q_i^r} + 0,09 \quad (20.2)$$

где B_s – расчетный расход топлива на работу котла, кг/с (m^3/c). При расчете максимальных выбросов определяется на максимальной нагрузке в соответствии с 6.1.6, при расчете валовых выбросов рассчитывается по формуле (19.3);

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/ m^3).

6.2.1.4 Безразмерный коэффициент β_t , учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения, рассчитывается по формуле:

$$\beta_t = 0,94 + 0,002 \cdot t_h \quad (21)$$

где t_h – температура горячего воздуха, подаваемого для горения, °С.

6.2.1.5 Валовой выброс азота оксидов $M_{NO_x}^{te}$, т/год, поступающих в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{NO_x}^{te} = 10^{-3} \cdot B_s \cdot Q_i^r \cdot K_{NO_x} \cdot \beta_\kappa \cdot \beta_t \cdot \beta_r \cdot \beta_\delta \quad (22)$$

где B_s – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (12), т/год (тыс. м³/год) при B – фактическом расходе топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемом на перспективу расходе топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год (тыс. м³/год);

K_{NO_x} – удельный выброс азота оксидов, г/МДж, определяемый для паровых котлов в соответствии с 6.2.1.2, для водогрейных котлов в соответствии с 6.2.1.3;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/м³);

$\beta_\kappa, \beta_t, \beta_r, \beta_\delta$ то же что и в формуле (18).

6.2.2 Расчет выбросов азота оксидов при сжигании твердого топлива.

6.2.2.1 Максимальное количество азота оксидов M_{NO_x} , г/с, выбрасываемых в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{NO_x} = B_s \cdot Q_i^r \cdot K_{NO_x}^T \cdot \beta_p \quad (23)$$

где B_s – расчетный расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, определяемый в соответствии с 6.1.6, кг/с;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$K_{NO_x}^T$ – удельный выброс азота оксидов при сжигании твердого топлива, определяемый в соответствии с 6.2.2.2, г/МДж;

β_p – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, подаваемых в смеси с дутьевым воздухом под колосниковую решетку, на образование азота оксидов. Значения коэффициента β_p приведены в таблице Б.2 (приложение Б).

6.2.2.2 Удельный выброс азота оксидов при слоевом сжигании твердого топлива $K_{NO_x}^T$, г/МДж, рассчитывается по формуле:

$$K_{NO_x}^T = 10^{-3} \cdot H_T \cdot \alpha_T \cdot \sqrt{B_s \cdot (Q_i^r)^3} \quad (24)$$

где H_T – характеристика топлива, при сжигании различных топлив равна:

уголь	16,5
лигнин, торф.....	15,4
опилки, стружки, дрова.....	14,3
отходы древесные.....	13,2
костра, солома, сланцы	12,1

α_T – коэффициент избытка воздуха в топке, принимаемый для котлов мощностью:

до 0,3 МВт включ.....	3,0
св. 0,3 до 2 МВт включ.....	2,5
св. 2 до 10 МВт включ.....	2,0
св. 10 до 25 МВт включ.....	1,5

B_s – расчетный расход топлива на работу котла, кг/с. При расчете максимальных выбросов определяется на максимальной нагрузке в соответствии с 6.1.6, при расчете валовых выбросов рассчитывается по формуле (19.3);

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

6.2.2.3 Суммарные выбросы азота оксидов следует разделять на составляющие, расчет которых проводится согласно 6.1.7.

6.2.2.4 Валовой выброс азота оксидов $M_{NO_x}^{te}$, т/год, поступающих в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{NO_x}^{te} = 10^{-3} \cdot B_s \cdot Q_i^r \cdot K_{NO_x}^T \cdot \beta_p \quad (25)$$

где B_s – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (12), т/год, при B – фактическом расходе топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемом на перспективу расходе топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$K_{NO_x}^T$ – удельный выброс азота оксидов при сжигании твердого топлива, г/МДж, определяемый в соответствии с 6.2.2.2;

β_p – то же что и в формуле (23).

6.2.3 Расчет выбросов серы диоксида при сжигании твердого и жидкого топлива¹.

6.2.3.1 Максимальное количество серы диоксида M_{SO_2} , г/с, выбрасываемого в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - \eta_{S1}) \cdot (1 - \eta_{S2}) \cdot 10^3 \quad (26)$$

где B – фактический расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с;

S^r – максимальное содержание серы в рабочей массе топлива, %;

η_{S1} – доля серы оксидов, связываемых летучей золой в котле. Значения η_{S1} при сжигании различных видов топлива приведены в Г.1 (приложение Г);

η_{S2} – доля серы оксидов, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц. Доля серы оксидов η_{S2} , улавливаемых в сухих золоуловителях, принимается равной нулю. В мокрых золоуловителях эта доля зависит от общей щелочности орошающей воды и от приведенной сернистости топлива S^g . При характерных для эксплуатации удельных расходах воды на орошение золоуловителей 0,1-0,15 дм³/м³ η_{S2} определяется по рисунку Г.2 (приложение Г).

6.2.3.2 Валовой выброс серы диоксида $M_{SO_2}^{te}$, т/год, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{SO_2}^{te} = 0,02 \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - \eta_{S1}) \cdot (1 - \eta_{S2}) \quad (27)$$

где B – фактический расход топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемый на перспективу расход топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год;

¹ При сжигании газообразного топлива выбросы серы диоксида для котлов мощностью до 25 МВт не превышают значений в пределах погрешности методик определения, и поэтому в настоящем техническом кодексе не рассчитываются.

S^r – среднее содержание серы в рабочей массе топлива, %;

η_{S1}, η_{S2} – то же что и в формуле (26).

6.2.4 Расчет выбросов углерода оксида.

6.2.4.1 Максимальное количество углерода оксида M_{CO} , г/с, выбрасываемого в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{CO} = B_s \cdot C_{CO} \quad (28)$$

где B_s – расчетный расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, определяемый в соответствии с 6.1.6, кг/с (m^3/c);

C_{CO} – выход углерода оксида при сжигании топлива, определяемый в соответствии с 6.2.4.2, г/кг ($г/м^3$);

6.2.4.2 Выход углерода оксида C_{CO} , г/кг или $г/м^3$, рассчитывается по формуле:

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_i^r \quad (29)$$

где q_3 – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %, определяемые в соответствии со следующей таблицей:

Номинальная тепловая мощность котла, МВт	При сжигании газообразного топлива	При сжигании жидкого топлива	При сжигании твердого топлива
до 0,3 включ.	0,11	0,4	0,9
св. 0,3 до 2 «	0,09	0,3	0,7
« 2 « 10 «	0,07	0,2	0,5
« 10 « 25 «	0,05	0,1	0,3

R – коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания углерода оксида, принимается для:

твердого топлива..... 1,0

жидкого топлива..... 0,65

газообразного топлива..... 0,5

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг ($МДж/м^3$).

6.2.4.3 Валовой выброс углерода оксида M_{CO}^{te} , т/год, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{CO}^{te} = 10^{-3} \cdot B_s \cdot C_{CO} \quad (30)$$

где B_s – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (12), т/год (тыс. $м^3/год$), при B – фактическом расходе топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемом на перспективу расходе топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год (тыс. $м^3/год$);

C_{CO} – выход углерода оксида при сжигании топлива, определяемый в соответствии с 6.2.4.2, г/кг ($г/м^3$).

6.2.5 Максимальная концентрация j -го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах c_j , $мг/м^3$, рассчитывается по формуле:

$$c_j = \frac{M_j}{V_{dry}} \cdot 10^3 \quad (31)$$

где M_j – максимальное количество загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяемое для азота оксидов в соответствии с 6.2.1.1 или 6.2.2.1, для серы диоксида в соответствии с 6.2.3.1, для

углерода оксида в соответствии с 6.2.4.1, г/с;

V_{dry} – объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании топлива, определяемый в соответствии с 6.1.5, м³/с.

7 Порядок определения выбросов твердых загрязняющих веществ

7.1 Определение выбросов по данным инструментальных замеров

7.1.1 Максимальное количество твердых частиц M_{PM} , г/с, выбрасываемых в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяется при сжигании твердых топлив и рассчитывается по формуле:

$$M_{PM} = c_{PM} \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3} \quad (32)$$

где c_{PM} – концентрация твердых частиц в сухих дымовых газах, определяется в соответствии с 7.1.2, мг/м³;

V_{dry} – объем дымовых газов, измеренный в том же сечении газохода, где замерялась концентрация твердых частиц (на максимальном режиме горения топлива в котле) и пересчитанный на сухой газ в соответствии с 6.1.4, или рассчитанный по известному расходу и химическому составу сжигаемого топлива в соответствии с 6.1.5, м³/с.

7.1.2 Концентрация твердых частиц в сухих дымовых газах рассчитывается по формуле:

$$c_{PM} = \frac{c_{PM}^{meas} \cdot \alpha}{1,4 \cdot \left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b}\right)} \quad (33)$$

где c_{PM}^{meas} – измеренная концентрация твердых частиц в соответствии с [4], мг/м³;

α – коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы, определяемый в соответствии с 6.1.2.1;

P_{H_2O} – парциальное давление водяных паров на линии насыщения при температуре окружающего воздуха (прибора), кПа, определяемое в соответствии с таблицей Б.2 (приложение Б);

P_b – барометрическое давление воздуха в момент проведения измерений, кПа.

7.1.3 Валовые выбросы твердых частиц, поступающие в атмосферный воздух с дымовыми газами за год, определяются расчетным методом в соответствии с 7.2.5.

7.2 Определение выбросов расчетными методами

7.2.1 Максимальное количество твердых частиц, выбрасываемых в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяется при сжигании твердых и жидких топлив:

а) при сжигании твердых топлив может производиться по одному из двух вариантов:

1) согласно 7.2.2 при наличии данных инструментальных измерений содержания горючих в уносе G_{ab} , %;

2) согласно 7.2.3 при отсутствии данных инструментальных измерений содержания горючих в уносе G_{ab} , %;

б) при сжигании дизельного, печного бытового и других легких жидких топлив согласно 7.2.4.

в) при сжигании мазута количество мазутной золы в пересчете на ванадий

рассчитывается в соответствии с 7.2.6, количество сажи в составе твердых частиц рассчитывается в соответствии с 7.2.4.

7.2.2 Максимальное количество твердых частиц M_{PM} , г/с, выбрасываемых в атмосферный воздух с дымовыми газами, при сжигании твердых топлив при наличии данных инструментальных измерений содержания горючих в уносе G_{ab} , %, рассчитывается по формуле:

$$M_{PM} = B \cdot (1 - \eta_c) \cdot A^r \cdot \frac{\alpha_{ab}}{100 - G_{ab}} \cdot 10^3 \quad (34)$$

где B – фактический расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с;
 η_c – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях (в расчете не учитывается влияние сероулавливающих установок);

A^r – максимальная зольность топлива на рабочую массу, %;

α_{ab} – доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе);

G_{ab} – содержание горючих в уносе, %.

7.2.3 Максимальное количество твердых частиц M_{PM} , г/с, выбрасываемых в атмосферный воздух с дымовыми газами, при сжигании твердых топлив при отсутствии данных инструментальных измерений содержания горючих в уносе G_{ab} , %, рассчитывается по формуле:

$$M_{PM} = 0,01 \cdot B \cdot (1 - \eta_c) \cdot \left(\alpha_{ab} \cdot A^r + q_{ab} \cdot \frac{Q_i^r}{32,68} \right) \cdot 10^3 \quad (35)$$

где B – фактический расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с;

η_c – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях (в расчете не учитывается влияние сероулавливающих установок);

α_{ab} – доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе), принимается по таблице В.1 (Приложение В);

A^r – максимальная зольность топлива на рабочую массу, %;

q_{ab} – потери теплоты с уносом от механической неполноты сгорания топлива, %, принимаются по таблице В.1 (приложение В);

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

7.2.4 Максимальное количество сажи M_C , г/с, выбрасываемой в атмосферный воздух с дымовыми газами, при сжигании мазута, дизельного, печного бытового и других легких жидких топлив, рассчитывается по формуле:

$$M_C = 0,01 \cdot B \cdot (1 - \eta_c) \cdot q_{ab} \cdot \frac{Q_i^r}{32,68} \cdot 10^3 \quad (36)$$

где B – фактический расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с;

η_c – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях (в расчете не учитывается влияние сероулавливающих установок);

q_{ab} – потери теплоты с уносом от механической неполноты сгорания топлива, %, принимаются по таблице В.1 (приложение В);

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

7.2.5 Валовой выброс твердых частиц M_{PM}^{te} и сажи M_C^{te} , т/год, поступающих в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формулам: при сжигании твердых топлив:

$$M_{PM}^{te} = 0,01 \cdot B \cdot (1 - \eta_c) \cdot \left(\alpha_{ab} \cdot A^r + q_{ab} \cdot \frac{Q_i^r}{32,68} \right) \quad (37)$$

при сжигании мазута, дизельного, печного бытового и других легких жидких топлив:

$$M_C^{te} = 0,01 \cdot B \cdot (1 - \eta_c) \cdot q_{ab} \cdot \frac{Q_i^r}{32,68} \quad (38)$$

где B – фактический расход топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемый на перспективу расход топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

A^r – фактическая зольность топлива на рабочую массу, %;

$\eta_c, \alpha_{ab}, q_{ab}$ – то же, что и в формуле (35).

7.2.6 Максимальное количество мазутной золы в пересчете на ванадий M_{BS} , г/с, выбрасываемое в атмосферный воздух с дымовыми газами при сжигании мазута, рассчитывается по формуле:

$$M_{BS} = G_v \cdot B \cdot (1 - \eta_v) \cdot \left(1 - \frac{\eta_k}{100} \right) \cdot 10^{-3} \quad (39)$$

где G_v – количество ванадия, находящегося в 1 т мазута, определяемое в соответствии с 7.2.7, г/т;

B – фактический расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с;

η_v – доля ванадия, оседающего с твердыми частицами на поверхности нагрева мазутных котлов, которую принимают равной: 0,07 – для котлов с промпароперегревателями, очистка поверхностей которых производится в остановленном состоянии; 0,05 – для котлов без промпароперегревателей при тех же условиях очистки;

η_k – степень очистки дымовых газов от мазутной золы в золоулавливающих установках, %, рассчитывается по приложению Д.

7.2.7 Количество ванадия, находящегося в одной тонне мазута G_v , г/т, можно определить одним из двух способов:

- по результатам химического анализа мазута $G_v = f_v \cdot 10^4$
где f_v – фактическое содержание элемента ванадия в мазуте, %;
- по приближенной формуле $G_v = 2222 \cdot A^r$
где A^r – содержание золы в мазуте на рабочую массу, %.

7.2.8 Валовой выброс мазутной золы в пересчете на ванадий M_{BS}^{te} , т/год, поступающей в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{BS}^{te} = G_v \cdot B \cdot (1 - \eta_v) \cdot \left(1 - \frac{\eta_k}{100} \right) \cdot 10^{-6} \quad (40)$$

где G_v – количество ванадия, находящегося в одной тонне мазута, определяемое в

соответствии с 7.2.7, г/т;

B – фактический расход топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемый на перспективу расход топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год;

η_v, η_k – то же что и в формуле (39).

7.2.9 Максимальная концентрация твердых частиц рассчитывается по формуле (31), где M_j – максимальное количество загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяемое в соответствии с 7.2.2 или 7.2.3, г/с;

V_{dry} – объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании топлива, определяемый в соответствии с 6.1.5, м³/с.

8 Порядок определения выбросов бенз(а)пирена

8.1 Определение выбросов при сжигании жидкого и газообразного топлива

8.1.1 Максимальное количество бенз(а)пирена, выбрасываемого в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле (1), где концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах определяется при $\alpha_o=1,4$ и нормальных условиях в зависимости от типа котла, вида топлива и коэффициента избытка воздуха в дымовых газах.

При теплонапряжении топочного объема менее 0,1 МВт/м³, определенного в соответствии с 8.1.2, концентрация бенз(а)пирена не рассчитывается, так как её значение очень мало и не превышает значений в пределах погрешности методик определения. При теплонапряжении топочного объема более 0,1 МВт/м³, концентрация бенз(а)пирена c_{bp}^i , мг/м³, рассчитывается по формулам:

для паровых котлов при сжигании жидкого топлива:

$$c_{bp}^{sbo} = 10^{-3} \cdot \frac{\alpha \cdot R_{bo} \cdot (0,34 + 0,42 \cdot 10^{-3} \cdot q_v)}{1,4 \cdot e^{1,12 \cdot (\alpha - 1)}} \cdot K_n \cdot K_{cir} \cdot K_{cb} \quad (41)$$

для паровых котлов при сжигании газообразного топлива:

$$c_{bp}^{sg} = 10^{-3} \cdot \frac{\alpha \cdot (0,032 + 0,043 \cdot 10^{-3} \cdot q_v)}{1,4 \cdot e^{0,88 \cdot (\alpha - 1)}} \cdot K_n \cdot K_{cir} \cdot K_{cb} \quad (42)$$

для водогрейных котлов при сжигании жидкого топлива:

$$c_{bp}^{wbo} = 10^{-6} \cdot \frac{\alpha \cdot R_{bo} \cdot (0,52 \cdot q_v - 28,0)}{1,4 \cdot 0,88 \cdot e^{1,12 \cdot (\alpha - 1)}} \cdot K_n \cdot K_{cir} \cdot K_{cb} \cdot K_o \quad (43)$$

для водогрейных котлов при сжигании газообразного топлива:

$$c_{bp}^{wg} = 10^{-6} \cdot \frac{\alpha \cdot (0,11 \cdot q_v - 7,0)}{1,4 \cdot 1,12 \cdot e^{0,88 \cdot (\alpha - 1)}} \cdot K_n \cdot K_{cir} \cdot K_{cb} \quad (44)$$

где R_{bo} – коэффициент, учитывающий способ распыливания жидкого топлива, для паромеханических форсунок равен 0,75, для остальных случаев равен 1;

α – коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы, определяемый в соответствии с 6.1.2.1;

q_v – теплонапряжение топочного объема, кВт/м³. При сжигании топлива, предусмотренного для использования в данном типе котельного оборудования,

величина q_v берется из технической документации на котельное оборудование. При отсутствии данных в технической документации или при сжигании другого (непроектного) топлива величина q_v рассчитывается в соответствии с 8.1.2;

K_n – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки котла на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, определяется по Е.1 (приложение Е);

K_{cir} – коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, определяется по Е.2 (приложение Е);

K_{cb} – коэффициент, учитывающий влияние ступенчатого сжигания на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, определяется по Е.3 (Приложение Е);

K_o – коэффициент, учитывающий влияние дробевой очистки конвективных поверхностей нагрева на работающем котле, принимается:

- при периоде между очистками 12 ч 1,5
- при периоде между очистками 24 ч 2,0
- при периоде между очистками 48 ч 2,5

8.1.2 Теплонапряжение топочного объема q_v , кВт/м³, рассчитывается по формуле:

$$q_v = 10^3 \cdot \frac{B_s \cdot Q_i^r}{V_T} \quad (45)$$

где B_s – расчетный расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, определяемый в соответствии с 6.1.6, кг/с (м³/с);

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/м³);

V_T – объем топочной камеры, м³, определяется из технической документации на котел.

8.1.3 Валовой выброс бенз(а)пирена M_{BP}^{te} , т/год, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{BP}^{te} = c_{bp}^i \cdot V_{dry} \cdot 10^{-6} \quad (46)$$

где c_{bp}^i – концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, определяемая по формуле (17) как средневзвешенное значение концентраций, рассчитанных в соответствии с 8.1.1, мг/м³;

V_{dry} – объем сухих дымовых газов, рассчитанный по формуле (6), тыс. м³/год, где

B_s – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (12), т/год (тыс. м³/год), при B – фактическом расходе топлива за рассматриваемый период для работающих котлов или планируемом на перспективу расходе топлива для существующих, проектируемых, модернизируемых, реконструируемых котлов, т/год (тыс. м³/год).

8.2 Определение выбросов при слоевом сжигании твердых топлив

8.2.1 Максимальное количество бенз(а)пирена, выбрасываемого в атмосферный воздух с дымовыми газами при слоевом сжигании твердых топлив, рассчитывается по формуле (1), где концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах при $\alpha_o=1,4$ и нормальных условиях рассчитывается по формуле:

$$c_{bp} = 10^{-6} \cdot \left(\frac{H_T \cdot (Q_i^r)^2 - \frac{P}{t_H}}{e^{0,12 \cdot (\alpha - 1)}} \right) \cdot \frac{\alpha}{1,4} \cdot K_n \cdot K_d \quad (47)$$

где H_T – характеристика топлива, определяемая в соответствии с 6.2.2.2;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

α – коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы, определяемый в соответствии с 6.1.2.1;

P – коэффициент, характеризующий температурный уровень экранов: для $t_n \geq 350^\circ\text{C}$ равен 450, для t_n от 105 до 350 равен 350, для $t_n < 105^\circ\text{C}$ равен 290;

t_n – температура насыщения пара при давлении в барабане паровых котлов или воды на выходе из котла для водогрейных котлов или температура уходящих газов на выходе из жарового канала для газогенераторов;

K_n – коэффициент, учитывающий нагрузку котла, определяемый в соответствии с 8.2.2;

K_d – коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителем, определяемый в соответствии с 8.2.3.

8.2.2 Коэффициент, учитывающий нагрузку котла K_n , рассчитывается по формуле:

$$K_n = \left(\frac{D_n}{D_f} \right)^{1,2} \text{ или } K_n = \left(\frac{Q_n}{Q_f} \right)^{1,2} \quad (48)$$

где D_n, D_f – номинальная и фактическая паропроизводительность котла соответственно, т/ч;

Q_n, Q_f – номинальная и фактическая теплопроизводительность котла соответственно, Гкал/ч.

8.2.3 Коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителем K_d , рассчитывается по формуле:

$$K_d = 1 - \frac{\eta_d \cdot Z}{100} \quad (49)$$

где η_d – степень очистки газов в золоуловителе по золе, %;

Z – коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности золоуловителем бенз(а)пирена:

а) при температуре газов перед золоуловителем t_d больше 185°C

- 1) Z равен 0,8 - для сухих золоуловителей;
- 2) Z равен 0,9 - для мокрых золоуловителей;

б) при температуре газов перед золоуловителем t_d меньше 185°C

- 1) Z равен 0,7 - для сухих золоуловителей;
- 2) Z равен 0,8 - для мокрых золоуловителей.

8.2.4 Валовой выброс бенз(а)пирена M_{BP}^{te} , т/год, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами определяется в соответствии с 8.1.3, где c_{bp}^i – среднее значение концентрации бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, определяемая как средневзвешенное значение концентраций (формула (17)), рассчитанных в соответствии с 8.2.1, мг/м³.

Приложение А
(справочное)

Таблица А.1 – Расчетные характеристики твердых и жидких топлив

Наименование топлива	Марка ¹	Класс или вид	Состав рабочей массы топлива, %							Низшая рабочая теплота сгорания, МДж/кг	Объемы воздуха и продуктов сгорания м ³ /кг, t=0°C, P=101,3 кПа						Отношение объема сухих и влажных продуктов сгорания k	Предельные значения, %	
			W _t ^r	A ^r	S _{o+k} ^r	C ^r	H ^r	N ^r	O ^r		Q _i ^r	V _B ⁰	V _{RO₂}	V _{N₂} ⁰	V _{H₂O} ^{1,4}	V _{dry} ^{1,4}		V _{damp} ^{1,4}	W ^r
Донецкий б-н	Д	Р	13,0	27,8	2,9	44,1	3,3	0,9	8,0	17,25	4,63	0,84	3,66	0,63	6,35	6,99	0,91	18,0	35,0
Донецкий б-н	Г	Р	10,0	28,4	3,0	48,3	3,4	0,9	5,6	18,92	5,11	0,92	4,04	0,62	7,01	7,63	0,92	12,0	37,5
Донецкий б-н	Ж	Р	6,0	30,1	2,5	53,4	3,3	1,0	3,7	21,14	5,58	1,01	4,42	0,57	7,66	8,23	0,93	8,0	37,5
Донецкий б-н	Т	Р	6,0	32,0	2,2	55,2	2,5	1,0	1,1	20,60	5,61	1,05	4,44	0,48	7,73	8,20	0,94	8,0	35,0
Донецкий б-н	А	СШ	8,5	34,8	1,5	52,2	1,0	0,5	1,5	18,23	4,91	0,98	3,88	0,33	6,83	7,15	0,95	9,0	40,0
Кузнецкий б-н	Д	Р, СШ	11,5	15,9	0,4	56,4	4,0	1,9	9,9	21,90	5,76	1,06	4,56	0,72	7,92	8,64	0,92	13,0	25,0
Кузнецкий б-н	Г	Р, СШ	8,5	16,9	0,4	60,1	4,2	2,0	7,9	23,57	6,21	1,12	4,92	0,71	8,53	9,24	0,92	11,0	25,0
Кузнецкий б-н	Т	Р, СШ	7,0	14,6	0,5	70,2	3,0	1,7	3,0	25,12	6,95	1,31	5,51	0,58	9,60	10,18	0,94	10,0	25,0
Кузнецкий б-н	А	Р	10,0	16,2	0,4	68,8	1,5	0,8	2,3	24,16	6,45	1,29	5,10	0,44	8,97	9,41	0,95	12,0	20,0
Днепровский б-н	1Б	Р	54,0	16,6	1,9	19,5	1,7	0,2	6,1	6,38	2,04	1,38	1,62	0,90	3,82	4,72	0,81	60,0	20,0
Кизеловский б-н	Ж	Р	6,0	32,0	5,3	48,6	3,5	0,6	4,0	19,68	5,29	0,94	4,19	0,58	7,25	7,83	0,93	7,0	37,0
Кизеловский б-н	Г	Р, МСШ	7,5	37,9	4,3	41,5	3,2	0,5	5,1	16,71	4,51	0,80	3,57	0,55	6,18	6,73	0,92	10,0	45,0
Канско-Ачинский б-н, Ирша-Бородинское	2Б	Р	33,0	7,4	0,2	42,6	3,0	0,6	13,2	15,28	4,15	0,80	3,28	0,84	5,74	6,57	0,87	36,0	20,0
Канско-Ачинский б-н, Назаровское	2Б	Р	39,0	7,9	0,4	37,2	2,5	0,5	12,5	12,85	3,57	0,70	2,82	0,84	4,95	5,79	0,85	40,0	20,0
Канско-Ачинский б-н, Березовское	2Б	Р	33,0	4,7	0,2	44,2	3,1	0,4	14,4	15,66	4,28	0,83	3,38	0,85	5,92	6,77	0,87	38,0	12,0
Канско-Ачинский б-н, Боготольское	1Б	-	44,0	6,7	0,5	34,3	2,4	0,3	11,8	11,81	3,31	0,64	2,62	0,89	4,58	5,47	0,84	45,0	12,0
Канско-Ачинский б-н, Большесырское	3Б	-	24,0	6,1	0,2	51,7	3,6	0,6	13,8	19,05	5,10	0,97	4,03	0,81	7,04	7,85	0,90	30,0	12,0
Иркутский б-н, Черемховское	Д	Р, МСШ	15,0	29,8	0,9	42,5	3,1	0,6	8,1	16,41	4,36	0,80	3,45	0,63	5,99	6,62	0,91	19,0	40,0
Иркутский б-н, Азейское	3Б	Р	25,0	16,5	0,5	42,7	3,1	0,9	11,3	15,99	4,26	0,80	3,37	0,75	5,87	6,62	0,89	30,0	27,5
Партизанский б-н	Г	Р, СШ	5,5	34,0	0,4	49,8	3,2	0,8	6,3	19,47	5,08	0,93	4,02	0,54	6,98	7,52	0,93	7,0	40,0
Партизанский б-н	Ж	Р	5,5	32,1	0,4	52,7	3,2	0,7	5,4	20,52	5,37	0,99	4,25	0,54	7,38	7,92	0,93	7,0	40,0
Партизанский б-н	Т	Р	5,0	28,5	0,5	58,8	2,7	0,7	3,8	22,19	5,83	1,10	4,61	0,49	8,05	8,54	0,94	8,0	35,0
Печорский б-н, Интинское	Д	Р	11,5	28,8	2,5	44,2	2,9	1,5	8,6	16,87	4,49	0,84	3,56	0,57	6,20	6,77	0,92	13,0	33,0
Печорский б-н, Воркутинское	Ж	Р	8,0	29,4	1,0	52,6	3,3	1,5	4,2	20,77	5,44	0,99	4,31	0,59	7,48	8,07	0,93	9,0	35,0

¹ Д – длиннопламенный, Г – газовый, Ж – жирный, Т – тощий, А – антрациты, 1Б – бурый с влагоемкостью более 50%, 2Б – бурый с влагоемкостью от 30 до 50%, 3Б – бурый с влагоемкостью до 30%

Продолжение таблицы А.1

Наименование топлива	Марка	Класс или вид	W_t^r	A^r	S_{o+k}^r	C^r	H^r	N^r	O^r	Q_i^r	V_B^0	V_{RO_2}	$V_{N_2}^0$	$V_{H_2O}^{1,4}$	$V_{dry}^{1,4}$	$V_{damp}^{1,4}$	k	W^r	A^d
Эстон-сланец	сланец	0-300 мм	12,0	44,4	1,4	19,9	2,6	0,1	2,9	9,00	2,41	0,38	1,90	0,49	3,25	3,74	0,87	-	-
Ленинград-сланец	сланец	0-300 мм	11,0	48,2	1,3	17,3	2,2	0,1	2,5	7,66	2,08	0,33	1,64	0,43	2,81	3,24	0,87	-	-
Кашпирское мес-ие	сланец	0-300 мм	14,0	58,9	2,4	10,9	1,4	0,3	3,8	4,60	1,29	0,22	1,02	0,36	1,76	2,12	0,83	-	-
Мазут малозольный	40 или 100	вид I	0,15	0,04	0,4	86,3	12,91		0,2	40,48	11,19	1,61	8,84	1,69	14,92	16,61	0,90	1,0	0,05
Мазут малозольный	40 или 100	вид II	0,2	0,04	0,85	85,6	13,01		0,3	40,39	11,16	1,60	8,82	1,70	14,89	16,58	0,90	1,0	0,05
Мазут малозольный	40 или 100	вид III	0,36	0,04	1,2	85,0	13,0		0,4	40,21	11,11	1,59	8,78	1,70	14,82	16,52	0,90	1,0	0,05
Мазут малозольный	40 или 100	вид IV	0,49	0,04	1,8	84,1	13,07		0,5	40,04	11,07	1,58	8,74	1,71	14,75	16,46	0,90	1,0	0,05
Мазут малозольный	40 или 100	вид V	0,74	0,04	2,2	83,2	13,22		0,6	39,92	11,04	1,57	8,72	1,73	14,70	16,43	0,89	1,0	0,05
Мазут малозольный	40 или 100	вид VI	1	0,04	2,7	82,4	13,16		0,7	39,64	10,96	1,56	8,66	1,72	14,60	16,32	0,89	1,0	0,05
Мазут зольный	40 или 100	вид I	0,2	0,12	0,4	85,8	13,23		0,25	40,63	11,22	1,60	8,87	1,72	14,96	16,69	0,90	1,0	0,14
Мазут зольный	40 или 100	вид II	0,3	0,12	0,85	85,1	13,23		0,4	40,43	11,17	1,59	8,83	1,72	14,89	16,61	0,90	1,0	0,14
Мазут зольный	40 или 100	вид III	0,5	0,12	1,2	84,5	13,13		0,55	40,16	11,10	1,59	8,77	1,71	14,79	16,51	0,90	1,0	0,14
Мазут зольный	40 или 100	вид IV	0,7	0,12	1,8	83,7	13,08		0,6	39,90	11,03	1,57	8,71	1,71	14,70	16,41	0,90	1,0	0,14
Мазут зольный	40 или 100	вид V	1	0,12	2,2	83	12,98		0,7	39,60	10,95	1,56	8,65	1,70	14,60	16,30	0,90	1,0	0,14
Мазут зольный	40 или 100	вид VI	1,0	0,12	2,7	82,5	12,88		0,8	39,32	10,88	1,55	8,59	1,69	14,50	16,19	0,90	1,0	0,14
Дизельное топливо		вид I		0,1	0,15	83,3	16,2		0,25	42,71	11,78	1,56	9,30	2,06	15,57	17,64	0,88	-	0,1
Дизельное топливо		вид II		0,1	0,4	83,3	15,9		0,3	42,44	11,71	1,56	9,25	2,03	15,49	17,52	0,88	-	0,1
Печное бытовое топливо		вид А		0,02	0,03	84,3	15,5		0,15	42,35	11,68	1,57	9,23	1,98	15,47	17,46	0,89	-	0,02
Печное бытовое топливо		вид В		0,02	0,04	84,3	15,46		0,18	42,30	11,67	1,57	9,22	1,98	15,46	17,44	0,89	-	0,02
Печное бытовое топливо		вид С		0,02	0,07	84,3	15,4		0,21	42,25	11,65	1,57	9,21	1,97	15,44	17,42	0,89	-	0,02
Печное бытовое топливо				0,02	0,4	84,3	15		0,28	41,88	11,56	1,58	9,13	1,93	15,33	17,26	0,89	-	0,02
Печное бытовое топливо				0,02	1	84,3	14,3		0,38	41,25	11,39	1,58	9,00	1,84	15,13	16,98	0,89	-	0,02
Брикеты торфяные	Из верхового торфа		15	5	0,1	47,1	5,4	0,8	26,6	17,37	4,78	0,88	3,78	0,89	6,58	7,47	0,88	22,0	23,0
	Из низинного торфа		15	9	0,2	44,9	5,1	1,2	24,6	16,59	4,58	0,84	3,62	0,86	6,29	7,15	0,88	22,0	23,0
	С гречишными из низинного торфа		15	11	0,1	37,6	6,6	2,2	27,5	15,39	4,22	0,70	3,35	1,01	5,74	6,75	0,85	18,0	13,5
	С древесными опилками из низинного торфа		15	6,5	0,1	44	6,3	1	27,1	17,20	4,73	0,82	3,74	0,99	6,45	7,45	0,87	22,0	16,4
	С лигнином из низинного торфа		20	15	0,4	38,8	6,1	1	18,7	16,11	4,50	0,73	3,56	1,03	6,08	7,11	0,86	22,0	20,0
Торф кусковой верховой			33,0	4	0,1	37,7	4,3	1	19,9	14,24	3,87	0,70	3,06	0,97	5,32	6,29	0,85	40,0	23,0
Торф фрезерный верховой			45,0	5	0,2	30	8	0,8	11	15,31	4,46	0,56	3,53	1,55	5,87	7,42	0,79	52,0	23,0
Торф фрезерный низинный			45,0	9	0,3	29,4	7,9	1,4	7	15,45	4,51	0,55	3,58	1,54	5,93	7,47	0,79	52,0	23,0

Окончание таблицы А.1

Наименование топлива	Марка или вид	W_t^r	A^r	S_{o+k}^r	C^r	H^r	N^r	O^r	Q_i^r	V_B^0	V_{RO_2}	$V_{N_2}^0$	$V_{H_2O}^{1,4}$	$V_{dry}^{1,4}$	$V_{damp}^{1,4}$	k	W^r	A^d
Отходы древесные для топливных нужд	Кора, кородревесные остатки	40	3,5	0,1	33,75	3,62	0,49	18,54	11,56	3,38	0,63	2,67	0,97	4,66	5,63	0,83	40,0	3,5
	Щепа из малоплотной древесины	40	3	0,1	34,04	3,66	0,49	18,71	11,68	3,41	0,64	2,70	0,98	4,70	5,68	0,83	40,0	3,0
	Щепа из среднеплотной древесины	40	3	0,1	33,62	3,64	0,49	19,15	11,48	3,35	0,63	2,65	0,98	4,62	5,60	0,83	40,0	3,0
	Древесные отходы, обрезки	40	0,6	0,05	32,77	3,69	0,36	22,53	10,90	3,18	0,61	2,51	0,98	4,39	5,37	0,82	40,0	1,5
Топливо энергетическое из быстрорастущей древесины для топливных нужд		40	2,7	0	27,9	3,4	0,5	25,5	10,55	2,56	0,52	2,03	0,93	3,57	4,50	0,79	40,0	2,7
Древесина дровяная для топливных нужд	Хвойные	40	0,6	0,05	30,8	3,65	0,36	24,54	10,01	2,92	0,58	2,31	0,97	4,05	5,02	0,81	40,0	1,5
	Лиственные малоплотные	40	0,6	0,05	31,01	3,76	0,36	24,22	10,22	2,98	0,58	2,36	0,98	4,13	5,11	0,81	40,0	1,5
	Лиственные среднеплотные	40	0,6	0,05	31,96	3,61	0,36	23,42	10,47	3,05	0,60	2,41	0,97	4,23	5,20	0,81	40,0	1,5
	Смешанные	40	0,6	0,05	31,21	3,68	0,36	24,1	10,22	2,98	0,58	2,36	0,97	4,13	5,10	0,81	40,0	1,5
Древесные стружки, опилки для топливных нужд		40	0,6	0,05	31,52	3,65	0,36	23,82	10,32	3,01	0,59	2,38	0,97	4,17	5,14	0,81	40,0	1,0
Костра для топливных нужд		15	2,5	0,15	42,36	4,86	0,49	34,64	14,49	3,95	0,79	3,12	0,81	5,49	6,31	0,87	25,0	3,0
Отходы сельскохозяйственного производства, в том числе солома для топливных нужд		15	3	0,1	41,14	4,99	0,49	35,28	14,15	3,85	0,77	3,04	0,83	5,35	6,18	0,87	25,0	3,0
Деревянные шпалы для топливных нужд		30	1,2	0,15	34,64	3,85	0,3	29,86	9,9	3,15	0,65	2,49	0,87	4,39	5,26	0,83	30,0	1,5
Брикеты лигнинные		20	15	0,3	42,06	3,93	1,14	17,57	15,14	4,25	0,79	3,36	0,78	5,85	6,63	0,88	22,0	20,0
Лигнин исправленный площадка по ул. Ленина, г. Бобруйск		65	3,7	0,6	17,33	1,9	0,06	11,41	4,78	1,70	0,33	1,34	1,06	2,35	3,41	0,69	75,0	8,0
Лигнин исправленный полигон Титовка, г. Бобруйск		60	3,5	0,12	20,14	2,31	0,05	13,88	5,90	1,96	0,38	1,55	1,04	2,71	3,76	0,72	65,0	8,0

Таблица А.2 Расчетные характеристики газообразных топлив

Газопровод	Концентрация водяных паров, г/м ³ (об. %)	Плотность, кг/м ³	Низшая теплота сгорания, МДж/м ³	Содержание компонентов, объемная доля, %								Объемы воздуха и продуктов сгорания м ³ /м ³ , t=0°C, P=101,3 кПа						Отношение объема сухих и влажных продуктов сгорания
				Q_i^r	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄	CO ₂	N ₂	V_B^0	V_{RO_2}	$V_{N_2}^0$	$V_{H_2O}^{1,4}$	$V_{dry}^{1,4}$	
Торжок – Минск – Ивацевичи	0,0489	0,6820	33,53	98,043	0,799	0,206	0,070	0,014	0,006	0,033	0,821	9,54	1,01	7,55	2,21	12,37	14,58	0,85
Торжок – Долина	0,0457	0,6807	33,51	98,120	0,740	0,201	0,073	0,012	0,003	0,032	0,812	9,54	1,01	7,55	2,21	12,37	14,58	0,85

Приложение Б
(справочное)

Б.1 Значения коэффициентов для основных газообразных загрязняющих веществ, содержащихся в выбрасываемых в атмосферный воздух дымовых газах:

$$\rho_{CO} = 1,25 \text{ мг/м}^3$$

$$\rho_{NO} = 1,34 \text{ мг/м}^3$$

$$\rho_{NO_2} = 2,05 \text{ мг/м}^3$$

$$\rho_{SO_2} = 2,86 \text{ мг/м}^3$$

Таблица Б.2 – Значения коэффициентов, учитывающих влияние рециркуляции дымовых газов через горелки и ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру на образование азота оксидов:

	Коэффициент β_r учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки		Коэффициент β_δ учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру		Коэффиц иент β_p при сжигании твердых топлив
	газообразное топливо	жидкое топливо	газообразное топливо	жидкое топливо	
Котлы не оснащены системой рециркуляции дымовых газов и (или) ступенчатым вводом воздуха	1	1	1	1	1
Котлы оснащены системой рециркуляции дымовых газов и (или) ступенчатым вводом воздуха	$1-0,16 \cdot \sqrt{r}$	$1-0,17 \cdot \sqrt{r}$	$1-0,022 \cdot \delta$	$1-0,018 \cdot \delta$	$1-0,075 \cdot \sqrt{r}$

Примечание – r – степень рециркуляции дымовых газов, %, δ – доля воздуха, подаваемого в промежуточную зону факела, %

Таблица Б.3 – Значения парциального давления водяных паров на линии насыщения в зависимости от температуры окружающего воздуха

$t, ^\circ\text{C}$	$P_{H_2O}, \text{кПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$P_{H_2O}, \text{кПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$P_{H_2O}, \text{кПа}$
0	0,611	11	1,313	22	2,645
1	0,657	12	1,403	23	2,811
2	0,706	13	1,498	24	2,986
3	0,758	14	1,599	25	3,170
4	0,813	15	1,705	26	3,364
5	0,872	16	1,818	27	3,564
6	0,935	17	1,938	28	3,779
7	1,002	18	2,065	29	4,004
8	1,073	19	2,198	30	4,241
9	1,148	20	2,339	31	4,491
10	1,228	21	2,488	32	4,753

Приложение В
(справочное)

Таблица В.1 – Значения q_4 , α_{ab} , q_{ab} для различных топок и топлив

Вид топок	Топливо	q_4 , %	α_{ab}	q_{ab}
Топки с пневмомеханическими забрасывателями и цепной решеткой прямого хода	Каменные угли типа Донецкого	6,5	0,17	5,5
	Каменные угли типа Кузнецкого	4,0	0,20	3,0
	Донецкий антрацит	11,0	0,10	8,5
	Кузнецкий антрацит	9,5	0,10	4,0
Топки с пневмомеханическими забрасывателями и цепной решеткой обратного хода	Каменные угли типа Донецкого	7,0	0,15	4,0
	Каменные угли типа Кузнецкого	6,5	0,15	4,0
	Бурые угли типа Азейского	7,5	0,15	4,5
	Бурые угли типа Артемовского	5,5	0,19	2,5
	Бурые угли типа Подмосковского	7,0	0,11	2,5
	Бурые угли типа Ирша-Бородинского	4,5	0,50	2,0
	Бурые угли типа Назаровского	5,0	0,50	2,0
Топки с пневмомеханическими забрасывателями и решеткой с поворотными колосниками	Каменные угли типа Донецкого	8,0	0,15	6,0
	Каменные угли типа Кузнецкого	6,5	0,20	5,5
	Бурые угли типа Ирша-Бородинского	5,0	0,20	3,0
	Бурые угли типа Азейского	6,5	0,20	3,0
Камерные топки с твердым шлакоудалением	Каменные угли	1,5	0,95	1,0
	Бурые угли	2,0	0,95	1,5
	Фрезерный торф	2,5	0,95	1,0
	Сланец	0,5	0,95	0,2
Камерные топки с жидким шлакоудалением	Каменные угли	0,5	0,8	0,2
	Бурые угли	0,3	0,7	0,1
Камерные топки	Мазут, нефть	0,1	0,05	0,02
	Дизельное, печное бытовое	0,08	0,045	0,02
	Газ (природный, попутный)	0	0	0
	Доменный газ	0	0	0
Топки шахтные, шахтно-цепные, скоростного горения	Торф кусковой, фрезерный верховой	2,5	0,08	1,5
	Торф фрезерный низинный	4,5	0,08	2,0
	Торфяные брикеты из верхового торфа	3,0	0,06	1,5
	Торфяные брикеты из низинного торфа (с гречишными, с древесными опилками)	5,0	0,06	2,0
	Торфяные брикеты с лигнином из низинного торфа	7,0	0,10	2,0
	Щепа, кородревесные остатки	4,0	0,15	2,5
	Дрова	4,0	0,2	1,0
	Древесные отходы, обрезки	4,0	0,2	1,2
	Опилки, стружки	1,5	0,2	0,7
	Костра, солома	2,0	0,25	0,5
	Лигнинные брикеты	6,0	0,10	2,5
	Лигнин исправленный	7,0	0,15	2,5
Слоевые топки бытовых теплогенераторов	Дрова	2,5	0,025	0,2
Газогенераторы	Биомасса	2,5	0,05	0,5
Котлы с кипящим слоем	Биомасса	2,0	0,06	0,5

Приложение Д
(справочное)

**Определение степени улавливания мазутной золы в пересчете на ванадий
в золоулавливающих установках**

Д.1 Степень очистки газов от мазутной золы (в пересчете на ванадий), η_k , %, в специально применяемых для этого батарейных циклонах рассчитывается по формуле:

$$\eta_k = 0,076 \cdot (\eta_o)^{1,85} - 2,32 \cdot \eta_o \quad (\text{Д.1})$$

где η_o - общая степень улавливания твердых частиц, образующихся при сжигании мазута в котлах, %.

Примечание - Зависимость (Д.1) действительна при выполнении условия $65\% < \eta_o < 85\%$

Д.2 При совместном сжигании мазута и твердого топлива в пылеугольных котлах степень улавливания мазутной золы в пересчете на ванадий, в золоулавливающих установках определяется по формуле:

$$\eta_k = \eta_c \cdot C \quad (\text{Д.2})$$

где η_c - общая степень улавливания твердых частиц при сжигании твердого топлива, %;

C - коэффициент, равный:

0,6..... для электрофильтров;

0,5..... для мокрых аппаратов;

0,3..... для батарейных циклонов.

Приложение Е

(справочное)

Коэффициенты, учитывающие влияние различных факторов на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания

Е.1 Коэффициент, учитывающий влияние нагрузки котла на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, определяется по формуле:

$$K_n = 7,46 \cdot e^{-1,99 \cdot \bar{Q}} \quad (\text{Е.1})$$

где \bar{Q} – относительная тепловая нагрузка котла, которая рассчитывается по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{Q_f}{Q_n} \text{ или } \bar{Q} = \frac{D_f}{D_n} \quad (\text{Е.2})$$

где Q_f , Q_n – фактическая и номинальная теплопроизводительность котла соответственно, Гкал/ч;

D_f , D_n – фактическая и номинальная паропроизводительность котла соответственно, т/ч.

Е.2 Коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, определяется по одному из двух вариантов:

а) при рециркуляции в дутьевой воздух или кольцевой канал вокруг горелок:

$$K_{cir} = 4 \cdot r + 1 \quad (\text{Е.3})$$

где r – доля подаваемого на рециркуляцию воздуха.

б) при рециркуляции в шлицы под горелками:

$$K_{cir} = 2,5 \cdot r + 1 \quad (\text{Е.4})$$

где r – доля подаваемого на рециркуляцию воздуха.

Е.3 Коэффициент, учитывающий влияние ступенчатого сжигания на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, определяется по формуле:

$$K_{cb} = 7,12 \cdot w + 0,99 \quad (\text{Е.5})$$

где w – доля воздуха, подаваемого помимо горелок (над ними).

Приложение Ж
(справочное)

Ж.1 Пересчет твердых видов топлива из складочных или насыпных метров кубических в килограммы при наличии паспортов, сертификатов качества, протоколов испытаний топлива.

Масса древесины при влажности W рассчитывается по формуле:

$$m_w = V_w \cdot k \cdot \rho_w$$

где m_w – масса древесины при влажности W , кг;

V_w – объем местных видов топлива, для древесины измеряется в складочных метрах кубических (скл. м³), для отходов и опилок древесных измеряется в насыпных метрах кубических (нас. м³);

k – коэффициент полндревесности перевода складочной (насыпной) меры в плотную, определяется по таблицам Ж.1 и Ж.2;

ρ_w – плотность древесины при влажности W , кг/м³, рассчитываемая по формуле:

$$\rho_w = \rho_{12} \cdot \left(\frac{100+W}{124} \right)$$

где ρ_{12} – плотность древесины при нормальной влажности $W=12$ %, кг/м³, определяется по таблице Ж.3;

W – фактическое значение влажности древесины из паспорта, сертификата качества, протокола испытания топлива, %.

Таблица Ж.1 – Коэффициенты полндревесности для древесины

Длина, м	Круглые				Расколотые	Смесь круглых и расколотых
	тонкие, диаметр до 10 см	средние, диаметр св. 10 до 30 см	толстые с корой, диаметр св. 30 см	толстые без коры, диаметр св. 30 см		
Хвойные породы						
до 1 включ.	0,75	0,78	0,76	0,79	0,74	0,75
св. 1 до 2 «	0,67	0,70	0,68	0,76	0,68	0,69
« 2 « 3 «	0,61	0,64	0,65	0,73	0,63	0,65
Лиственные породы						
до 1 включ.	0,70	0,76	0,69	0,79	0,73	0,73
св. 1 до 2 «	0,61	0,68	0,67	0,77	0,66	0,67
« 2 « 3 «	0,55	0,62	0,65	0,74	0,61	0,63
Смесь деревьев хвойных и лиственных пород						
до 1 включ.	0,72	0,77	0,70	0,79	0,73	0,74
св. 1 до 2 «	0,64	0,69	0,67	0,76	0,67	0,68
« 2 « 3 «	0,58	0,63	0,65	0,73	0,62	0,64

Таблица Ж.2 – Коэффициенты полндревесности для отходов, опилок древесных, костры льняной и отходов сельскохозяйственного производства

Кора, кородревесные остатки	0,40
Щепа	0,42
Сучья	0,59
Пни	0,66
Древесные отходы, обрезки	0,38
Древесные стружки, опилки	0,20
Костра, отходы сельскохозяйственного производства	0,16
Топливо энергетическое из быстрорастущей древесины	0,36

Таблица Ж.3 – Плотность древесины при нормальной влажности $W=12\%$, кг/м³

Древесина хвойная, в том числе	470
Ель	445
Сосна	500
Древесина лиственная малоплотная, в том числе	480
Тополь	455
Ива	460
Липа	495
Осина	496
Каштан	500
Древесина лиственная среднеплотная, в том числе	630
Ольха	525
Орех	590
Береза	630
Вяз	650
Дуб	690
Клен	690
Древесина смешанная	510
Щепа из среднеплотной древесины	400
Щепа из малоплотной древесины	350
Кора, кородревесные остатки	320
Древесные отходы, обрезки	300
Древесные стружки, опилки	240
Костра льняная	190
Отходы сельскохозяйственного производства	180

Ж.2 Пересчет твердых видов топлива из единиц измерения в тонны натурального и условного топлива при отсутствии паспортов, сертификатов качества, протоколов испытаний топлива.

Таблица Ж.3 – Коэффициенты пересчета топлива из единиц измерения в тонны натурального и условного топлива

Тип топлива	Единица измерения при поступлении на котельную (при заготовке)	Коэффициент пересчета из единиц измерения в плотные куб. м	Коэффициент пересчета одного плотного куб. м в тонну натурального топлива	Калорийный эквивалент для пересчета одной тонны натурального топлива в тонну условного топлива
Дрова хвойные	складочный куб. м	0,78	0,65	0,38
Дрова лиственные	складочный куб. м	0,72	0,70	0,39
Дрова смешанные	складочный куб. м	0,75	0,67	0,40
Кора, кородревесные остатки	насыпной куб. м	0,40	0,39	0,42
Щепа из малоплотной древесины (ель, сосна, тополь, липа, осина, ива)	насыпной куб. м	0,42	0,42	0,40
Щепа из среднеплотной древесины (береза, ольха, орех, дуб, клен)	насыпной куб. м	0,42	0,48	0,42
Сучья	складочный куб. м	0,59	0,50	0,3
Пни	складочный куб. м	0,66	0,55	0,33
Древесные стружки, опилки	насыпной куб. м	0,20	0,29	0,36
Древесные отходы, обрезки	насыпной куб. м	0,38	0,48	0,36
Костра льняная	насыпной куб. м	0,16	0,18	0,5
Отходы сельскохозяйственного производства	насыпной куб. м	0,16	0,17	0,5
Деревянные шпалы, рудничная стойка	т	-	-	0,34
Топливо энергетическое из быстрорастущей древесины	насыпной куб. м	0,36	0,53	0,36
Лигнинные брикеты из лигнина гидролизного нейтрализованного	т	-	-	0,45
Лигнин исправленный, площадка по ул. Ленина, г. Бобруйск	т	-	-	0,15
Лигнин исправленный, полигон Титовка, г. Бобруйск	т	-	-	0,21

Ж.3 Пример 1: Паровой котел мощностью 650 кВт на газообразном топливе в течение марта месяца работал следующим образом:

Нагрузка, кВт	240	400	560
КПД "брутто" котла, %	93,8	94,1	94,2
Число часов работы	74	184	406
Расход топлива, м ³ /с (формула (13))	$0,240/(33,51 \cdot 0,938)=0,0076$	$0,400/(33,51 \cdot 0,941)=0,0127$	$0,560/(33,51 \cdot 0,942)=0,0178$
Содержание O ₂ в уходящих газах, %	13,4	12,5	9,3
Коэффициент избытка воздуха, α (формула (3))	$21/(21-13,4)=2,76$	$21/(21-12,5)=2,47$	$21/(21-9,3)=1,79$
Концентрация СО максимальная, ppm	28	34	52
Концентрация СО максимальная, мг/м ³ (формула (4))	$28 \cdot 1,25 \cdot 2,76/1,4=69,08$	$34 \cdot 1,25 \cdot 2,47/1,4=75,00$	$52 \cdot 1,25 \cdot 1,79/1,4=83,33$
Концентрация СО средняя, ppm	26	22	30
Концентрация СО средняя, мг/м ³ (формула (4))	$26 \cdot 1,25 \cdot 2,76/1,4=64,06$	$22 \cdot 1,25 \cdot 2,47/1,4=48,52$	$30 \cdot 1,25 \cdot 1,79/1,4=47,95$
Концентрация NO _x максимальная, ppm	24	29	37
Концентрация NO _x максимальная, мг/м ³ (формула (4))	$24 \cdot 2,05 \cdot 2,76/1,4=96,99$	$29 \cdot 2,05 \cdot 2,47/1,4=104,89$	$37 \cdot 2,05 \cdot 1,79/1,4=96,98$
Концентрация NO _x средняя, ppm	20	26	23
Концентрация NO _x средняя, мг/м ³ (формула (4))	$20 \cdot 2,05 \cdot 2,76/1,4=80,83$	$26 \cdot 2,05 \cdot 2,47/1,4=94,04$	$23 \cdot 2,05 \cdot 1,79/1,4=60,28$

Определение выбросов по данным инструментальных замеров

Расчет максимальных выбросов в соответствии с разделом 6.1, объем сухих дымовых газов определяется в соответствии с пунктом 6.1.5

Для расчета максимальных выбросов выбираем:

Концентрация СО 83,33 мг/м³, расход топлива 0,0178 м³/с

Концентрация NO_x 96,98 мг/м³, расход топлива 0,0178 м³/с

$$V_{dry} = 0,0178 \cdot 12,37 = 0,220 \text{ м}^3/\text{с} \text{ формула (6)}$$

где 0,0178 – расход топлива на максимальной нагрузке, м³/с;

12,37 – теоретический объем сухих дымовых газов, таблица А.2 (приложение А), м³/м³.

$$M_{CO} = 83,33 \cdot 0,220 \cdot 10^{-3} = 0,0183 \text{ г/с формула (1)}$$

где 83,33 – максимальная концентрация углерода оксида, мг/м³;

0,220 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

$$M_{NO_x} = 96,98 \cdot 0,220 \cdot 10^{-3} = 0,0213 \text{ г/с формула (1)}$$

где 96,98 - максимальная концентрация азота оксидов, мг/м³;

0,220 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

ТКП 17.08-01-2006

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 \cdot 0,0213 = 0,0171 \quad \text{г/с формула (14)}$$

$$M_{\text{NO}} = 0,13 \cdot 0,0213 = 0,0028 \quad \text{г/с формула (15)}$$

Расчет валовых выбросов в соответствии с разделом 6.1

Для расчета валовых выбросов выбираем:

Потребление топлива на первой нагрузке $0,0076 \cdot 3600 \cdot 74 / 1000 = 2,02$ тыс. м^3

Потребление топлива на второй нагрузке $0,0127 \cdot 3600 \cdot 184 / 1000 = 8,41$ тыс. м^3

Потребление топлива на третьей нагрузке $0,0178 \cdot 3600 \cdot 406 / 1000 = 26,02$ тыс. м^3

Общее потребление топлива $2,02 + 8,41 + 26,02 = 36,45$ тыс. $\text{м}^3/\text{мес}$

Производим расчет средневзвешенной концентрации по формуле (17):

Концентрация CO $(64,06 \cdot 2,02 + 48,52 \cdot 8,42 + 47,95 \cdot 26,01) / 36,45 = 48,97$ $\text{мг}/\text{м}^3$

Концентрация NO_x $(80,83 \cdot 2,02 + 94,04 \cdot 8,42 + 60,28 \cdot 26,01) / 36,45 = 69,22$ $\text{мг}/\text{м}^3$

$$V_{\text{dry}} = 36,45 \cdot 12,37 = 450,89 \quad \text{тыс. м}^3/\text{мес формула (6)}$$

где 36,45 – общее потребление топлива за месяц, тыс. $\text{м}^3/\text{мес}$;

12,37 – теоретический объем сухих дымовых газов, таблица А.2 (приложение А), $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$$M_{\text{CO}}^{\text{те}} = 48,97 \cdot 450,89 \cdot 10^{-6} = 0,0221 \quad \text{т/мес формула (16)}$$

где 48,97 – средневзвешенная концентрация углерода оксида, $\text{мг}/\text{м}^3$;

450,89 - объем сухих дымовых газов, тыс. $\text{м}^3/\text{мес}$.

$$M_{\text{NO}_x}^{\text{те}} = 69,22 \cdot 450,89 \cdot 10^{-6} = 0,0312 \quad \text{т/мес формула (16)}$$

где 69,22 - средневзвешенная концентрация азота оксидов, $\text{мг}/\text{м}^3$;

450,89 - объем сухих дымовых газов, тыс. $\text{м}^3/\text{мес}$.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{\text{NO}_2}^{\text{те}} = 0,8 \cdot 0,0312 = 0,0250 \quad \text{т/мес формула (14)}$$

$$M_{\text{NO}}^{\text{те}} = 0,13 \cdot 0,0312 = 0,0041 \quad \text{т/мес формула (15)}$$

Определение выбросов расчетными методами

Расчет максимальных выбросов в соответствии с разделом 6.2

$$C_{\text{CO}} = 0,09 \cdot 0,5 \cdot 33,51 = 1,51 \quad \text{г}/\text{м}^3 \quad \text{формула (29)}$$

где 0,09 – q_3 из таблицы пункта 6.2.4.2;

0,5 – коэффициент R;

33,51 – низшая теплота сгорания топлива, $\text{МДж}/\text{м}^3$.

$$M_{\text{CO}} = 0,0178 \cdot 1,51 = 0,0269 \quad \text{г/с формула (28)}$$

где 0,0178 – расход топлива на максимальной нагрузке, $\text{м}^3/\text{с}$;

1,51 – выход углерода оксида при сжигании топлива, $\text{г}/\text{м}^3$.

$$K_{\text{NO}_x} = 0,01 \cdot \sqrt{1,59 \cdot 0,0178 \cdot 33,51} + 0,03 = 0,0397 \quad \text{г}/\text{МДж} \quad \text{формула (19.1)}$$

где 0,0178 – расход топлива на максимальной нагрузке, $\text{м}^3/\text{с}$;

33,51 – низшая теплота сгорания топлива, $\text{МДж}/\text{м}^3$.

$$M_{NO_x} = 0,0178 \cdot 33,51 \cdot 0,0397 = 0,0237 \text{ г/с формула (18)}$$

где 0,0178 – расход топлива на максимальной нагрузке, м³/с;

33,51 – низшая теплота сгорания топлива, МДж/м³;

0,0397 – удельный выброс азота оксидов, г/МДж.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,0237 = 0,0189 \text{ г/с формула (14)}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,0237 = 0,0031 \text{ г/с формула (15)}$$

Расчет валовых выбросов в соответствии с разделом 6.2

$$M_{CO}^{te} = 36,45 \cdot 1,51 \cdot 10^{-3} = 0,0550 \text{ т/мес формула (30)}$$

где 36,45 – общее потребление топлива за месяц, тыс. м³/мес;

1,51 - выход углерода оксида при сжигании топлива, г/м³, формула (29).

$$K_{NO_x} = 0,01 \cdot \sqrt{1,59 \cdot 0,0152 \cdot 33,51} + 0,03 = 0,0389 \text{ г/МДж формула (19.1)}$$

где 0,0152=36,45/(3,6·664) – расход топлива на средней за месяц нагрузке, м³/с;

36,45 – общее потребление топлива за месяц, тыс. м³/мес;

664 – количество часов работы котла за месяц, ч;

33,51 – низшая теплота сгорания топлива, МДж/м³.

$$M_{NO_x}^{te} = 36,45 \cdot 33,51 \cdot 0,0389 \cdot 10^{-3} = 0,0475 \text{ т/мес формула (22)}$$

где 36,45 – общее потребление топлива за месяц, тыс. м³/мес;

33,51 – низшая теплота сгорания топлива, МДж/м³;

0,0389 – удельный выброс азота оксидов, г/МДж, формула (19.1).

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2}^{te} = 0,8 \cdot 0,0475 = 0,0380 \text{ т/мес формула (14)}$$

$$M_{NO}^{te} = 0,13 \cdot 0,0475 = 0,0062 \text{ т/мес формула (15)}$$

Пример 2: Водогрейный котел ДЕ 10-14 ГМ на газообразном топливе в течение января месяца работал следующим образом:

Нагрузка, МВт	2,2	3,7	4,9
КПД "брутто" котла, %	87,9	90,2	92,4
Число часов работы	86	275	330
Расход топлива, м ³ /с (формула (13))	$2,2/(33,51 \cdot 0,879)=0,075$	$3,7/(33,51 \cdot 0,902)=0,122$	$4,9/(33,51 \cdot 0,924)=0,158$
Содержание O ₂ в уходящих газах, %	8,4	7,7	7,3
Коэффициент избытка воздуха, α (формула (3))	$21/(21-8,4)=1,66$	$21/(21-7,7)=1,59$	$21/(21-7,3)=1,53$
Концентрация СО максимальная, ppm	28	24	32
Концентрация СО максимальная, мг/м ³ (формула (4))	$28 \cdot 1,25 \cdot 1,66/1,4=41,5$	$24 \cdot 1,25 \cdot 1,59/1,4=34,07$	$32 \cdot 1,25 \cdot 1,53/1,4=43,71$
Концентрация СО средняя, ppm	26	18	22
Концентрация СО средняя, мг/м ³ (формула (4))	$26 \cdot 1,25 \cdot 1,66/1,4=38,54$	$18 \cdot 1,25 \cdot 1,59/1,4=25,55$	$22 \cdot 1,25 \cdot 1,53/1,4=30,05$
Концентрация NO _x максимальная, ppm	14	16	13
Концентрация NO _x максимальная, мг/м ³ (формула (4))	$14 \cdot 2,05 \cdot 1,66/1,4=34,03$	$16 \cdot 2,05 \cdot 1,59/1,4=36,25$	$13 \cdot 2,05 \cdot 1,53/1,4=29,12$
Концентрация NO _x средняя, ppm	9	12	8
Концентрация NO _x средняя, мг/м ³ (формула (4))	$9 \cdot 2,05 \cdot 1,66/1,4=21,88$	$12 \cdot 2,05 \cdot 1,59/1,4=27,94$	$8 \cdot 2,05 \cdot 1,53/1,4=17,92$
Измеренная скорость потока, м/с	6,5	10,1	12,5
Объем сухих дымовых газов, м ³ /с, формула (5)	$6,5 \cdot 0,283 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 273 \cdot (98,2-0,004) / ((1,66 \cdot (273+100) \cdot 101,3) = 0,936$	$10,1 \cdot 0,283 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 273 \cdot (98,2-0,004) / ((1,59 \cdot (273+100) \cdot 101,3) = 1,518$	$12,5 \cdot 0,283 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 273 \cdot (98,2-0,004) / ((1,53 \cdot (273+100) \cdot 101,3) = 1,952$
	0,283 – площадь газохода, м ² ; 98,2 – барометрическое давление в момент проведения испытаний, кПа; 0,004 – избыточное разрежение в газоходе, кПа; 100 – температура отходящих дымовых газов в момент проведения испытаний, °С.		

Определение выбросов по данным инструментальных замеров

Расчет максимальных выбросов в соответствии с разделом 6.1, объем сухих дымовых газов определяется в соответствии с пунктом 6.1.4

Для расчета максимальных выбросов выбираем:

Концентрация СО 43,71 мг/м³, объем сухих дымовых газов 1,952 м³/с

Концентрация NO_x 29,12 мг/м³, объем сухих дымовых газов 1,952 м³/с

$$M_{CO} = 43,71 \cdot 1,952 \cdot 10^{-3} = 0,0853 \text{ г/с формула (1)}$$

где 43,71 – максимальная концентрация углерода оксида, мг/м³;

1,952 – объем сухих дымовых газов, м³/с.

$$M_{NO_x} = 29,12 \cdot 1,952 \cdot 10^{-3} = 0,0568 \text{ г/с формула (1)}$$

где 29,12 – максимальная концентрация азота оксидов, мг/м³;

1,952 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,0568 = 0,0455 \quad \text{г/с формула (14)}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,0568 = 0,0074 \quad \text{г/с формула (15)}$$

Расчет максимальных выбросов в соответствии с разделом 6.1, объем сухих дымовых газов определяется в соответствии с пунктом 6.1.5

Для расчета максимальных выбросов выбираем:

Концентрация CO 43,71 мг/м³, расход топлива 0,158 м³/с

Концентрация NO_x 29,12 мг/м³, расход топлива 0,158 м³/с

$$V_{dry} = 0,158 \cdot 12,37 = 1,955 \quad \text{м}^3/\text{с формула (6)}$$

где 0,158 – расход топлива на максимальной нагрузке, м³/с;

12,37 – теоретический объем сухих дымовых газов, таблица А.2 (приложение А), м³/м³.

$$M_{CO} = 43,71 \cdot 1,955 \cdot 10^{-3} = 0,0855 \quad \text{г/с формула (1)}$$

где 43,71 – максимальная концентрация углерода оксида, мг/м³;

1,955 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

$$M_{NO_x} = 29,12 \cdot 1,955 \cdot 10^{-3} = 0,0569 \quad \text{г/с формула (1)}$$

где 29,12 - максимальная концентрация азота оксидов, мг/м³;

1,955 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,0569 = 0,0455 \quad \text{г/с формула (14)}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,0569 = 0,0074 \quad \text{г/с формула (15)}$$

Расчет валовых выбросов в соответствии с разделом 6.1

Для расчета валовых выбросов выбираем:

Потребление топлива на первой нагрузке $0,075 \cdot 3600 \cdot 86 / 1000 = 23,22$ тыс. м³

Потребление топлива на второй нагрузке $0,122 \cdot 3600 \cdot 275 / 1000 = 120,78$ тыс. м³

Потребление топлива на третьей нагрузке $0,158 \cdot 3600 \cdot 330 / 1000 = 187,70$ тыс. м³

Общее потребление топлива $23,22 + 120,78 + 187,7 = 331,7$ тыс. м³/мес

Производим расчет средневзвешенной концентрации по формуле (17):

Концентрация CO $(38,54 \cdot 23,22 + 25,55 \cdot 120,78 + 30,05 \cdot 187,7) / 331,7 = 29,01$ мг/м³

Концентрация NO_x $(21,88 \cdot 23,22 + 27,94 \cdot 120,78 + 17,92 \cdot 187,7) / 331,7 = 21,85$ мг/м³

$$V_{dry} = 331,7 \cdot 12,37 = 4103,13 \quad \text{тыс. м}^3/\text{мес формула (6)}$$

где 331,7 – общее потребление топлива за месяц, тыс. м³/мес;

12,37 – теоретический объем сухих дымовых газов, таблица А.2 (приложение А), м³/м³;

$$M_{CO}^{te} = 29,01 \cdot 4103,13 \cdot 10^{-6} = 0,1190 \quad \text{т/мес формула (16)}$$

где 29,01 – средневзвешенная концентрация углерода оксида, мг/м³;

4103,13 - объем сухих дымовых газов, тыс. м³/мес.

$$M_{NO_x}^{te} = 21,85 \cdot 4103,13 \cdot 10^{-6} = 0,0897 \quad \text{т/мес формула (16)}$$

где 21,85 - средневзвешенная концентрация азота оксидов, мг/м³;

4103,13 - объем сухих дымовых газов, тыс. м³/мес.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются

ТКП 17.08-01-2006

на составляющие:

$$M_{NO_2}^{te} = 0,8 \cdot 0,0897 = 0,0717 \quad \text{т/мес формула (14)}$$

$$M_{NO}^{te} = 0,13 \cdot 0,0897 = 0,0117 \quad \text{т/мес формула (15)}$$

Определение выбросов расчетными методами

Расчет максимальных выбросов в соответствии с разделом 6.2

$$C_{CO} = 0,07 \cdot 0,5 \cdot 33,51 = 1,17 \quad \text{г/м}^3 \text{ формула (29)}$$

где 0,07 – q_3 из таблицы пункта 6.2.4.2;

0,5 – коэффициент R;

33,51 – низшая теплота сгорания топлива, МДж/м³.

$$M_{CO} = 0,158 \cdot 1,17 = 0,1849 \quad \text{г/с формула (28)}$$

где 0,158 – расход топлива на максимальной нагрузке, м³/с;

1,17 – выход углерода оксида при сжигании топлива, г/м³.

$$K_{NO_x} = 0,0113 \cdot \sqrt{0,86 \cdot 0,158 \cdot 33,51} + 0,03 = 0,0541 \quad \text{г/МДж формула (20.1)}$$

где 0,158 – расход топлива на максимальной нагрузке, м³/с;

33,51 – низшая теплота сгорания топлива, МДж/м³.

$$M_{NO_x} = 0,158 \cdot 33,51 \cdot 0,0541 = 0,2864 \quad \text{г/с формула (18)}$$

где 0,158 – расход топлива на максимальной нагрузке, м³/с;

33,51 – низшая теплота сгорания топлива, МДж/м³;

0,0541 – удельный выброс азота оксидов, г/МДж.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,2864 = 0,2291 \quad \text{г/с формула (14)}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,2864 = 0,0372 \quad \text{г/с формула (15)}$$

Расчет валовых выбросов в соответствии с разделом 6.2

$$M_{CO}^{te} = 331,7 \cdot 1,17 \cdot 10^{-3} = 0,3881 \quad \text{т/мес формула (30)}$$

где 331,7 – общее потребление топлива за месяц, тыс. м³/мес;

1,17 - выход углерода оксида при сжигании топлива, г/м³, формула (29).

$$K_{NO_x} = 0,0113 \cdot \sqrt{0,86 \cdot 0,1333 \cdot 33,51} + 0,03 = 0,0522 \quad \text{г/МДж формула (20.1)}$$

где 0,1333=331,7/(3,6·691) – расход топлива на средней за месяц нагрузке, м³/с;

331,7 – общее потребление топлива за месяц, тыс. м³/мес;

691 - количество часов работы котла за месяц, ч;

33,51 – низшая теплота сгорания топлива, МДж/м³.

$$M_{NO_x}^{te} = 331,7 \cdot 33,51 \cdot 0,0522 \cdot 10^{-3} = 0,5802 \quad \text{т/мес формула (22)}$$

где 331,7 – общее потребление топлива за месяц, тыс. м³/мес;

33,51 – низшая теплота сгорания топлива, МДж/м³;

0,0522 – удельный выброс азота оксидов, г/МДж, формула (20.1).

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2}^{te} = 0,8 \cdot 0,5802 = 0,4642 \quad \text{т/мес формула (14)}$$

$$M_{NO}^{te} = 0,13 \cdot 0,5802 = 0,0754 \quad \text{т/мес формула (15)}$$

Пример 3: Паровой котел номинальной мощностью 650 кВт работает на местных видах топлива.

За март месяц на котельную поступило две партии твердого топлива:

- первая 325 насыпных м³ щепы древесной, предельная зольность 3,0%, предельная сернистость 0,25%, фактическая зольность 2,1%, фактическая сернистость 0,2%, фактическая влажность 47%. Щепа произведена из малоплотной древесины;

- вторая 160 складочных м³ древесины дровяной, предельная зольность 1,5%, предельная сернистость 0,1%, фактическая зольность 0,4%, фактическая сернистость 0,08%, фактическая влажность 51%. Партия содержала дрова смешанные, круглые, средние длиной от 1,0 до 2,0 м.

Характеристики первой партии топлива, таблица А.1 (приложение А):

$$Q^r = 11,68 \text{ МДж/кг} \quad V^{1,4} = 4,70 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Произведем пересчет элементарного состава топлива с влажности 40% и зольности 3,0% (указаны в таблице А.1 приложение А) на фактические влажность 47% и зольность 2,1%:

$$Q^r = (11,68 + 0,102 \cdot 40) \cdot (100 - 47 - 2,1) / (100 - 40 - 3,0) - 0,102 \cdot 47 = 9,25 \text{ МДж/кг} \quad \text{формула (11)}$$

$$V^{1,4} = 4,70 \cdot (100 - 47 - 2,1) / (100 - 40 - 3,0) = 4,20 \text{ м}^3/\text{кг} \quad \text{формула (10)}$$

Рассчитаем плотность щепы при влажности 47%, учитывая, что щепа произведена из малоплотной древесины:

$$\rho_{47} = 350 \cdot \left(\frac{100 + 47}{124} \right) = 415 \text{ кг/м}^3$$

где 350 – плотность щепы при влажности 12%, таблица Ж.3.

Переведем насыпной объем щепы в плотный:

$$325 \cdot 0,42 = 136,5 \text{ пл. м}^3$$

где 0,42 – коэффициент полндревесности для щепы из таблицы Ж.2.

Рассчитаем массу щепы в килограммах:

$$m_{47} = 136,5 \cdot 415 = 56636 \text{ кг}$$

Характеристики второй партии топлива, таблица А.1 (приложение А):

$$Q^r = 10,22 \text{ МДж/кг} \quad V^{1,4} = 4,13 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Произведем пересчет элементарного состава топлива с влажности 40% и зольности 0,6% (указаны в таблице А.1 приложение А) на фактические влажность 51% и зольность 0,4%:

$$Q^r = (10,22 + 0,102 \cdot 40) \cdot (100 - 51 - 0,4) / (100 - 40 - 0,6) - 0,102 \cdot 51 = 6,50 \text{ МДж/кг} \quad \text{формула (11)}$$

$$V^{1,4} = 4,13 \cdot (100 - 51 - 0,4) / (100 - 40 - 0,6) = 3,38 \text{ м}^3/\text{кг} \quad \text{формула (10)}$$

Рассчитаем плотность дров смешанных при влажности 51%:

$$\rho_{51} = 510 \cdot \left(\frac{100 + 51}{124} \right) = 621 \text{ кг/м}^3$$

где 510 – плотность дров при влажности 12%, таблица Ж.3.

Переведем складочный объем дров в плотный, учитывая, что сожжены круглые, средние длиной от 1,0 до 2,0 м дрова:

$$160 \cdot 0,69 = 110,4 \text{ пл. м}^3$$

где 0,69 – коэффициент полндревесности для дров из таблицы Ж.1.

Рассчитаем массу дров в килограммах:

$$m_{51} = 110,4 \cdot 621 = 68558 \text{ кг}$$

ТКП 17.08-01-2006

Параметры работы котла на первой партии топлива были следующими:

Нагрузка, кВт	260	400	600
КПД "брутто" котла, %	86,7	88,9	92,3
Число часов работы	45	173	83
Расход щепы древесной по ТУ РБ 100725266.002 , кг/с (формула (13))	$0,260/(9,25-0,867)=$ $=0,032$	$0,400/(9,25-0,889)=$ $=0,049$	$0,600/(9,25-0,923)=$ $=0,070$
Содержание O ₂ в уходящих газах, %	12,6	11,3	9,8
Коэффициент избытка воздуха, α (формула (3))	2,5	2,16	1,88
Концентрация CO максимальная, ppm	380	340	290
Концентрация CO максимальная, мг/м ³ (формула (4))	$380 \cdot 1,25 \cdot 2,5/1,4=848,2$	$340 \cdot 1,25 \cdot 2,16/1,4=655,7$	$290 \cdot 1,25 \cdot 1,88/1,4=486,8$
Концентрация CO средняя, ppm	295	265	270
Концентрация CO средняя, мг/м ³ (формула (4))	$295 \cdot 1,25 \cdot 2,5/1,4=658,5$	$265 \cdot 1,25 \cdot 2,16/1,4=511,1$	$270 \cdot 1,25 \cdot 1,88/1,4=453,2$
Концентрация NO _x максимальная, ppm	63	94	103
Концентрация NO _x максимальная, мг/м ³ (формула (4))	$63 \cdot 2,05 \cdot 2,5/1,4=230,6$	$94 \cdot 2,05 \cdot 2,16/1,4=297,3$	$103 \cdot 2,05 \cdot 1,88/1,4=283,5$
Концентрация NO _x средняя, ppm	51	62	74
Концентрация NO _x средняя, мг/м ³ (формула (4))	$51 \cdot 2,05 \cdot 2,5/1,4=186,7$	$62 \cdot 2,05 \cdot 2,16/1,4=196,1$	$74 \cdot 2,05 \cdot 1,88/1,4=203,7$
Концентрация SO ₂ максимальная, ppm	35	40	47
Концентрация SO ₂ максимальная, мг/м ³ (формула (4))	$35 \cdot 2,86 \cdot 2,5/1,4=178,8$	$40 \cdot 2,86 \cdot 2,16/1,4=176,5$	$38 \cdot 2,86 \cdot 1,88/1,4=180,5$
Концентрация SO ₂ средняя, ppm	24	26	31
Концентрация SO ₂ средняя, мг/м ³ (формула (4))	$24 \cdot 2,86 \cdot 2,5/1,4=122,6$	$26 \cdot 2,86 \cdot 2,16/1,4=114,7$	$31 \cdot 2,86 \cdot 1,88/1,4=119,1$
Концентрация бенз(а)пирена расчетная, мг/м ³ формула (46)	0,00056	0,00082	0,0012

Параметры работы котла на второй партии топлива были следующими:

Нагрузка, кВт	260	400	600
КПД "брутто" котла, %	86,7	88,9	92,3
Число часов работы	74	147	55
Расход дров по ТУ РБ 100725266.004, кг/с (формула (13))	$0,260/(6,50-0,867)=0,046$	$0,400/(6,50-0,889)=0,069$	$0,600/(6,50-0,923)=0,100$
Содержание O ₂ в уходящих газах, %	13,1	12,5	11,4
Коэффициент избытка воздуха, α (формула (3))	2,66	2,47	2,19
Концентрация СО максимальная, ppm	280	240	190
Концентрация СО максимальная, мг/м ³ (формула (4))	$280 \cdot 1,25 \cdot 2,66 / 1,4 = 665,0$	$240 \cdot 1,25 \cdot 2,47 / 1,4 = 529,3$	$190 \cdot 1,25 \cdot 2,19 / 1,4 = 371,5$
Концентрация СО средняя, ppm	224	206	185
Концентрация СО средняя, мг/м ³ (формула (4))	$224 \cdot 1,25 \cdot 2,66 / 1,4 = 532,0$	$206 \cdot 1,25 \cdot 2,47 / 1,4 = 454,3$	$185 \cdot 1,25 \cdot 2,19 / 1,4 = 361,7$
Концентрация NO _x максимальная, ppm	44	52	65
Концентрация NO _x максимальная, мг/м ³ (формула (4))	$44 \cdot 2,05 \cdot 2,66 / 1,4 = 171,4$	$52 \cdot 2,05 \cdot 2,47 / 1,4 = 188,1$	$65 \cdot 2,05 \cdot 2,19 / 1,4 = 208,4$
Концентрация NO _x средняя, ppm	37	41	49
Концентрация NO _x средняя, мг/м ³ (формула (4))	$37 \cdot 2,05 \cdot 2,66 / 1,4 = 144,1$	$41 \cdot 2,05 \cdot 2,47 / 1,4 = 148,3$	$49 \cdot 2,05 \cdot 2,19 / 1,4 = 157,1$
Концентрация SO ₂ максимальная, ppm	33	37	41
Концентрация SO ₂ максимальная, мг/м ³ (формула (4))	$33 \cdot 2,86 \cdot 2,66 / 1,4 = 179,3$	$37 \cdot 2,86 \cdot 2,47 / 1,4 = 186,7$	$41 \cdot 2,86 \cdot 2,19 / 1,4 = 183,4$
Концентрация SO ₂ средняя, ppm	26	29	33
Концентрация SO ₂ средняя, мг/м ³ (формула (4))	$26 \cdot 2,86 \cdot 2,66 / 1,4 = 141,3$	$29 \cdot 2,86 \cdot 2,47 / 1,4 = 146,3$	$33 \cdot 2,86 \cdot 2,19 / 1,4 = 147,6$
Концентрация бенз(а)пирена расчетная, мг/м ³ формула (46)	0,00031	0,00048	0,00069

Определение выбросов по данным инструментальных замеров

Расчет максимальных выбросов при сжигании щепы в соответствии с разделом 6.1, объем сухих дымовых газов определяется в соответствии с пунктом 6.1.5

Для расчета максимальных выбросов выбираем:

Концентрация СО 486,8 мг/м³, расход топлива 0,070 кг/с

Концентрация NO_x 283,5 мг/м³, расход топлива 0,070 кг/с

Концентрация SO₂ 180,5 мг/м³, расход топлива 0,070 кг/с

$V_{dry} = 0,067 \cdot 4,20 = 0,2814$ м³/с формула (6)

где 0,067=0,070·(1-4/100) – расчетный расход щепы на максимальной нагрузке, кг/с;

4,20 – теоретический объем сухих дымовых газов, пересчитанный на фактические влажность и зольность, м³/кг.

ТКП 17.08-01-2006

$$M_{CO} = 486,8 \cdot 0,2814 \cdot 10^{-3} = 0,1370 \quad \text{г/с формула (1)}$$

где 486,8 – концентрация CO, мг/м³;

0,2814 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

$$M_{NO_x} = 283,5 \cdot 0,2814 \cdot 10^{-3} = 0,0798 \quad \text{г/с формула (1)}$$

где 283,5 – концентрация NO_x, мг/м³;

0,2814 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,0798 = 0,0638 \quad \text{г/с формула (14)}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,0798 = 0,0104 \quad \text{г/с формула (15)}$$

$$M_{SO_2} = 180,5 \cdot 0,2814 \cdot 10^{-3} = 0,0508 \quad \text{г/с формула (1)}$$

где 180,5 – концентрация SO₂, мг/м³;

0,2814 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

Расчет максимальных выбросов при сжигании дров в соответствии с разделом 6.1, объем сухих дымовых газов определяется в соответствии с пунктом 6.1.5

Для расчета максимальных выбросов выбираем:

Концентрация CO 371,5 мг/м³, расход топлива 0,100 кг/с

Концентрация NO_x 208,4 мг/м³, расход топлива 0,100 кг/с

Концентрация SO₂ 183,4 мг/м³, расход топлива 0,100 кг/с

$$V_{dry} = 0,096 \cdot 3,38 = 0,3245 \quad \text{м}^3/\text{с формула (6)}$$

где 0,096=0,100·(1-4/100) – расчетный расход дров на максимальной нагрузке, кг/с;

3,38 – теоретический объем сухих дымовых газов, пересчитанный на фактические влажность и зольность, м³/кг.

$$M_{CO} = 371,5 \cdot 0,3245 \cdot 10^{-3} = 0,1206 \quad \text{г/с формула (1)}$$

где 371,5 – концентрация CO, мг/м³;

0,3245 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

$$M_{NO_x} = 208,4 \cdot 0,3245 \cdot 10^{-3} = 0,0676 \quad \text{г/с формула (1)}$$

где 208,4 – концентрация NO_x, мг/м³;

0,3245 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,0676 = 0,0541 \quad \text{г/с формула (14)}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,0676 = 0,0088 \quad \text{г/с формула (15)}$$

$$M_{SO_2} = 183,4 \cdot 0,3245 \cdot 10^{-3} = 0,0595 \quad \text{г/с формула (1)}$$

где 183,4 – концентрация SO₂, мг/м³;

0,3245 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

Проводим анализ полученных результатов и в качестве норматива принимаем максимальные значения выбросов:

$$M_{CO} = 0,1370 \text{ г/с} \quad M_{NO_2} = 0,0638 \text{ г/с} \quad M_{NO} = 0,0104 \text{ г/с} \quad M_{SO_2} = 0,0595 \text{ г/с}$$

Расчет валовых выбросов при сжигании двух партий топлива в соответствии с разделом 6.1

Нагрузка, кВт	260	400	600
Число часов работы на щепе	45	173	83
Потребление щепы, кг/с	0,032	0,049	0,070
Потребление щепы, т/мес	$0,032 \cdot 3600 \cdot 45 / 1000 = 5,18$	$0,049 \cdot 3600 \cdot 173 / 1000 = 30,52$	$0,070 \cdot 3600 \cdot 83 / 1000 = 20,92$
Число часов работы на дровах	74	147	55
Потребление дров, кг/с	0,046	0,069	0,100
Потребление дров, т/мес	$0,046 \cdot 3600 \cdot 74 / 1000 = 12,25$	$0,069 \cdot 3600 \cdot 147 / 1000 = 36,64$	$0,100 \cdot 3600 \cdot 55 / 1000 = 19,80$
Концентрация СО средняя, мг/м ³ , щепы/дрова	658,5 / 532,0	511,1 / 454,3	453,2 / 361,7
Средневзвешенная концентрация СО, мг/м ³	$(658,5 \cdot 5,18 + 532,0 \cdot 12,25 + 511,1 \cdot 30,52 + 454,3 \cdot 36,64 + 453,2 \cdot 20,92 + 361,7 \cdot 19,80) / (5,18 + 12,25 + 30,52 + 36,64 + 20,92 + 19,80) = 469,7$		
Концентрация NO _x средняя, мг/м ³ , щепы/дрова	186,7 / 144,1	196,1 / 148,3	203,7 / 157,1
Средневзвешенная концентрация NO _x , мг/м ³	$(186,7 \cdot 5,18 + 144,1 \cdot 12,25 + 196,1 \cdot 30,52 + 148,3 \cdot 36,64 + 203,7 \cdot 20,92 + 157,1 \cdot 19,80) / (5,18 + 12,25 + 30,52 + 36,64 + 20,92 + 19,80) = 171,9$		
Концентрация SO ₂ средняя, мг/м ³ , щепы/дрова	122,6 / 141,3	114,7 / 146,3	119,1 / 147,6
Средневзвешенная концентрация SO ₂ , мг/м ³	$(122,6 \cdot 5,18 + 141,3 \cdot 12,25 + 114,7 \cdot 30,52 + 146,3 \cdot 36,64 + 119,1 \cdot 20,92 + 147,6 \cdot 19,80) / (5,18 + 12,25 + 30,52 + 36,64 + 20,92 + 19,80) = 132,9$		
Концентрация бенз(а)пирена средняя, мг/м ³ , щепы/дрова	0,00056 / 0,00031	0,00082 / 0,00048	0,0012 / 0,00069
Средневзвешенная концентрация бенз(а)пирена, мг/м ³	$(0,00056 \cdot 5,18 + 0,00031 \cdot 12,25 + 0,00082 \cdot 30,52 + 0,00048 \cdot 36,64 + 0,0012 \cdot 20,92 + 0,00069 \cdot 19,80) / (5,18 + 12,25 + 30,52 + 36,64 + 20,92 + 19,80) = 0,00071$		

$$V_{dry} = 4,20 \cdot 54,37 + 3,38 \cdot 65,82 = 450,86 \text{ тыс. м}^3/\text{мес формула (6)}$$

где 4,20 – теоретический объем сухих дымовых газов при сжигании щепы, пересчитанный на фактические влажность и зольность, м³/кг;

54,37=56,64·(1-4/100) - расчетный расход щепы на работу котла за месяц, т/мес;

3,38 - теоретический объем сухих дымовых газов при сжигании дров, пересчитанный на фактические влажность и зольность, м³/кг;

65,82=68,56·(1-4/100) - расчетный расход дров на работу котла за месяц, т/мес;

$$M_{CO}^{te} = 469,7 \cdot 450,86 \cdot 10^{-6} = 0,2118 \text{ т/мес формула (16)}$$

где 469,7 – средневзвешенная концентрация СО, мг/м³;

450,86 - объем сухих дымовых газов при сжигании топлива, тыс. м³/мес.

$$M_{NO_x}^{te} = 171,9 \cdot 450,86 \cdot 10^{-6} = 0,0775 \text{ т/мес формула (16)}$$

где 171,9 – средневзвешенная концентрация NO_x, мг/м³;

450,86 - объем сухих дымовых газов при сжигании топлива, тыс. м³/мес.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2}^{te} = 0,8 \cdot 0,0775 = 0,0620 \text{ т/мес формула (14)}$$

$$M_{NO}^{te} = 0,13 \cdot 0,0775 = 0,0101 \text{ т/мес формула (15)}$$

$$M_{SO_2}^{te} = 132,9 \cdot 450,86 \cdot 10^{-6} = 0,0599 \text{ т/мес формула (16)}$$

где 132,9 – средневзвешенная концентрация SO₂, мг/м³;

450,86 - объем сухих дымовых газов при сжигании топлива, тыс. м³/мес.

Определение выбросов расчетными методами**Расчет максимальных выбросов при сжигании щепы в соответствии с разделом 6.2**

$$C_{CO} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 9,25 = 6,48 \quad \text{г/кг формула (29)}$$

где 0,7 – q_3 из таблицы пункта 6.2.4.2, %;

1,0 – коэффициент R;

9,25 – низшая рабочая теплота сгорания щепы, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

$$M_{CO} = 0,067 \cdot 6,48 = 0,4342 \quad \text{г/с формула (28)}$$

где $0,067 = 0,070 \cdot (1 - 4/100)$ – расчетный расход щепы на максимальной нагрузке, кг/с;

6,48 – выход углерода оксида при сжигании щепы, г/кг.

$$K_{NO_x}^T = 10^{-3} \cdot 13,2 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{0,067 \cdot (9,25)^3} = 0,2403 \quad \text{г/МДж формула (24)}$$

где 13,2 – характеристика щепы из пункта 6.2.2.2;

2,5 – коэффициент избытка воздуха в топке;

$0,067 = 0,070 \cdot (1 - 4/100)$ – расчетный расход щепы на максимальной нагрузке, кг/с;

9,25 – низшая рабочая теплота сгорания щепы, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

$$M_{NO_x} = 0,067 \cdot 9,25 \cdot 0,2403 = 0,1489 \quad \text{г/с формула (23)}$$

где $0,067 = 0,070 \cdot (1 - 4/100)$ – расчетный расход щепы на максимальной нагрузке, кг/с;

9,25 – низшая рабочая теплота сгорания щепы, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

0,2403 – удельный выброс азота оксидов, г/МДж.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,1489 = 0,1191 \quad \text{г/с формула (14)}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,1489 = 0,0194 \quad \text{г/с формула (15)}$$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 0,070 \cdot 0,25 \cdot (1 - 0,58) \cdot 10^3 = 0,1470 \quad \text{г/с формула (26)}$$

где 0,070 – фактический расход щепы на максимальной нагрузке, кг/с;

0,25 – предельное содержание серы в щепе, %;

0,58 – доля SO_2 , связываемых летучей золой в котле.

Расчет максимальных выбросов при сжигании щепы в соответствии с разделами 7.2 и 8.2

$$M_{PM} = 0,01 \cdot 0,070 \cdot (0,15 \cdot 3,0 + 2,5 \cdot 9,25 / 32,68) \cdot 10^3 = 0,8103 \quad \text{г/с формула (34)}$$

где 0,070 – фактический расход щепы на максимальной нагрузке, кг/с;

0,15 – доля золы, уносимой газами из котла;

3,0 – предельная зольность щепы, %;

2,5 – потери теплоты с уносом от механической неполноты сгорания топлива, %;

9,25 – низшая рабочая теплота сгорания щепы, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

$$M_{BP} = 0,0012 \cdot 0,2814 \cdot 10^{-3} = 3,37 \cdot 10^{-7} \quad \text{г/с формула (1)}$$

где 0,0012 – концентрация бенз(а)пирена, мг/м³;

0,2814 – объем сухих дымовых газов, м³/с.

Расчет максимальных выбросов при сжигании дров в соответствии с разделом 6.2

$$C_{CO} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 6,50 = 4,55 \quad \text{г/кг формула (29)}$$

где 0,7 – q_3 из таблицы пункта 6.2.4.2;

1,0 – коэффициент R;

6,50 – низшая рабочая теплота сгорания дров, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

$$M_{CO} = 0,096 \cdot 4,55 = 0,4368 \text{ г/с формула (28)}$$

где 0,096=0,100·(1-4/100) – расчетный расход дров на максимальной нагрузке, кг/с;

4,55 – выход углерода оксида при сжигании дров, г/кг.

$$K_{NO_x}^T = 10^{-3} \cdot 14,3 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{0,096 \cdot (6,50)^3} = 0,1836 \text{ г/МДж формула (24)}$$

где 14,3 – характеристика дров из пункта 6.2.2.2;

2,5 – коэффициент избытка воздуха в топке;

0,096=0,100·(1-4/100) - расчетный расход дров на максимальной нагрузке, кг/с;

6,50 – низшая рабочая теплота сгорания дров, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

$$M_{NO_x} = 0,096 \cdot 6,50 \cdot 0,1836 = 0,1146 \text{ г/с формула (23)}$$

где 0,096=0,100·(1-4/100) – расчетный расход топлива на максимальной нагрузке, кг/с;

6,50 – низшая рабочая теплота сгорания дров, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг;

0,1836 – удельный выброс азота оксидов, г/МДж.

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot 0,1146 = 0,0917 \text{ г/с формула (14)}$$

$$M_{NO} = 0,13 \cdot 0,1146 = 0,0149 \text{ г/с формула (15)}$$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 0,0100 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0,69) \cdot 10^3 = 0,0620 \text{ г/с формула (26)}$$

где 0,100 – фактический расход дров на максимальной нагрузке, кг/с;

0,1 – предельное содержание серы в дровах, %;

0,69 – доля SO_2 , связываемых летучей золой в котле.

Расчет максимальных выбросов при сжигании дров в соответствии с разделами 7.2 и 8.2

$$M_{PM} = 0,01 \cdot 0,0100 \cdot (0,2 \cdot 1,5 + 1,0 \cdot 6,50 / 32,68) \cdot 10^3 = 0,4989 \text{ г/с формула (34)}$$

где 0,100 – фактический расход дров на максимальной нагрузке, кг/с;

0,2 – доля золы, уносимой газами из котла;

1,5 – предельная зольность дров, %;

1,0 – потери теплоты с уносом от механической неполноты сгорания топлива, %;

6,50 - низшая рабочая теплота сгорания дров, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

$$M_{BP} = 0,00069 \cdot 0,3245 \cdot 10^{-3} = 2,24 \cdot 10^{-7} \text{ г/с формула (1)}$$

где 0,00069 – концентрация бенз(а)пирена, мг/м³;

0,3245 - объем сухих дымовых газов, м³/с.

Проводим анализ полученных результатов и в качестве норматива принимаем максимальные значения выбросов:

$$M_{CO} = 0,4368 \text{ г/с} \quad M_{NO_2} = 0,1191 \text{ г/с} \quad M_{NO} = 0,0194 \text{ г/с}$$

$$M_{SO_2} = 0,1470 \text{ г/с} \quad M_{PM} = 0,8103 \text{ г/с} \quad M_{BP} = 3,37 \cdot 10^{-7} \text{ г/с}$$

Расчет валовых выбросов при сжигании двух партий топлива в соответствии с разделом 6.2

$$M_{CO}^{te} = 10^{-3} \cdot (54,37 \cdot 6,48 + 65,82 \cdot 4,55) = 0,6518 \text{ т/мес формула (30)}$$

где 54,37=56,64·(1-4/100) - расчетный расход щепы на работу котла за месяц, т/мес;

6,48 - выход углерода оксида при сжигании щепы, г/кг;

65,82=68,56·(1-4/100) - расчетный расход дров на работу котла за месяц, т/мес;

4,55 – выход углерода оксида при сжигании дров, г/кг;

$$K_{NO_x}^T = 10^{-3} \cdot 13,2 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{0,050 \cdot (9,25)^3} = 0,2076$$

где 13,2 – характеристика щепы из пункта 6.2.2.2;

2,5 – коэффициент избытка воздуха в топке;

0,050=54,37/(3,6·301) - расчетный расход щепы на средней за месяц нагрузке, кг/с;

301 – количество часов работы котла на щепе, ч;

9,25 – низшая рабочая теплота сгорания щепы, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

$$K_{NO_x}^T = 10^{-3} \cdot 14,3 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{0,066 \cdot (6,50)^3} = 0,1522 \text{ г/МДж формула (24)}$$

где 14,3 – характеристика дров из пункта 6.2.2.2;

2,5 – коэффициент избытка воздуха в топке;

0,066=65,82/(3,6·276) - расчетный расход дров на средней за месяц нагрузке, кг/с;

276 – количество часов работы котла на дровах, ч;

6,50 – низшая рабочая теплота сгорания дров, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

$$M_{NO_x}^{te} = 10^{-3} \cdot (54,37 \cdot 9,25 \cdot 0,2076 + 65,82 \cdot 6,50 \cdot 0,1522) = 0,1695 \text{ т/мес формула (25)}$$

где 54,37=56,64·(1-4/100) - расчетный расход щепы на работу котла за месяц, т/мес;

9,25 – низшая рабочая теплота сгорания щепы, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг;

0,2076 – удельный выброс азота оксидов при сжигании щепы, г/МДж;

65,82=68,56·(1-4/100) - расчетный расход дров на работу котла за месяц, т/мес;

6,50 – низшая рабочая теплота сгорания дров, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг;

0,1522 – удельный выброс азота оксидов при сжигании дров, г/МДж;

С учетом трансформации азота оксидов в атмосферном воздухе, выбросы NO_x разделяются на составляющие:

$$M_{NO_2}^{te} = 0,8 \cdot 0,1695 = 0,1356 \text{ т/мес формула (14)}$$

$$M_{NO}^{te} = 0,13 \cdot 0,1695 = 0,0220 \text{ т/мес формула (15)}$$

$$M_{SO_2}^{te} = 0,02 \cdot (56,64 \cdot 0,2 \cdot (1 - 0,58) + 68,56 \cdot 0,08 \cdot (1 - 0,69)) = 0,1292 \text{ т/мес формула (27)}$$

где 56,64 - фактический расход щепы на работу котла за месяц, т/мес;

0,02 – фактическое содержание серы в щепе, %;

0,58 – доля SO₂, связываемых летучей золой в котле при сжигании щепы;

68,56 - фактический расход дров на работу котла за месяц, т/мес;

0,08 – фактическое содержание серы в дровах, %;

0,69 – доля SO₂, связываемых летучей золой в котле при сжигании дров.

Расчет валовых выбросов при сжигании двух партий топлива в соответствии с разделами 7.2 и 8.2

$$M_{pm}^{te} = 0,01 \cdot (56,64 \cdot (0,15 \cdot 2,1 + 2,5 \cdot 9,25 / 32,68)) + 68,56 \cdot (0,2 \cdot 0,4 + 1,0 \cdot 6,50 / 32,68) = 0,7705$$

т/мес формула (36)

где 56,64 - фактический расход щепы на работу котла за месяц, т/мес;

0,15 – доля золы, уносимой газами из котла при сжигании щепы;

2,1 – фактическая зольность щепы, %;

2,5 – потеря теплоты с уносом от механической неполноты сгорания щепы, %;

9,25 – низшая рабочая теплота сгорания щепы, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг;

68,56 - фактический расход дров на работу котла за месяц, т/мес;

0,2 – доля золы, уносимой газами из котла при сжигании дров;

0,4 – фактическая зольность дров, %;

1,0 – потеря теплоты с уносом от механической неполноты сгорания дров, %;

6,50 – низшая рабочая теплота сгорания дров, пересчитанная на фактические влажность и зольность, МДж/кг.

$$M_{BP}^{te} = 0,00071 \cdot 450,86 \cdot 10^{-6} = 3,20 \cdot 10^{-7} \text{ т/мес формула (45)}$$

где 0,00071 – средневзвешенная концентрация бенз(а)пирена, мг/м³;

450,86 - объем сухих дымовых газов при сжигании топлива, тыс. м³/мес.

Библиография

- [1] Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух населенных мест, гигиенические нормативы 2.1.6.12-46-2005, утвержденные постановлением главного государственного санитарного врача Республики Беларусь №231 от 19.12.2005 г.
- [2] «Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод», СПб., НПО ЦКТИ, 1998.
- [3] ОНД-90 Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы в 2-х частях, утвержденное постановлением Государственного комитета по охране природы СССР от 30.10.1990 г. № 8
- [4] Методика определения концентраций пыли гравиметрическим методом, «Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах», Ленинград, Гидрометеоиздат, 1987
- [5] МВИ.МН 1003-2004 Методика выполнения измерений концентраций и выбросов вредных веществ в газах, скорости воздуха (газа), дифференциального давления, влажности и температуры приборами фирмы «Testo AG» и «MSI-150»
- [6] МВИ.МН 1936-2003 Методика выполнения измерений содержания кислорода, оксида углерода, оксида азота, диоксида азота, диоксида серы, влажности и скорости потока дымовых газов топливосжигающих установок с помощью электронных газоанализаторов типа «Testo» и «Dragger»
- [7] Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 08.11.2005 г №59 "Об утверждении альбома унифицированных форм первичной учетной документации в области охраны окружающей среды и Инструкции о порядке применения и заполнения унифицированных форм первичной учетной документации в области охраны окружающей среды"

Заместитель Министра природных
ресурсов и охраны окружающей среды
Республики Беларусь

_____ А. Н. Апацкий
подпись

Начальник специнспекции госконтроля
за охраной атмосферного воздуха
озонового слоя и климата

_____ С. В. Завьялов
подпись

Заместитель начальника специнспекции
госконтроля за охраной атмосферного
воздуха, озонового слоя и климата

_____ И. В. Комоско
подпись

Главный специалист специнспекции
госконтроля за охраной атмосферного
воздуха, озонового слоя и климата

_____ А. С. Пилипчук
подпись

Текст для ознакомления