

Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух
Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью более 25 МВт

Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Атмасфера
Выкіды забруджвальных рэчываў ў атмасфернае паветра
Парадак вызначэння выкідаў пры спальванні паліва ў катлах прадукцыйнасцю цяпла больш за 25 МВт

Издание официальное



Минприроды
Минск

Ключевые слова: котлы теплопроизводительностью более 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 проектным научно-исследовательским республиканским унитарным предприятием “БелНИПИэнергопром”

ВНЕСЕН Белорусским Государственным энергетическим концерном «Белэнерго»

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Минприроды Республики Беларусь от 28 июня 2006 г. № 3-т

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ (с отменой МТ-34-70-010-83 “Методика определения выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций», утвержденной главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем 04.10.1983 г. и РД РБ 02230.02.300-03 «Методика определения валовых выбросов от котлов ТЭС и котельных с использованием инструментальных измерений концентраций загрязняющих веществ», утвержденной приказом Белорусского государственного энергетического концерна №263 от 21.11.2003 г. и согласованной Минприроды Республики Беларусь 20.06.2003 г.)

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

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.....	13
7.1 Определение выбросов по данным инструментальных замеров.....	13
7.2 Определение выбросов расчетными методами.....	13
8 Порядок определения выбросов бенз(а)пирена.....	15
8.1 Определение выбросов при сжигании жидкого и газообразного топлива.....	15
8.2 Определение выбросов при сжигании твердого топлива	17
Приложение А (справочное).....	18
Приложение Б (справочное).....	19
Приложение В (справочное).....	20
Приложение Г (справочное).....	21
Приложение Д (справочное).....	22
Приложение Е (справочное).....	23
Приложение Ж (справочное).....	24
Приложение К (справочное).....	26
Приложение Л (справочное)	27

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 более 25 МВт

Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Атмасфера
Выкіды забруджвальных рэчываў ў атмасфернае паветра
Парадак вызначэння выкідаў пры спальванні паліва ў катлах прадукцыйнасцю цяпла больш за 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 more than 25 MW

Дата введения 2006-09-01

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 паропроизводительностью от 40 т/ч или водогрейных котлах мощностью более 20 Гкал/ч.

Технический кодекс предназначен для определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух с дымовыми газами котлов по данным измерений их концентраций в дымовых газах или расчетным путем при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлив.

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;
- исчислении и уплате налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- государственном, ведомственном, производственном контроле;
- разработке проектных решений;
- оценке воздействия на окружающую среду и проведении государственной экологической экспертизы;
- 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 оксид (NO, код 0304) и азота диоксид (NO₂, код 0301), серы диоксид (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).

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 теплопроизводительностью свыше 25 МВт.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе используются ссылки на следующие стандарты.

СТБ 1626.1-2006 Установки котельные. Установки, работающие на газообразном, жидком и твердом топливе. Нормы выбросов загрязняющих веществ

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 технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации (далее - 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 газоздушного потока, поступающего в атмосферный воздух.

3.2 котел: Конструктивно объединенный в одно целое комплекс устройств для получения пара или для нагрева воды под давлением за счет тепловой энергии от сжигания топлива при протекании технологического процесса или преобразовании электрической энергии в тепловую; в котел могут входить полностью или частично: топка, пароперегреватель, экономайзер, воздухоподогреватель, каркас, обмуровка, тепловая изоляция, обшивка.

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

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

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

3.6 условное топливо: Топливо с низшей теплотой сгорания 29,33 МДж/кг.

4 Обозначения и сокращения

4.1 выброс загрязняющего вещества г/с, т/год (т/мес., т/квартал): Количество загрязняющего вещества, поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами, отнесенное к единице времени, грамм в секунду, тонн в год (тонн в месяц, тонн в квартал); далее в тексте технического кодекса при определении выбросов в тоннах используется размерность тонн в год; при определении выбросов за другой рассматриваемый период времени в формулы следует подставлять значения параметров за этот период.

4.2 концентрация загрязняющего вещества в сухих дымовых газах, мг/м³: Концентрация вещества, измеренная за котлом, пересчитанная на сухой дымовой газ при нормальных условиях (температура 273,15 К и давление 101,3кПа) и условном коэффициенте избытка воздуха $\alpha_o=1,4$, миллиграмм на нормальный метр кубический.

4.3 объем сухих дымовых газов, м³/кг (м³/м³): Количество сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании одного килограмма твердого, жидкого или газообразного топлива, приведенное к нормальным условиям, нормальный метр кубический на килограмм (нормальный метр кубический на нормальный метр кубический).

4.4 расход топлива, т/ч (т/год), или тыс.м³/ч (тыс.м³/год) или т усл.топл./ч (т усл.топл./год): Расход твердого, жидкого или газообразного топлива; при определении выбросов в г/с используется расход топлива, соответствующий нагрузке котла, при которой проводились замеры концентрации и при которой необходимо определить выброс, тонн в час или тысяч нормальных метров кубических в час или тонн условного топлива в час; при определении выбросов в тоннах в год используются значения фактического расхода топлива за рассматриваемый период или планируемого при расчете выбросов на перспективу, тонн в год или тысяч нормальных метров кубических в год или тонн условного топлива в год.

4.5 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.

4.6 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 быть соблюдены условия в соответствии с требованиями 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, за последней поверхностью нагрева или в шунтовой трубе (при наличии газоочистных установок отбор проб из шунтовой трубы не допускается).

- при наличии двух газоходов или дымососов на одном котле – в каждом газоходе, каждой шунтовой трубе 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 вредных веществ в газопылевых потоках измеряют в соответствии с [1], [2], [3].

5.7 При проведении измерений соблюдается принцип единства измерений посредством приведения измеряемых величин к одинаковым условиям по температуре, давлению, влажности, степени разбавления дымовых газов воздухом: выполненные инструментальные измерения приводятся к нормальным условиям (температура 273,15 К (0°C) и давление 101,3 кПа), сухим дымовым газам при условном коэффициенте избытка воздуха $\alpha_0=1,4$ (соответствует концентрации кислорода в дымовых газах за котлоагрегатом 6%).

5.8 Для определения выбросов загрязняющих веществ при разработке проектной документации на строительство новых и реконструкцию действующих объектов, при учете и нормировании выбросов используются качественные характеристики топлива (элементарный химический состав, влажность и низшая теплота сгорания) из ТУ, ГОСТ, СТБ, паспортов, сертификатов качества, протоколов испытаний данного вида топлива при условии его отдельного учета. При этом для определения выбросов в г/с принимается максимальное значение параметров, для определения выбросов в тоннах за рассматриваемый период принимается среднее значение параметров, исходя из объемов потребления топлива и значений параметров, указанных в паспортах, сертификатах качества, протоколах испытаний топлива. В случае отсутствия на топливо ТУ, ГОСТ, СТБ, паспортов, сертификатов качества, протоколов испытаний, характеристики топлива принимаются по справочным данным. Для основных видов топлива справочные данные приведены в таблицах А.1 и А.2 (приложение А)

6 Порядок определения выбросов газообразных загрязняющих веществ

6.1 Определение выбросов по данным инструментальных измерений

6.1.1 Количество *i*-го загрязняющего вещества, поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами может определяться по одному из вариантов:

1) согласно 6.1.2 при инструментальных измерениях концентрации *i*-го загрязняющего вещества в дымовых газах;

2) согласно 6.1.11 при инструментальных измерениях концентрации и объема дымовых газов (скорости потока и площади сечения газохода).

6.1.2 Количество *i*-го загрязняющего вещества M_i , г/с (т/год), поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами, при инструментальных измерениях

концентрации в дымовых газах определяется по формуле¹

$$M_i = C_i \cdot V_{sg} \cdot B_p \cdot K_p, \quad (1)$$

где C_i - концентрация i -го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах при коэффициенте избытка воздуха $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях, мг/м³, определяемая в соответствии с 6.1.3 при индикации значений в массовых единицах, в соответствии с 6.1.4 при индикации значений в объемных единицах с учетом 6.1.2.1 и 6.1.2.2;

V_{sg} - объем сухих дымовых газов при $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях, образующихся при полном сгорании одного килограмма (одного нормального метра кубического) топлива, определяемый в соответствии с 6.1.6, м³/кг (м³/м³);

B_p - расчетный расход топлива на котел: т/ч (тыс. м³/ч) - при определении выбросов в г/с; т/год (тыс. м³/год) - при определении выбросов в т/год, определяемый в соответствии с 6.1.7;

K_p - коэффициент пересчета: при определении выбросов в г/с равен $0,278 \cdot 10^{-3}$, в т/год равен 10^{-6} .

6.1.2.1 При расчете выбросов загрязняющего вещества в г/с берется максимальное значение концентрации этого вещества на постоянной нагрузке котла, определяемое как максимальное значение из трех осредненных двадцатиминутных измерений, произведенных в соответствии методиками, внесенными в реестр методик выполнения измерений в области экологического контроля. Нагрузка котла считается постоянной, если ее колебания не превышают 3%.

6.1.2.2 Для расчета выбросов в т/год используется средневзвешенное значение концентрации за этот период, определяемое в соответствии с 6.1.2.3.

6.1.2.3 Средневзвешенное значение концентрации i -го загрязняющего вещества C_i^{sr} , мг/м³, определяется по формуле

$$C_i = C_i^{sr} = \frac{C_i^1 \cdot B_{p1} + C_i^2 \cdot B_{p2} + \dots + C_i^n \cdot B_{pn}}{B_{p1} + B_{p2} + \dots + B_{pn}}, \quad (2)$$

где $C_i^1, C_i^2 \dots C_i^n$ - концентрации i -го загрязняющего вещества в характерные периоды нагрузки котла, мг/м³;

$B_{p1}, B_{p2} \dots B_{pn}$ - расчетные расходы топлива при нагрузках, которым соответствуют концентрации $C_i^1, C_i^2 \dots C_i^n$, т/ч, (тыс.м³/ч).

6.1.3 Концентрация i -го загрязняющего вещества C_i , мг/м³, при индикации измеренных значений в массовых единицах определяется в соответствии с 6.1.3.1 если анализируемая проба газа подвергалась осушке, в соответствии с 6.1.3.2 при отборе газа на анализ без осушки.

6.1.3.1 При отборе газа на анализ с осушкой пробы концентрация i -го загрязняющего вещества C_i , мг/м³, определяется по формуле

$$C_i = C_i^{izm} \cdot \frac{(273 + t_g) \cdot 101,3 \cdot \alpha}{273 \cdot (P_b \pm \Delta P) \cdot 1,4}, \quad (3)$$

где C_i^{izm} - измеренная концентрация i -го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах, мг/м³;

¹ Здесь и далее в разделе 6 берутся:

- массовая концентрация – в сухих дымовых газах при $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях: температура 273 К (0°C) и давление 101,3 кПа;

- объем дымовых газов – в сухом состоянии при $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях;

- расход и плотность газообразного топлива - при нормальных условиях.

t_g - температура уходящих дымовых газов в момент проведения измерений, °С;

P_b - атмосферное давление воздуха в момент проведения измерений, кПа;

ΔP - избыточное давление (разрежение) газов в месте отбора пробы, кПа;

α - коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы, определяемый в соответствии с 6.1.5.

6.1.3.2 При отборе газа на анализ без осушки пробы концентрация i -го загрязняющего вещества C_i , мг/м³, определяется по формуле²

$$C_i = \frac{C_i^f}{\left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b}\right)} \cdot \frac{(273 + t_g) \cdot 101,3 \cdot \alpha}{273 \cdot (P_b \pm \Delta P) \cdot 1,4},$$

(4)

где C_i^f - концентрация i -го загрязняющего вещества в дымовых газах при фактической влажности, мг/м³;

P_{H_2O} - парциальное давление водяных паров на линии насыщения при температуре t (°С) окружающего воздуха (прибора), кПа. Значения парциального давления водяных паров приведены в таблице Б.1 (приложение Б).

6.1.4 Концентрация i -го загрязняющего вещества C_i , мг/м³, при индикации значений в объемных единицах определяется по формуле (5.1) при отборе пробы газа с осушкой, по формуле (5.2) при отборе пробы газа без осушки

$$C_i = I_i \cdot \rho_i \cdot \frac{\alpha}{1,4}, \quad (5.1)$$

$$C_i = \frac{I_i^f \cdot \rho_i \cdot \alpha}{1,4 \cdot \left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b}\right)},$$

(5.2)

где I_i - измеренная объемная концентрация i -го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах, ppm (одна миллионная доля объема);

ρ_i - плотность загрязняющего вещества при нормальных условиях, кг/м³;

I_i^f - измеренная объемная концентрация i -го загрязняющего вещества при фактической влажности, ppm.

Для основных загрязняющих веществ, содержащихся в поступающих в атмосферный воздух дымовых газах (азота оксида, азота диоксида, углерода оксида и серы диоксида), значения плотности ρ_i при нормальных условиях составляют

$$\rho_{NO_2} = 2,05$$

$$\rho_{CO} = 1,25$$

$$\rho_{SO_2} = 2,86$$

6.1.4.1 При использовании приборов, имеющих сенсоры только на NO, концентрация азота оксидов суммарно в пересчете на NO₂ (C_{NO_x}), мг/м³, определяется по формуле (6.1), при наличии сенсоров на NO и NO₂ – по формуле (6.2)

$$C_{NO_x} = I_{NO} \cdot 1,05 \cdot \rho_{NO_2} \cdot \frac{\alpha}{1,4},$$

(6.1)

$$C_{NO_x} = (I_{NO_2} + I_{NO}) \cdot \rho_{NO_2} \cdot \frac{\alpha}{1,4},$$

(6.2)

² При температуре окружающего воздуха меньше 5°С, остаточной влажностью пробы, которая учитывается в формулах (4) и (5.2) можно пренебречь.

где I_{NO} и I_{NO_2} - измеренные объемные концентрации соответственно азота оксида и азота диоксида, ppm;

ρ_{NO_2} - плотность азота диоксида при нормальных условиях, кг/м³.

6.1.5 Коэффициент избытка воздуха α в месте отбора пробы определяется по формуле

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2},$$

(7)

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

6.1.6 Расчет объема дымовых газов проводится по химическому составу сжигаемого топлива согласно [4].

Объем сухих дымовых газов при нормальных условиях и $\alpha_0=1,4$ V_{sg} , м³/кг (м³/м³) определяется по одной из формул

$$V_{sg} = (V_g^H - V_{H_2O}^H) + 0,4 \cdot V_O^H, \quad (8)$$

$$V_{sg} = V_{RO_2}^H + V_{N_2}^H + 0,4 \cdot V_O^H, \quad (9)$$

где V_g^H , $V_{H_2O}^H$, V_O^H - соответственно объемы дымовых газов, водяных паров и сухого воздуха при полном сжигании одного килограмма (одного нормального метра кубического) топлива с теоретически необходимым количеством воздуха ($\alpha=1$), м³/кг (м³/м³);

$V_{RO_2}^H$ - теоретический объем трехатомных газов, полученный при полном сгорании одного килограмма (одного нормального метра кубического) топлива с теоретически необходимым количеством воздуха ($\alpha=1$), м³/кг (м³/м³);

$V_{N_2}^H$ - теоретический объем азота, полученный при полном сгорании одного килограмма (одного нормального метра кубического) топлива с теоретически необходимым количеством воздуха ($\alpha=1$), м³/кг (м³/м³).

Значения V_g^H , $V_{H_2O}^H$, V_O^H , $V_{RO_2}^H$, $V_{N_2}^H$, входящие в формулы (8, 9), могут приниматься по справочным данным, приведенным для основных видов топлива в таблицах А.1 и А.2 (приложение А) с учетом 6.1.6.1.

6.1.6.1 При использовании топлива с отличными от указанных в справочных материалах характеристиками влажности и (или) зольности, производится пересчет элементарного состава топлива и объема дымовых газов V_{sg} с влажности W_1^r и зольности A_1^r на влажность W_2^r и зольность A_2^r путем умножения на отношение

$$\frac{100 - W_2^r - A_2^r}{100 - W_1^r - A_1^r},$$

(10)

где W_1^r и A_1^r - соответственно влажность и зольность топлива, принятые по справочным данным, %;

W_2^r и A_2^r - соответственно фактические влажность и зольность используемого топлива, % (указываются в паспортах, сертификатах качества, протоколах испытаний).

При изменении влажности и (или) зольности топлива изменяется и низшая теплота сгорания топлива, которая определяется по формуле

$$Q_{n2}^r = (Q_{n1}^r + 0,102 \cdot W_1^r) \cdot \frac{100 - W_2^r - A_2^r}{100 - W_1^r - A_1^r} - 0,102 \cdot W_2^r,$$

(11)

где Q_{n1}^r - низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг, принятая по справочным данным.

6.1.7 Расчетный расход топлива B_p , т/ч (тыс.м³/ч) или т/год, (тыс.м³/год) определяется по формуле

$$B_p = (1 - \frac{q_4}{100}) \cdot B,$$

(12)

где B - фактический расход топлива на котел, т/ч (тыс.м³/ч), т/год, (тыс.м³/год) определяемый по показаниям прибора – расходомера топлива или по обратному тепловому балансу на основании результатов измерений выработанной тепловой энергии на котле (приборы для измерения расхода топлива и выработанной тепловой энергии должны подвергаться регулярной государственной или ведомственной поверке);

q_4 - потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %, принимаются по эксплуатационным данным, а при их отсутствии - в соответствии с [4]. Для котлов, работающих на твердом топливе, значения q_4 приведены в таблице В.1 (приложение В), при сжигании газообразного топлива принимается $q_4=0$, при сжигании мазута принимается $q_4=0,02\%$.

6.1.8 В связи с установленными отдельными ПДК для азота оксида и азота диоксида и с учетом трансформации азота оксида в атмосферном воздухе суммарное количество азота оксидов разделяется на составляющие

$$M_{NO_2} = 0,8 \cdot M_{NO_x}, \quad (13.1)$$

$$M_{NO} = 0,8 \cdot M_{NO_x}, \quad (13.2)$$

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

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

M_{NO_x} - суммарный выброс азота оксидов в пересчете на NO_2 , г/с (т/год).

6.1.9 Определение выбросов загрязняющих веществ при совместном сжигании различных видов топлива.

6.1.9.1 При совместном сжигании различных видов топлива количество i -го загрязняющего вещества M_i , г/с, определяется по формуле

$$M_i = C_i \cdot (V_{sg1} \cdot B_{p1} + V_{sg2} \cdot B_{p2}) \cdot K_p, \quad (14)$$

где C_i - концентрация i -го загрязняющего вещества при совместном сжигании топлив первого и второго видов, мг/м³, определяемая в соответствии с 6.1.3 или 6.1.4 с учетом 6.1.2.1;

V_{sg1} и V_{sg2} - объем дымовых газов, образующихся при сжигании топлива первого и второго вида соответственно, м³/кг (м³/м³), определяемый в соответствии с 6.1.6;

B_{p1} и B_{p2} - расчетный расход топлива на котел первого и второго видов соответственно, т/ч (тыс.м³/ч), определяемый в соответствии с 6.1.7;

K_p - коэффициент пересчета, равный $0,278 \cdot 10^{-3}$.

6.1.9.2 При совместном сжигании различных видов топлива количество i -го загрязняющего вещества M_i , т/год, определяется по формуле

$$M_i = (C_{i1} \cdot V_{sg1} \cdot B_{p1} + C_{i2} \cdot V_{sg2} \cdot B_{p2}) \cdot K_p, \quad (15)$$

где C_{i_1} и C_{i_2} - концентрация i -го загрязняющего вещества при раздельном сжигании топлив первого и второго видов соответственно, мг/м³, определяемая в соответствии с 6.1.3 или 6.1.4 с учетом 6.1.2.2;

B_{p_1} и B_{p_2} - расчетный расход топлива на котел первого и второго видов соответственно, т/год (тыс.м³/год), определяемый в соответствии с 6.1.7;

K_p - коэффициент пересчета, равный 10^{-6} .

6.1.10 В случае сжигания в котле в течение года нескольких видов топлива (раздельно)¹ выброс i -го загрязняющего вещества в г/с от резервного топлива определяется с учетом требований СТБ 1626.1. Выброс в т/год определяется как сумма выбросов i -го загрязняющего вещества от каждого вида топлива.

6.1.11 Определение выбросов по данным инструментальных измерений концентрации и объема дымовых газов (скорости потока и площади сечения газохода).

6.1.11.1 Количество i -го загрязняющего вещества M_i , г/с, поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами при инструментальных измерениях концентрации и объема дымовых газов, определяется по формуле

$$M_i = C_i \cdot V_{sg}^{izm} \cdot 10^{-3},$$

(16)

где C_i - то же, что и в формуле (1);

V_{sg}^{izm} - объем дымовых газов, м³/с, определяемый в соответствии 6.1.11.2.

6.1.11.2 Объем дымовых газов, рассчитанный по измеренной скорости потока и площади сечения газохода, приводится к нормальным условиям и сухому состоянию при $\alpha_0=1,4$ по формуле

$$V_{sg}^{izm} = V \cdot \frac{1,4 \cdot k \cdot 273 \cdot (P_b \pm \Delta P)}{\alpha \cdot (273 + t_g) \cdot 101,3},$$

(17)

где V - объем дымовых газов, рассчитанный в соответствии с ГОСТ 17.2.4.06 по измеренной скорости потока и площади сечения газохода, м³/с;

k - отношение объема сухих и влажных дымовых газов, значения которого для основных видов топлива приведены в таблицах А.1 и А.2 (приложение А)

P_b - атмосферное давление воздуха в момент проведения измерений, кПа;

ΔP - избыточное давление (разрежение) газов в месте отбора пробы, кПа.

6.2 Определение выбросов газообразных загрязняющих веществ расчетными методами

6.2.1 Количество серы диоксида M_{SO_2} , г/с (т/год), поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами при сжигании твердого, жидкого и газообразного² топлива, определяется по формуле

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B_p \cdot S^r \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}) \cdot (1 - \eta_{SO_2}) \cdot \frac{n_o}{n_k} \cdot K_p,$$

(18)

где B_p - то же, что и в формуле (1);

¹ Требования, изложенные в 6.1.10, распространяются также на определение выбросов расчетными методами.

² При наличии в газообразном топливе серы и сероводорода в формулу (18) подставляется сумма $S^r + 0,94H_2S$, где H_2S - содержание сероводорода в топливе на рабочую массу, %.

Расход газообразного топлива B_p (тыс.м³/ч, тыс.м³/год) умножается на плотность ρ , т/ч (т/год).

S^r - содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

η'_{SO_2} - доля серы оксидов, связываемых летучей золой в котле. Значения η'_{SO_2} при сжигании различных видов топлива приведены в Г.1 (приложение Г);

η''_{SO_2} - доля серы оксидов, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с твердыми частицами. Доля серы оксидов (η''_{SO_2}), улавливаемых в сухих золоуловителях (электрофилтрах, батарейных циклонах), принимается равной нулю. В мокрых золоуловителях эта доля зависит от расхода и общей щелочности орошающей воды, а также от приведенной сернистости топлива S^{pr} . При характерных для эксплуатации удельных расходах воды на орошение золоуловителей 0,1-0,15 дм³/м³, η''_{SO_2} определяется по рисунку Г.2 (приложение Г);

η_{SO_2} - доля серы оксидов, улавливаемых в сероулавливающей установке;

n_o и n_k - длительность работы сероулавливающей установки и котла соответственно, ч/год;

K_p - коэффициент пересчета; при определении выбросов в г/с равен $0,278 \cdot 10^3$, в т/год равен 1.

6.2.2 Суммарное количество азота оксидов M_{NO_x} в пересчете на азота диоксид (NO_2), г/с (т/год), поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами при сжигании газообразного, жидкого и твердого топлива, рассчитывается по формуле

$$M_{NO_x} = B_p \cdot K_{NO_2} \cdot \beta_1 \cdot (1 - \varepsilon_1 r) \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2 \cdot (1 - \eta_{az} \cdot \frac{n_o}{n_k}) \cdot K_p,$$

(19)

где B_p - расчетный расход топлива, т усл.топл./ч (т усл.топл./год), определяемый в соответствии с 6.1.7 и пересчитанный в условное топливо;

K_{NO_2} - удельный выброс азота оксидов, кг/т усл.топл., определяемый в соответствии с 6.2.2.1;

β_1 - коэффициент, учитывающий влияние на выход азота оксидов вида сжигаемого топлива, определяемый в соответствии 6.2.2.2, при совместном сжигании различных видов топлива в соответствии 6.2.2.3;

β_2 - коэффициент, учитывающий конструкцию горелок, принимается для вихревых равным 1, для прямоточных равным 0,85;

β_3 - коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления, принимается при твердом шлакоудалении равным 1, при жидком шлакоудалении равным 1,6;

ε_1 - коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов на выход азота оксидов в зависимости от условий подачи их в топку, определяемый в соответствии 6.2.2.4;

ε_2 - коэффициент, характеризующий уменьшение выбросов азота оксидов (при двухступенчатом сжигании топлива) при подаче части воздуха δ_b помимо основных горелок при условии сохранения общего избытка воздуха за котлом, определяемый по рисунку Д.1 (приложение Д);

r - степень рециркуляции дымовых газов, %;

η_{az} - доля азота оксидов, улавливаемых в азотоочистной установке;

n_o и n_k - длительность работы азотоочистной установки и котла соответственно, ч/год;

K_p - коэффициент пересчета: при определении выбросов в г/с равен 0,278; в т/год равен 10^{-3} .

6.2.2.1 Удельный выброс азота оксидов K_{NO_2} , кг/т усл.топл., определяется по эмпирическим формулам:

- для водогрейных котлов производительностью более 20 Гкал/ч при сжигании жидкого и газообразного топлива K_{NO_2} определяется по формуле (20), при сжигании твердого топлива по формуле (21)

$$K_{NO_2} = 2,5 \cdot \frac{Q_f}{84 + Q_n}, \quad (20)$$

$$K_{NO_2} = 2,5 \cdot \frac{Q_n}{84 + Q_n}, \quad (21)$$

где Q_f и Q_n - фактическая и номинальная нагрузка котла, ГДж/ч.

- для паровых котлов производительностью до 200 т/ч при сжигании жидкого и газообразного топлива K_{NO_2} определяется по формуле (22), при сжигании твердого топлива по формуле (23)

$$K_{NO_2} = 7,5 \cdot \frac{D_f}{50 + D_n} \quad (22)$$

$$K_{NO_2} = 7,5 \cdot \frac{D_n}{50 + D_n}, \quad (23)$$

где D_f и D_n - фактическая и номинальная нагрузка котла, т/ч;

- для паровых котлов производительностью 200 т/ч и более при сжигании твердого топлива, а также для котлов такой же производительности, имеющих подовую компоновку горелок при сжигании жидкого и газообразного топлива K_{NO_2} определяется по формуле

$$K_{NO_2} = 12 \cdot \frac{D_f}{200 + D_n} \quad (24)$$

- для паровых котлов производительностью от 200 до 500 т/ч, имеющих настенную компоновку горелок при сжигании жидкого и газообразного топлива K_{NO_2} определяется по формуле

$$K_{NO_2} = 7,5 \cdot \frac{D_f}{200 + D_n} \quad (25)$$

- для паровых котлов производительностью более 500 т/ч, имеющих настенную компоновку горелок при сжигании жидкого и газообразного топлива K_{NO_2} определяется по формуле

$$K_{NO_2} = 6 \cdot \frac{D_f}{200 + D_n} \quad (26)$$

6.2.2.2 Значения β_1 при сжигании жидкого и газообразного топлива принимаются равными:

Коэффициент избытка воздуха в топочной камере, α_t	β_1	
	мазут	газ
более 1,05	1	0,9
от 1,03 до 1,05 включ.	0,9	0,8
менее 1,03	0,75	0,7

При сжигании твердого топлива значения β_1 определяются по формулам

$$\text{при } \alpha_t \leq 1,25 \dots \beta_1 = 0,178 + 0,47 \cdot N^g$$

$$\text{при } \alpha_t > 1,25 \dots \beta_1 = (0,178 + 0,47 \cdot N^g) \alpha_t / 1,25$$

где N^g – содержание азота в топливе, % на горючую (сухую беззольную) массу, определяемое по формуле

$$N^g = N^r \frac{100}{100 - W^r - A^r},$$

(27)

где N^r , W^r , A^r - соответственно содержание азота в топливе, влажность и зольность топлива, отнесенные к рабочей массе, %.

6.2.2.3 При совместном сжигании топлива двух видов и расходе одного из них более 90% значение коэффициента β_1 принимается по основному виду топлива. В остальных случаях коэффициент β_1 определяется как средневзвешенное значение по формуле

$$\beta_1 = \frac{\beta_1' B_{p1} + \beta_1'' B_{p2}}{B_{p1} + B_{p2}},$$

(28)

где β_1' , β_1'' , B_{p1} , B_{p2} - соответственно коэффициенты и расходы топлива первого и второго вида.

6.2.2.4 Значения коэффициента ε_1 при номинальной нагрузке и степени рециркуляции дымовых газов γ менее 20% принимаются равными:

а) при сжигании газа и мазута и вводе газов рециркуляции

в под топки (при расположении горелок на вертикальных экранах)	0,0025
через шлицы под горелками	0,015
по наружному каналу горелок	0,025
в воздушное дутье и рассечку двух воздушных потоков	0,035

б) при высокотемпературном³ сжигании твердого топлива и вводе газов рециркуляции:

в первичную аэросмесь	0,01
во вторичный воздух	0,005

в) при низкотемпературном⁴ сжигании твердого топлива $\varepsilon_1=0$.

При нагрузке меньше номинальной коэффициент ε_1 следует умножить на коэффициент f , определяемый из соотношения

$$f = 0,6 \cdot \frac{D_f}{D_n} + 0,4 \quad (29)$$

6.2.3 Количество углерода оксида M_{CO} , г/с (т/год), поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяется по формуле

$$M_{CO} = C_{CO} \cdot B_p \cdot K_p, \quad (30)$$

где C_{CO} - выход оксида углерода при сжигании топлива при эксплуатационном режиме работы котла, г/кг, г/м³, определяемый в соответствии 6.2.3.1;

B_p - то же, что и в формуле (1);

K_p - коэффициент пересчета, при определении выбросов в г/с равен 0,278; в т/год равен 10⁻³.

6.2.3.1 Выход углерода оксида C_{CO} , г/кг (г/м³) определяется по формуле

$$C_{CO} = \frac{q_3 \cdot R \cdot Q_n^r}{1,013}, \quad (31)$$

³ Под высокотемпературным сжиганием понимают сжигание всех углей в топках с жидким шлакоудалением, а также углей с низшей теплотой сгорания равной или более 23,05 МДж/кг в топках с твердым шлакоудалением при температуре факела, равной или более 1500°C.

⁴ Под низкотемпературным сжиганием понимают сжигание твердого топлива с низшей теплотой сгорания менее 23,05 МДж/кг в топках с твердым шлакоудалением при температуре факела менее 1500°C.

где q_3 – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %, принимаемые:

- при сжигании газообразного топлива – 0,04 %
- при сжигании жидкого топлива – 0,09 %
- при сжигании твердого топлива – 0,2 %.

R - коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную содержанием в продуктах неполного сгорания углерода оксида принимается: для твердого топлива 1,0, для газа – 0,5; для мазута – 0,65;

Q_n^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг, МДж/м³.

6.2.4 При совместном сжигании различных видов топлива выбросы серы диоксида и углерода оксида рассчитываются отдельно для топлива каждого вида и результаты суммируются.

6.2.5 Концентрация i -го загрязняющего вещества в сухих дымовых газах при $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях C_i , мг/м³, определяется по формуле

$$C_i = \frac{M_i}{B_p \cdot V_{sg}} \cdot K_p,$$

(32)

где M_i – количество i -го загрязняющего вещества, поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяемое для серы диоксида в соответствии с 6.2.1, для азота оксидов в соответствии с 6.2.2, для углерода оксидов в соответствии с 6.2.3, г/с;

B_p - расчетный расход топлива на котел, определяемый в соответствии с 6.1.7, т/ч (тыс.м³/ч) - при определении выбросов серы диоксида и углерода оксида, т усл.топл./ч - при определении выбросов азота оксидов

K_p - коэффициент пересчета, равный $3,6 \cdot 10^3$.

7 Порядок определения выбросов твердых загрязняющих веществ

7.1 Определение выбросов по данным инструментальных измерений

7.1.1 Количество твердых частиц, поступающих в атмосферный воздух с дымовыми газами может определяться по одному из вариантов:

- 1) согласно 7.1.1.1 при инструментальных измерениях концентрации в дымовых газах;
- 2) согласно 7.1.1.2 при инструментальных измерениях концентрации и объема дымовых газов (скорости потока и площади сечения газотока).

7.1.1.1 Количество твердых частиц M_{tv} , г/с, поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами, при инструментальных измерениях концентрации в дымовых газах определяется по формуле

$$M_{tv} = C_{tv} \cdot V_{sg} \cdot B_p \cdot K_p,$$

(33)

где C_{tv} - концентрация твердых частиц, мг/м³, определяемая в соответствии с 6.1.3.2 с учетом 6.1.2.1;

V_{sg} - объем дымовых газов, м³/кг, определяемый в соответствии с 6.1.6;

B_p - расчетный расход твердого топлива, т/ч, определяемый в соответствии с 6.1.7;

K_p - коэффициент пересчета, равный $0,278 \cdot 10^{-3}$.

7.1.1.2 Количество твердых частиц M_{tv} , г/с, поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами, при инструментальных измерениях концентрации и объема дымовых газов определяется по формуле

$$M_{tv} = C_{tv} \cdot V_{sg}^{izm} \cdot 10^{-3}, \quad (34)$$

где C_{tv} - то же, что и в формуле (33);

V_{sg}^{izm} - объем дымовых газов, м³/с, определяемый в соответствии с 6.1.11.2.

7.1.1.3 Количество твердых частиц в т/год следует определять расчетными методами в соответствии с 7.2.

7.2 Определение выбросов расчетными методами

7.2.1 Количество твердых частиц, поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяется при сжигании твердого и жидкого топлива:

а) при сжигании твердого топлива суммарное количество твердых частиц (летучая зола и несгоревшее топливо) определяется в соответствии с 7.2.2: по формуле (35) при наличии данных замеров содержания горючих в уносе G_y , по формуле (36) при отсутствии данных замеров содержания горючих в уносе;

б) при сжигании дизельного, печного бытового и других легких жидких топлив количество твердых частиц выбрасываемых в атмосферный воздух в виде сажи определяется в соответствии с 7.2.3;

в) при сжигании мазута количество мазутной золы в пересчете на ванадий определяется в соответствии с 7.2.4, количество сажи в составе твердых частиц рассчитывается по формуле (37).

7.2.2 Количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива) M_{tv} , г/с (т/год), поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяется по одной из формул

$$M_{tv} = B \cdot \frac{A^r}{100 - G_y} \cdot a_y \cdot (1 - \eta_z) \cdot K_p, \quad (35)$$

$$M_{tv} = 0,01 \cdot B \cdot (a_y \cdot A^r + q_4^y \cdot \frac{Q_n^r}{32,680}) \cdot (1 - \eta_z) \cdot K_p, \quad (36)$$

где B - фактический расход топлива на котел, т/ч (т/год);

A^r - зольность топлива на рабочую массу, %;

G_y - содержание горючих в уносе, %;

a_y - доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе);

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

q_4^y - потери тепла с уносом от механической неполноты сгорания топлива, %. При отсутствии эксплуатационных или справочных данных по q_4^y при сжигании твердого топлива в формулу подставляются нормативные значения q_4 , приведенные в таблице В.1 (приложение В);

Q_n^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

K_p - коэффициент пересчета: при определении выбросов в г/с равен $0,278 \cdot 10^3$, в т/год равен 1.

7.2.3 Количество сажи M_c , г/с, (т/год), образующихся в топке в результате недожога топлива и выбрасываемых в атмосферный воздух при сжигании мазута, дизельного, печного бытового и других легких жидких топлив, определяется по формуле

$$M_c = 0,01 \cdot B \cdot q_4^y \frac{Q_n^r}{32,680} \cdot (1 - \eta_z) \cdot K_p,$$

(37)

где B - фактический расход топлива на котел, т/ч (т/год);

q_4^y - потери тепла с уносом от механической неполноты сгорания топлива, %. При отсутствии эксплуатационных данных по q_4^y в формулу подставляется нормативное значение $q_4 = 0,02\%$;

Q_n^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

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

K_p - коэффициент пересчета, при определении выбросов в г/с равен $0,278 \cdot 10^3$, в т/год равен 1.

7.2.4 Количество мазутной золы в пересчете на ванадий M_v , г/с (т/год), поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами при сжигании мазута, определяется по формуле

$$M_v = G_v \cdot B \cdot (1 - \eta_{os}) \cdot (1 - \frac{\eta_y^v}{100}) \cdot K_p \quad (38)$$

где G_v - содержание ванадия в одной тонне мазута, г/т, определяемое в соответствии 7.2.4.1;

B - фактический расход топлива на котел т/ч (т/год);

η_{os} - доля ванадия, оседающего с твердыми частицами на поверхности нагрева котлов, которую принимают равной: 0,07 - для котлов с промежуточными пароперегревателями, очистка поверхностей нагрева которых производится в остановленном состоянии; 0,05 - для котлов без промежуточных пароперегревателей при тех же условиях очистки; 0 - для остальных случаев;

η_y^v - степень очистки дымовых газов от мазутной золы в золоулавливающих установках, %, определяемая по приложению Е. Значение η_y^v оценивается для средних условий работы улавливающих устройств за год;

K_p - коэффициент пересчета, при определении выбросов в г/с равен $0,278 \cdot 10^3$, в т/год равен 10^{-6} .

7.2.4.1 Количество ванадия, содержащегося в 1 т мазута G_v , г/т, может быть определено одним из двух способов:

- на основании химического анализа мазута по формуле:

$$G_v = a_v 10^4,$$

(39)

где a_v - фактическое содержание элемента ванадия в мазуте, %;

- при отсутствии данных химического анализа по приближенной формуле

$$G_v = 2222A^r,$$

(40)

где A^r - содержание золы в мазуте на рабочую массу, %;

7.2.5 Концентрация твердых частиц в дымовых газах рассчитывается по формуле (32), где M_i - количество твердых частиц выбрасываемых в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяемое в соответствии с 7.2.2 или 7.2.3, г/с;

B - фактический расход топлива на котел, т/ч.

8 Порядок определения выбросов бенз(а)пирена

8.1 Определение выбросов при сжигании жидкого и газообразного топлива

8.1.1 Количество бенз(а)пирена M_{bp} , г/с (т/год), поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами, определяется по формуле (1), где концентрация бенз(а)пирена C_{bp}^g , мг/м³, в сухих дымовых газах при $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях в зависимости от типа котла, вида топлива рассчитывается по формулам:

при сжигании газообразного топлива:

$$C_{bp}^g = 10^{-3} \cdot \frac{q_1^{-1,26} \cdot (0,0536 + 0,163 \cdot q_v)}{e^{-25(\alpha_t - 1)}} \cdot K_r \cdot K_d \cdot K_{st} \cdot K_{vl}, \quad (41)$$

при сжигании жидкого топлива:

$$C_{bp}^m = 10^{-3} \cdot \frac{q_1^{-0,53} (0,232 + 0,606 \cdot q_v)}{e^{-25(\alpha_t - 1)}} \cdot K_r \cdot K_d \cdot K_{sm} \cdot K_{vl} \cdot K_{or}, \quad (42)$$

где q_1 - теплонапряжение поверхности зоны активного горения, МВт/м², определяемое в соответствии с 8.1.1.1;

q_v - теплонапряжение топочного объема, МВт/м³, определяемое в соответствии 8.1.1.2 для ряда котлов значения q_v приведены в таблице Ж.1 (приложение Ж).

α_t - коэффициент избытка воздуха на выходе из топки, принимается по таблицам 18-24 [4]. При $\alpha_t > 1,08$ выражение $e^{-25(\alpha_t - 1)}$ принимается равным 0,135;

K_r - коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, определяемый в соответствии 8.1.1.3;

K_d - коэффициент, учитывающий нагрузку котла, определяемый в соответствии с 8.1.1.4;

K_{st} - коэффициент, учитывающий ступенчатое сжигание, определяемый в соответствии с 8.1.1.5;

K_{vl} - коэффициент, учитывающий подачу влаги в топку, определяемый в соответствии с 8.1.1.6;

K_{or} - коэффициент, учитывающий увеличение выброса бенз(а)пирена при очистке конвективных поверхностей нагрева, принимается по таблице К.1 (приложение К).

8.1.1.1 Теплонапряжение поверхности зоны активного горения q_1 , МВт/м², определяется по формуле

$$q_1 = \frac{0,278 \cdot Q_n^r \cdot B}{2 \cdot (a_t + b_t) \cdot Z_g \cdot h_g + 1,5 \cdot a_t \cdot b_t}, \quad (43)$$

где Q_n^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/м³);

B - фактический расход топлива на котел, т/ч (тыс.м³/ч);

a_t - ширина топки, м;

b_t - глубина топки, м;

Z_g - число ярусов горелок;

h_g - расстояние между осями соседних горелок по высоте, м. Для топок с однорядным расположением горелок единичной мощностью от 30 до 60 МВт произведение $Z_g \cdot h_g = 3$ м.

Показатели a_t , b_t , h_g , Z_g , входящие в формулу (43), определяются из ТУ и КД на котел, а также чертежей изготовителя котла. Для ряда котлов эти показатели приведены в таблице Ж.1 (приложение Ж).

8.1.1.2 Тепловое напряжение топочного объема q_v , МВт/м³, определяется по формуле

$$q_v = \frac{0,278 \cdot B \cdot Q_n^r}{V_m}, \quad (44)$$

где B_p - фактический расход топлива на котел, т/ч (тыс. м³/ч);

Q_n^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/м³);

V_m - объем топочной камеры, м³, определяемый из ТУ и КД на котел, а также чертежей изготовителя котла.

8.1.1.3 Коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, определяется по формуле

$$K_r = 1 + d \cdot r,$$

(45)

где d - коэффициент, характеризующий влияние рециркуляции дымовых газов на выброс бенз(а)пирена, принимается:

при вводе в под топочной камеры $d=1$;

при вводе в воздух или отдельный канал горелки $d=4$;

при вводе в шлицы (сопла) напротив горелок $d=2$;

при вводе в шлицы под горелками $d=2,7$;

r - степень рециркуляции дымовых газов.

8.1.1.4 Коэффициент, учитывающий нагрузку котла, определяется по формуле

$$K_d = \left(2 - \frac{D_f}{D_n}\right)^{2,4},$$

(46)

где D_f и D_n - соответственно фактическая и номинальная нагрузка котла, кг/с;

8.1.1.5 Коэффициент, учитывающий ступенчатое сжигание, определяется по формуле

$$K_{st} = 1 + b\delta,$$

(47)

где δ - доля воздуха, подаваемая во вторую ступень горения;

b - коэффициент, учитывающий влияние воздуха, подаваемого во вторую ступень горения. Значения коэффициента принимают по таблице К.2 (приложение К).

8.1.1.6 Коэффициент, учитывающий подачу влаги, определяется по формуле

$$K_{vl} = \exp(-\lambda \cdot g),$$

(48)

где g - отношение воды и топлива при подаче влаги в зону горения;

λ - коэффициент, учитывающий влияние влаги, принимается при вводе ее:

в пристенную зону топки и при зональном впрыске $\lambda = 15$, в дутьевой воздух - $\lambda = 2$.

8.2 Определение выбросов при сжигании твердого топлива

8.2.1 Количество бенз(а)пирена M_{bp} , г/с (т/год), поступающее в атмосферный воздух с дымовыми газами при факельном сжигании твердых топлив, определяется по формуле (1), где концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах при $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях рассчитывается по формуле:

$$C_{bp}^{tv} = 10^{-3} \frac{A \cdot Q_n^r}{e^{1,5\alpha_0}} \cdot K_d \cdot K_{zy}, \quad (49)$$

где A - коэффициент, учитывающий конструкцию нижней части топки, при жидком шлакоудалении равен 0,378, при твердом шлакоудалении равен 0,521);

Q_n^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

K_d - коэффициент, учитывающий нагрузку котла, определяемый в соответствии с 8.1.1.1;

K_{zy} - коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителями, определяемый в соответствии с 8.1.1.2.

8.2.1.1 Коэффициент, учитывающий нагрузку котла, определяется по формуле

$$K_d = \left(\frac{D_f}{D_n} \right)^{1,1},$$

(50)

где D_f и D_n - фактическая и номинальная нагрузка котла соответственно, кг/с;

8.2.1.2 Коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителями, определяется по формуле

$$K_{zy} = 1 - \eta_{zy} \cdot Z / 100,$$

(51)

где η_{zy} - степень очистки газов в золоуловителе (по золе), %;

z- коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности бенз(а)пирена золоуловителями (для сухих аппаратов z=0,7; для мокрых аппаратов z=0,8).

Приложение А
(справочное)

Таблица А.1 – Расчетные характеристики твердых и жидких топлив

Бассейн, месторождение	Марка	Класс или продукт обогащения	Состав рабочей массы топлива, %							Низшая теплота сгорания, МДж/кг Q_n^r	Объемы воздуха и продуктов сгорания, нм ³ /кг при $\alpha=1, t=0^\circ\text{C}, P=101,3 \text{ кПа}$					Объем сухих дымовых газов при $\alpha_0=1,4, V_{sg}^{1)}$	Объем влажных дымовых газов при $\alpha_0=1,4, V_{vg}^{2)}$	Отношение объема сухих и влажных продуктов сгорания k
			W_t^r	A^r	S^r	C^r	H^r	N^r	O^r		V_o^H	$V_{RO_2}^H$	$V_{N_2}^H$	$V_{H_2O}^H$	V_g^H			
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	1,61	12,06	14,92	16,61	0,90
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	1,63	12,05	14,89	16,58	0,90
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	1,63	12,0	14,82	16,52	0,90
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	1,64	11,96	14,75	16,46	0,90
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	1,65	11,94	14,70	16,43	0,89
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	1,65	11,87	14,60	16,32	0,89
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	1,65	12,12	14,96	16,68	0,90
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	1,65	12,07	14,89	16,61	0,90
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	1,64	12,0	14,79	16,51	0,90
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	1,64	11,92	14,70	16,40	0,90
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	1,63	11,84	14,60	16,29	0,90
Мазут зольный	40 или 100	вид VI	1,2	0,12	2,7	82,3	12,88		0,8	39,32	10,88	1,55	8,59	1,62	11,76	14,50	16,18	0,90
Дизельное топливо		вид I		0,1	0,15	83,3	16,2		0,25	42,71	11,78	1,56	9,30	1,98	12,84	15,57	17,63	0,88
Дизельное топливо		вид II		0,1	0,4	83,3	15,9		0,3	42,44	11,71	1,56	9,25	1,95	12,76	15,49	17,52	0,88
Печное бытовое топливо		вид А		0,02	0,03	84,3	15,5		0,15	42,35	11,68	1,57	9,23	1,9	12,7	15,47	17,45	0,89
Печное бытовое топливо		вид В		0,02	0,04	84,3	15,46		0,18	42,30	11,67	1,57	9,22	1,9	12,69	15,46	17,43	0,89
Печное бытовое топливо		вид С		0,02	0,07	84,3	15,4		0,21	42,25	11,65	1,57	9,21	1,89	12,67	15,44	17,40	0,89
Печное бытовое топливо				0,02	0,4	84,3	15		0,28	41,88	11,56	1,58	9,13	1,85	12,56	15,33	17,26	0,89
Печное бытовое топливо				0,02	1	84,3	14,3		0,38	41,25	11,39	1,58	9,00	1,77	12,35	15,13	16,98	0,89

¹⁾ $V_{sg} = V_{RO_2}^H + V_{N_2}^H + (\alpha_0 - 1) \cdot V_0^H$ - объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании одного килограмма топлива при $\alpha_0=1,4$.

²⁾ $V_{vg} = V_{RO_2}^H + V_{N_2}^H + V_{H_2O}^H + (\alpha_0 - 1) \cdot V_0^H \cdot 1,0161$ - объем влажных дымовых газов, образующихся при полном сгорании одного килограмма топлива при $\alpha_0=1,4$.

Таблица А.2 - Расчетные характеристики газообразных топлив

Газопровод	Низшая теплота сгорания, МДж/кг Q_n^r	Состав газа по объему, %									Объемы воздуха и продуктов сгорания, м ³ /м ³ при $\alpha=1, t=0^\circ\text{C}, P=101,3 \text{ кПа}$					Объем сухих дымовых газов при $\alpha=1,4, V_{sg}$	Объем влажных дымовых газов при $\alpha=1,4, V_{vg}$	Отношение объема сухих и влажных продуктов сгорания k
		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_o^H	$V_{RO_2}^H$	$V_{N_2}^H$	$V_{H_2O}^H$	V_g^H				
Торжок-Минск-Ивацевичи	33,53	98,043	0,799	0,206	0,070	0,014	0,006	0,033	0,821		9,54	1,01	7,55	2,15	10,71	12,37	14,59	0,85
Торжок-Долина	33,51	98,120	0,740	0,201	0,073	0,012	0,003	0,032	0,812		9,54	1,01	7,55	2,15	10,71	12,37	14,59	0,85

Приложение Б
(справочное)

**Таблица Б.1 - Парциальное давление водяных паров на линии насыщения
в зависимости от температуры окружающего воздуха**

t, С	P _{н2о} , кПа	t, С	P _{н2о} , кПа
0	0,611	20	2,339
1	0,657	21	2,488
2	0,706	22	2,645
3	0,758	23	2,811
4	0,813	24	2,986
5	0,872	25	3,170
6	0,935	26	3,364
7	1,002	27	3,564
8	1,073	28	3,779
9	1,148	29	4,004
10	1,228	30	4,241
11	1,313	31	4,491
12	1,403	32	4,753
13	1,498	33	5,029
14	1,599	34	3,071
15	1,705	35	5,622
16	1,818	40	7,375
17	1,938	45	9,584
18	2,065	50	12,33
19	2,198		

Приложение В
(справочное)

Таблица В.1 – Значения q_4 и a_y для различных топок и топлив

Вид топки	Топливо	Потери тепла от механического недожога, q_4 , %	Доля золы, уносимой газами, a_y	
Камерные топки с твердым шлакоудалением	Каменные угли	1,5	0,95	
	Бурые угли малозольные*)		0,5	0,95
		многозольные	2	0,95
	Антрацитовый штыб	8,0	0,95	
	Тощие угли	4,0	0,85	
	Фрезерный торф	1,0	0,95	
	Сланцы	0,5	0,95	
Камерные топки с жидким шлакоудалением	Каменные угли	0,5	0,8	
	Бурые угли	0,3	0,8	
	Антрацитовый штыб	6,0	0,9	
	Тощие угли	4,0	0,85	

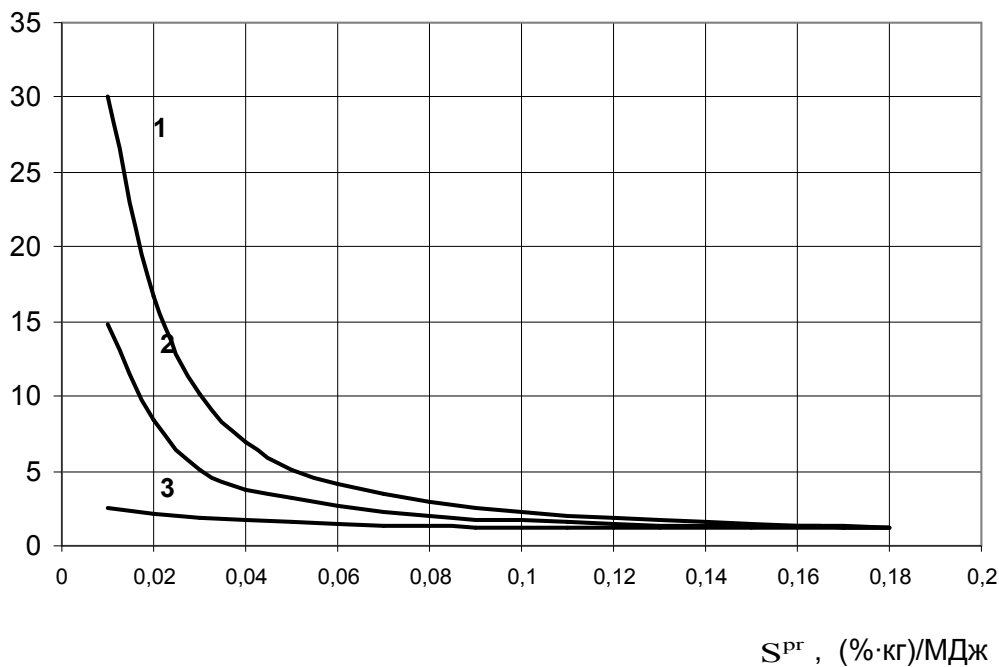
*) Многозольные угли с приведенной зольностью $A_{pr}^r > 1 \text{ кг}\cdot\%/\text{МДж}$; малозольные угли с приведенной зольностью $A_{pr}^r \leq 1 \text{ кг}\cdot\%/\text{МДж}$

Приложение Г
(справочное)

Г.1 Значения η'_{SO_2} (доля серы оксидов, связываемых летучей золой в котле) при сжигании различных видов топлива составляют:

Топливо	η'_{SO_2}
Газ	0
Мазут	0,02
Торф	0,15
Дрова	0,69
Сланцы эстонские и ленинградские	0,8
Сланцы других месторождений	0,5
Экибастузский уголь	0,02
Березовские угли Канско-Ачинского бассейна для топок: с твердым шлакоудалением	0,5
с жидким шлакоудалением	0,2
Другие угли Канско-Ачинского бассейна для топок: с твердым шлакоудалением	0,2
с жидким шлакоудалением	0,05
Угли других месторождений	0,1

η''_{SO_2} , %



$$S^{pr} = \frac{S^r}{Q_n^r}$$

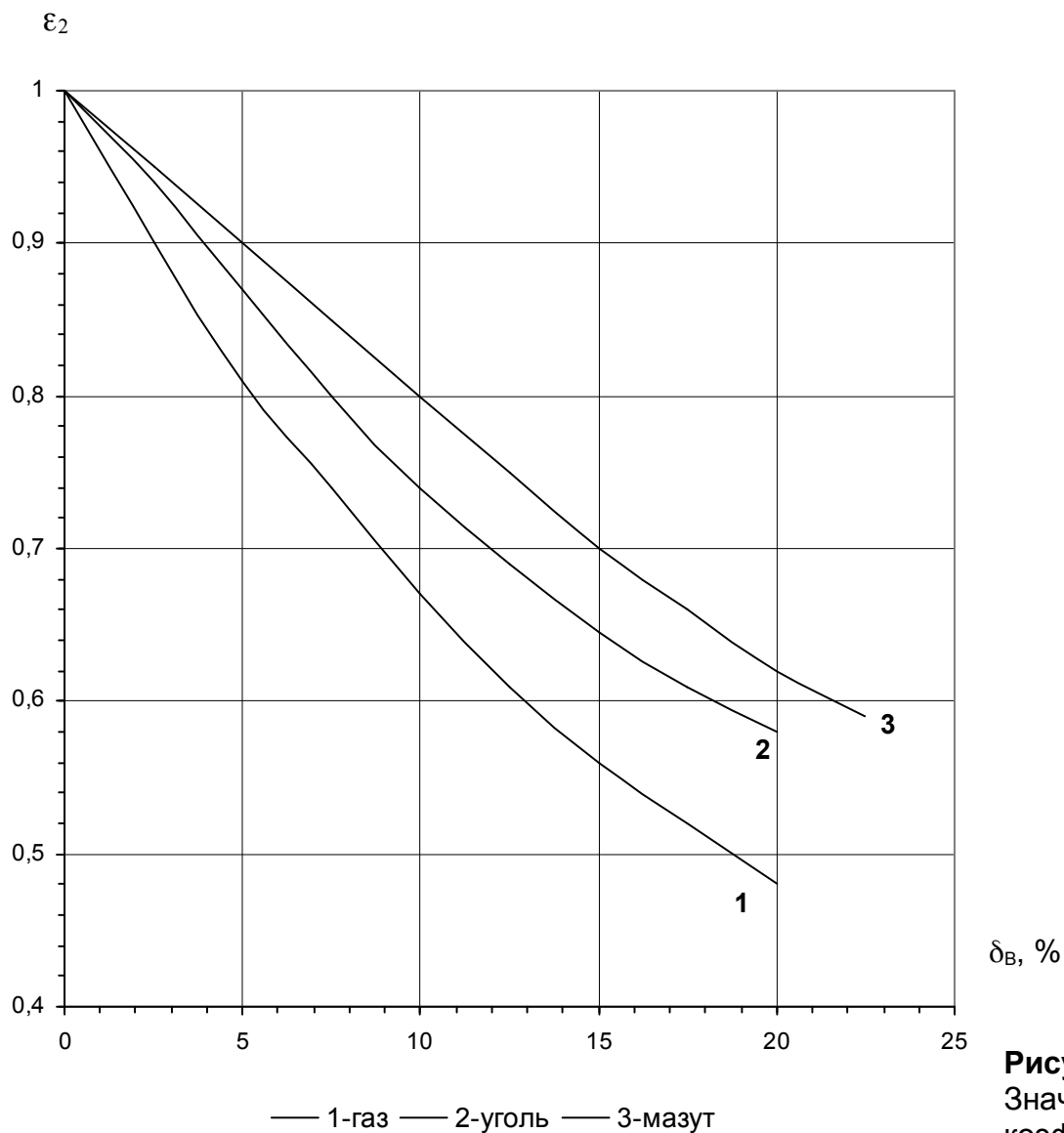
где S^r - содержание серы (органической и колчеданной) в рабочей массе топлива, %;

Q_n^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/нм³).

Щелочность орошающей воды: график 1 - 10 мг-экв./дм³
 график 2 - 5 мг-экв./дм³
 график 3 - 0 мг-экв./дм³

Рисунок Г.2 – Степень улавливания серы оксидов в мокрых золоуловителях в зависимости от приведенной сернистости топлива и щелочности орошающей воды

Приложение Д
(справочное)



ε₂
от доли воздуха,
подаваемого помимо основных горелок

Рисунок Д.1-
Значение
коэффициента
в зависимости

Приложение Е (справочное)

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

Е.1 Степень очистки дымовых газов от мазутной золы, улавливаемой в батарейных циклонах, определяется по формуле

$$\eta_y^v = 0,076(\eta_{sy})^{1,85} - 2,32\eta_{sy},$$

где η_y^v - степень улавливания мазутной золы, %;
 0,076 и 2,32 - эмпирические коэффициенты;
 1,85 - эмпирический показатель степени;
 η_{sy} - общая степень улавливания твердых частиц, образующихся при сжигании мазута, %.

Зависимость (Е.1) действительна при выполнении условия

$$65\% < \eta_{sy} < 85\%$$

Е.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

$$\eta_y^v = \eta_y C$$

где η_y – общая доля твердых частиц, улавливаемых при сжигании угля;
 С – коэффициент, равный:
 0,6 – для электрофильтров,
 0,5 – для мокрых аппаратов,
 0,3 – для батарейных циклонов.

Приложение Ж
(справочное)

Таблица Ж.1 - Техническая характеристика котлов

Марка котла	Производительность котла, т/ч	Размеры топки, м			Число ярусов горелок z_g	Расстояние по высоте между осями соседних горелок h_g , м	Теплонапряжение топочного объема q_v , МВт/м ³
		Ширина a_t	Глубина b_t	Объем топочной камеры V_m , м ³			
Изготовитель: ПО «Белгородский завод энергетического машиностроения»							
Е-50-3,9-440 ГМ	50	4,55	4,5	144	$z_g \cdot h_g = 3$ м		0,287
Е-75-3,9-440 ГМ	75	6,05	4,5	284	$z_g \cdot h_g = 3$ м		0,217
Изготовитель: ПО «Сибэнергомаш»							
Е-160-9,8-540 ГМ (БКЗ-160-100 ГМ-4)	160	7,1	4,49	387	2	2,2	0,314
Е-210-13,8-560 КБТ (БКЗ-210-140-9)	210	9,34	6,73	$1,12 \cdot 10^3$	$z_g \cdot h_g = 3$ м		0,139
Е-220-9,8-540 Г (БКЗ-220-100 Г1)	220	7,58	5,93	809	$z_g \cdot h_g = 3$ м		0,211
Е-320-13,8-560 ГМ (БКЗ-320-140 ГМ-8)	320	11,82	5,45	945	2	3,02	0,253
Е-320-13,8-560 ДТ (БКЗ-320-140-6)	320	12,06	7,7	$2,2 \cdot 10^3$	$z_g \cdot h_g = 3$ м		0,112
Е-320-13,8-560 КТ (БКЗ-320-140-6)	320	12,06	7,7	$2,2 \cdot 10^3$	2	3,12	0,107
Е-420-13,8-560 ГМН (БКЗ-420-140 НГМ-4)	420	13,18	5,93	1427	2	3,54	0,213
Е-420-13,8-560 БТ (БКЗ-420-140-7)	420	14,46	7,7	$2,66 \cdot 10^3$	2	4,0	0,120
Е-500-13,8-560 БТ (БКЗ-500-140-1)	500	11,26	10,26	$3,77 \cdot 10^3$	3	2,8	0,100
Еп-670-13,8-545 БТ (БКЗ-670-140-3)	670	14,46	11,85	$6,49 \cdot 10^3$	3	2,0	0,089

**) Для топок с однорядным расположением горелок единичной мощностью от 30 до 60 МВт произведение $z_g \cdot h_g = 3$ м*

Окончание таблицы Ж.1

Марка котла	Производительность котла, т/ч	Размеры топки, м			Число ярусов горелок z_g	Расстояние по высоте между осями соседних горелок h_g , м	Теплонапряжение топочного объема q_v , МВт/м ³
		Ширина a_t	Глубина b_t	Объем топочной камеры V_m , м ³			

ТКП 17.08-04-2006

Еп-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140)	690	14,46	11,85	7,6·10 ³	2	3,6	0,077
Изготовитель: Подольский машиностроительный завод им.Орджоникидзе							
Пп-1000-25-545/542 БГТ (П-64-3)	1000	22,32	10,4	12,3·10 ³	3	3,7	0,06
Пп-1650-25-545/542 КТ (П-57 Р)	1650	21,84	9,84	10,0·10 ³	2	3,98	0,134
Пп-2650-25-545/542 БТ (П-67)	2650	23,08	23,08	44,5·10 ³	4	4,6	0,061
Изготовитель: ПО «Красный котельщик» им.60-летия СССР (г.Таганрог)							
Е-500-13,8-560 ГДТ (ТПГЕ-431)	500	16,8	8,64	3730			0,093
Е-500-13,8-560 ГМН (ТГМЕ-464)	500	13,52	7,68	1610	2	2,6	0,228
Еп-670-13,8-545 БТ (ТПЕ-216)	670	13,52	12,48	6774	3	4,5	0,084
Еп-670-13,8-545 КГТ (ТПГМ-215)	670	17,7	8,8	4626	2	5,1	0,12
Еп-670-13,8-545 ГМН (ТГМЕ-206)	670	18,0	7,68	2160	2	2,6	0,255
Кп-1000-25-545/542 ГМН (ТГМП-344 А)	1000	16,32	8,47	3780	2	3,25	0,205
Пп-2650-25-545/542 КТ (ТПП-804)	2650	30,89	15,52	27290	2	5,0	0,075
Пп-2650-25-545/542 Г (ТГП-805 С3)	2650	20,66	10,26	6838	3	3,0	0,298
Пп-2650-25-545/542 ГМ (ТГМП-806 ХЛ)	2650	20,66	10,6	6838	3	3,0	0,298
Пп-2650-25-545/542 ГМН (ТГМП-204 ХЛ)	2650	20,66	10,26	8850	3	3,0	0,237
Пп-3950-25-545/542 ГМН (ТГМП-1202)	3950	30,95	10,26	12900	3	3,0	0,239

Приложение К
(справочное)

Таблица К.1 - Значения коэффициента K_{or}

Период между очистками, ч	Значения K_{or}	
	При дробевой очистке конвективных поверхностей нагрева	При обдувках регенеративных воздухоподогревателей
12-24	1,2	1,1
40-48	1,5	1,25
72	2,0	1,5

**Таблица К.2 - Значения коэффициента b , учитывающего влияние воздуха,
подаваемого во вторую ступень горения**

Схема ступенчатого сжигания	Значение коэффициента b	
	газ	мазут
при отключении половины горелок верхнего яруса по топливу	-0,2	-1
для схемы, реализующей ступенчатое сжигание по «вертикали»	7	7
для схемы, реализующей ступенчатое сжигание по «горизонтали»	-2,7	-2,7

Приложение Л
(справочное)

Таблица Л.1 - Пример расчета выбросов азота оксидов (г/с) для котла БКЗ-320-140 ГМ при сжигании мазута по инструментальным измерениям концентрации в дымовых газах

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Величина
а) при выполнении измерений с отбором пробы за дымососом и ее осушкой				
Расход топлива	B_p	т/ч	$B_p = B \cdot \left(\frac{1 - q_4}{100} \right)$	21
Измеренный состав дымовых газов:				
кислород	O_2	%	измерение	7,6
азота оксиды	I_{NOx}	ppm	измерение	196
углерода оксид	I_{CO}	ppm	измерение	57
Объем сухих дымовых газов при $\alpha_0=1,4$	V_{sg}	м ³ /кг	$V_{sg} = (V_g^H - V_{H_2O}^H) + (1,4 - 1) \cdot V_O^H$	14,6
Коэффициент избытка воздуха	α		$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}$	1,57
Массовые концентрации, приведенные к $\alpha_0=1,4$:				
азота оксиды	C_{NOx}	мг/м ³	$C_{NOx} = I_{NOx} \cdot \rho_{NOx} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	451
углерода оксид	C_{CO}	мг/м ³	$C_{CO} = I_{CO} \cdot \rho_{CO} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	80
Выбросы загрязняющих веществ:				
азота оксиды,	M_{NOx}	г/с	$M_{NOx} = C_{NOx} \cdot V_{sg} \cdot B_p \cdot K_p$	38,4
в том числе:				
азота оксид	M_{NO}	г/с	$M_{NO} = 0,13 M_{NOx}$	5,0
азота диоксид	M_{NO^2}	г/с	$M_{NO^2} = 0,8 M_{NOx}$	30,7
углерода оксид	M_{CO}	г/с	$M_{CO} = C_{CO} \cdot V_{sg} \cdot B_p \cdot K_p$	6,8
б) при выполнении измерений с отбором пробы за дымососом без осушки				
Расход топлива	B_p	т/ч		21
Измеренный состав дымовых газов:				
кислород	O_2	%	измерение	7,4

Продолжение таблицы Л.1

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Величина
азота оксиды	I_{NOx}^f	ppm	измерение	195
углерода оксид	I_{CO}^f	ppm	измерение	57
Объем сухих дымовых газов при $\alpha_0=1,4$.	V_{sg}	нм ³ /кг	$V_{sg} = (V_g^H - V_{H_2O}^H) + (1,4 - 1) \cdot V_O^H$	14,6
Коэффициент избытка воздуха	α		$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}$	1,54
Измеренная температура окружающего воздуха	t	°С	измерение	20
Атмосферное давление	P_b	кПа	измерение	101,5
Парциальное давление водяных паров на линии насыщения при t	P_{H_2O}	кПа	по таблице Б.1 (приложение Б)	2,339
Массовые концентрации в сухих дымовых газах при $\alpha_0=1,4$:				
азота оксиды	C_{NOx}	мг/нм ³	$C_{NOx} = \frac{I_{NOx}^f \cdot \rho_{NOx} \cdot \alpha}{1,4 \left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b} \right)}$	450
углерода оксид	C_{CO}	мг/нм ³	$C_{CO} = \frac{I_{CO}^f \cdot \rho_{CO} \cdot \alpha}{1,4 \left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b} \right)}$	80
Выбросы загрязняющих веществ:				
азота оксиды,	M_{NOx}	г/с	$M_{NOx} = C_{NOx} \cdot V_{sg} \cdot B_p \cdot K_p$	38,3
в том числе:				
азота оксид	M_{NO}	г/с	$M_{NO} = 0,13 M_{NOx}$	5,0
азота диоксид	M_{NO^2}	г/с	$M_{NO^2} = 0,8 M_{NOx}$	30,6
углерода оксид	M_{CO}	г/с	$M_{CO} = C_{CO} \cdot V_{sg} \cdot B_p \cdot K_p$	6,8
в) при выполнении измерений с отбором пробы за дымососом без осушки и определения объема дымовых газов по измеренной скорости потока и площади сечения газохода				
Температура дымовых газов	t_g	°С	измерение	160
Температура окружающего воздуха	t	°С	измерение	20

ТКП 17.08-04-2006

Полное давление в газоходе	$P_b \pm \Delta P$	кПа	измерение	102,0
----------------------------	--------------------	-----	-----------	-------

Окончание таблицы Л.1

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Величина
Атмосферное давление	P_b	кПа	измерение	101,3
Объем дымовых газов	V	м ³ /с	измерение	164,5
Измеренный состав дымовых газов:				
кислород	O_2	%	измерение	7,4
азота оксиды	I_{NOx}	ppm	измерение	195
углерода оксид	I_{CO}	ppm	измерение	57
Коэффициент избытка воздуха	α		$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}$	1,54
Объем сухих дымовых газов при нормальных условиях и $\alpha_0=1,4$	V_{sg}^{izm}	м ³ /с	$V_{sg}^{izm} = \frac{V \cdot 1,4 \cdot k \cdot 273 \cdot (P_g \pm \Delta P)}{\alpha \cdot (273 + t_g) \cdot 101,3}$	85,4
Отношение объема сухих и влажных дымовых газов	k		по таблице А.1 (приложение А)	0,9
Массовые концентрации, приведенные к $\alpha_0=1,4$				
азота оксиды	C_{NOx}	мг/м ³	$C_{NOx} = \frac{I_{NOx}^f \cdot \rho_{NOx} \cdot \alpha}{1,4 \left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b} \right)}$	450
углерода оксид	C_{CO}	мг/м ³	$C_{CO} = \frac{I_{CO}^f \cdot \rho_{CO} \cdot \alpha}{1,4 \left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b} \right)}$	80
Выбросы загрязняющих веществ:				
азота оксиды	M_{NOx}	г/с	$M_{NOx} = C_{NOx} \cdot V_{sg}^{izm} \cdot 10^{-3}$	38,4
в том числе:				
азота оксид	M_{NO}	г/с	$M_{NO} = 0,13 \cdot M_{NOx}$	5,0
азота диоксид	M_{NO_2}	г/с	$M_{NO_2} = 0,8 \cdot M_{NOx}$	30,7
углерода оксид	M_{CO}	г/с	$M_{CO} = C_{CO} \cdot V_{sg}^{izm} \cdot 10^{-3}$	6,8

Таблица Л.2 - Пример расчета выбросов азота оксидов (г/с) для котла БКЗ-320-140 ГМ при сжигании мазута по эмпирическим формулам

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Величина
Расход топлива	B_p	т усл.топл./ч	Определяется по формуле (12) и пересчитывается в условное топливо, путем умножения на отношение $\frac{Q_n^r}{29,33}$	28,8
Потери тепла от механической неполноты сгорания топлива	q_4	%	«Тепловой расчет котлов. Нормативный метод» (Санкт-Петербург, 1998г.)	0,02
Удельный выброс азота оксидов	K_{NO_2}	кг/т усл.топл.	Определяется по формуле (24) $K_{NO_2} = 12 \frac{D_f}{200 + D_n}$	7,38
Номинальная и фактическая нагрузка котла	D_n и D_f	т/ч	Принимаем $D_f = D_n$	320
Коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов качества сжигаемого топлива	β_1	-	Определяется в соответствии с 6.2.2.2 данной методики	0,9
Коэффициент, учитывающий конструкцию горелок	β_2	-	Определяется в соответствии с 6.2.2	0,85
Коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления	β_3	-	Определяется в соответствии с 6.2.2	1,0
Выбросы загрязняющих веществ: азота оксиды, в том числе: азота оксид азота диоксид	M_{NOx} M_{NO} M_{NO_2}	г/с г/с г/с	$M_{NOx} = B \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) K_{NO_2} \beta_1 (1 - \varepsilon_{1r}) \beta_2 \beta_3 \varepsilon_2 (1 - \eta_{az} \frac{r}{r})$ $M_{NO} = 0,13 M_{NOx}$ $M_{NO_2} = 0,8 M_{NOx}$	45,2 5,9 36,2

Таблица Л.3 – Пример расчета выбросов оксидов азота (т/год) для котла БКЗ-320-140 ГМ при сжигании сернистого мазута по инструментальным измерениям концентрации в дымовых газах (отбор пробы газа с осушкой)

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Величина
Годовой расход топлива	B_p	т/год	по формуле (12)	105000
Измеренный состав дымовых газов в диапазоне нагрузок котла: кислород азота оксиды: при $D_f=320$ т/ч при $D_f=260$ т/ч при $D_f=200$ т/ч	O_2	%	измерение	7,6
	$I_{NO_x}^1$	ppm	измерение	196
	$I_{NO_x}^2$	ppm	измерение	159
	$I_{NO_x}^3$	ppm	измерение	122
Расход мазута в диапазоне нагрузок котла: при $D_f=320$ т/ч при $D_f=260$ т/ч при $D_f=200$ т/ч	B_{p1}	т/ч		21
	B_{p2}	т/ч		17,1
	B_{p3}	т/ч		13,1
Коэффициент избытка воздуха	α		$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}$	1,57

Массовые концентрации в диапазоне нагрузок котла, приведенные к $\alpha_0 = 1,4$ при $D_f = 320$ т/ч	$C_{NO_x}^1$	мг/м ³	$C_{NO_x}^1 = I_{NO_x}^1 \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	451
при $D_f = 260$ т/ч	$C_{NO_x}^2$	мг/м ³	$C_{NO_x}^2 = I_{NO_x}^2 \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	365
при $D_f = 200$ т/ч	$C_{NO_x}^3$	мг/м ³	$C_{NO_x}^3 = I_{NO_x}^3 \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	280

Окончание таблицы Л.3

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Величина
Средневзвешенное значение концентрации	$C_{NO_x}^{sr}$	мг/м ³	$C_{NO_x} = C_{NO_x}^{sr} = \frac{C_{NO_x}^1 \cdot B_{p1} + C_{NO_x}^2 \cdot B_{p2} + C_{NO_x}^3 \cdot B_{p3}}{B_{p1} + B_{p2} + B_{p3}}$	379
Объем сухих дымовых газов при $\alpha_0 = 1,4$	V_{sg}	м ³ /кг	$V_{sg} = (V_g^H - V_{H_2O}^H) + (1,4 - 1) \cdot V_O^H$	14,5
Выбросы загрязняющих веществ: азота оксиды,	M_{NO_x}	т/год	$M_{NO_x} = C_{NO_x}^{sr} \cdot V_{sg} \cdot B_p \cdot K_p$	577
в том числе азота оксид	M_{NO}	т/год	$M_{NO} = 0,13 M_{NO_x}$	75,0
азота диоксид	M_{NO_2}	т/год	$M_{NO_2} = 0,8 M_{NO_x}$	461,6

Таблица Л.4 – Пример расчета выбросов азота оксидов (г/с) для котла БКЗ-320-140 ГМ при совместном сжигании газа и мазута по инструментальным измерениям концентрации в дымовых газах (отбор пробы газа с осушкой)

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Величина
Расход топлива:				
газ	B_{p_1}	тыс.м ³ /ч	по формуле (12)	17,7
мазут	B_{p_2}	т/ч		6,3
Измеренный состав дымовых газов:				
кислород	O_2	%	измерение	7,6
азота оксид	I_{NO_x}	ppm	измерение	184
углерода оксид	I_{CO}	ppm	измерение	50
Объем сухих дымовых газов при $\alpha_0 = 1,4$	V_{sg1}	м ³ /м ³	$V_{sg1} = (V_g^H - V_{H_2O}^H) + (1,4 - 1) \cdot V_O^H$	12,37
	V_{sg2}	м ³ /кг	$V_{sg2} = (V_g^H - V_{H_2O_2}^H) + (1,4 - 1) \cdot V_O^H$	14,92
Коэффициент избытка воздуха	α		$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}$	1,57

Массовые концентрации, приведенные к $\alpha_0 = 1,4$: азота оксиды	C_{NO_x}	мг/м ³	$C_{NO_x} = I_{NO_x} \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	423
	C_{CO}	мг/м ³	$C_{CO} = I_{CO} \cdot \rho_{CO} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	70
Выбросы загрязняющих веществ: азота оксиды, в том числе азота оксид азота диоксид углерода оксид	M_{NO_x}	г/с	$M_{NO_x} = C_{NO_x} \cdot (V_{sg1} \cdot B_{p1} + V_{sg2} \cdot B_{p2}) \cdot K_p$	36,8
	M_{NO}	г/с	$M_{NO} = 0,13 M_{NO_x}$	4,8
	M_{NO_2}	г/с	$M_{NO_2} = 0,8 M_{NO_x}$	29,4
	M_{CO}	г/с	$M_{CO} = C_{CO} \cdot (V_{sg1} \cdot B_{p1} + V_{sg2} \cdot B_{p2}) \cdot K_p$	6,1

Таблица Л.5 – Пример расчета выбросов азота оксидов (т/год) для котла БКЗ-320-140 ГМ при совместном сжигании газа и мазута по инструментальным измерениям концентрации в дымовых газах (отбор пробы газа с осушкой)

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Величина
Расход топлива: газ	B_{p1}	тыс.м ³ /год	по формуле (12)	88500
	мазут	B_{p2}		т/год
Коэффициент избытка воздуха	α		$\alpha = \frac{21}{21 - 7,6}$	1,57
Массовые концентрации азота оксидов в характерные периоды нагрузки котла, приведенные к $\alpha_0 = 1,4$ при сжигании газа	$C_{NO_x}^1$	мг/м ³	$C_{NO_x}^1 = I_{NO_x}^1 \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	414
	$C_{NO_x}^2$	мг/м ³	$C_{NO_x}^2 = I_{NO_x}^2 \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	336

ТКП 17.08-04-2006

мазута	$C_{NO_x}^3$	мг/м ³	$C_{NO_x}^3 = I_{NO_x}^3 \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	257
	$C_{NO_x}^1$	мг/м ³	$C_{NO_x}^1 = I_{NO_x}^1 \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	451
	$C_{NO_x}^2$	мг/м ³	$C_{NO_x}^2 = I_{NO_x}^2 \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	365
	$C_{NO_x}^3$	мг/м ³	$C_{NO_x}^3 = I_{NO_x}^3 \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{1,4}$	280
Расходы газа при нагрузках, которым соответствуют концентрации $C_{NO_x}^1$, $C_{NO_x}^2$, $C_{NO_x}^3$	V_{p1}	тыс.м ³ /ч		17,7
	V_{p2}	тыс.м ³ /ч		14,4
	V_{p3}	тыс.м ³ /ч		11,1

Окончание таблица Л.5

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Величина
Расходы мазута при нагрузках, которым соответствуют концентрации $C_{NO_x}^1$, $C_{NO_x}^2$, $C_{NO_x}^3$	V_{p1}	т/ч		6,3
	V_{p2}	т/ч		5,1
	V_{p3}	т/ч		3,9
Средневзвешенные значения массовых концентраций азота оксидов при сжигании: газа	$C_{NO_x1}^{sr}$	мг/м ³	$C_{NO_x1}^{sr} = \frac{C_{NO_x}^1 \cdot V_{p1} + C_{NO_x}^2 \cdot V_{p2} + C_{NO_x}^3 \cdot V_{p3}}{V_{p1} + V_{p2} + V_{p3}}$	348
	$C_{NO_x2}^{sr}$	мг/м ³	$C_{NO_x2}^{sr} = \frac{C_{NO_x}^1 \cdot V_{p1} + C_{NO_x}^2 \cdot V_{p2} + C_{NO_x}^3 \cdot V_{p3}}{V_{p1} + V_{p2} + V_{p3}}$	379
Объем сухих дымовых газов при $\alpha_0 = 1,4$	V_{sg1}	м ³ /м ³	$V_{sg1} = (V_g^H - V_{H_2O}^H) + (1,4 - 1) \cdot V_O^H$	12,37
		м ³ /кг		14,92

	V_{sg2}		$V_{sg2} = (V_g^H - V_{H_2O_2}^H) + (1,4 - 1) \cdot V_O^H$	
Выбросы загрязняющих веществ:				
азота оксиды,	M_{NOx}	т/год	$M_{NOx} = (C_{NO_{x1}}^{sr} \cdot V_{sg1} \cdot B_{p1} + C_{NO_{x2}}^{sr} \cdot V_{sg2} \cdot B_{p2}) \cdot K_p$	560
в том числе				
азота оксид	M_{NO}	т/год	$M_{NO} = 0,13 M_{NOx}$	72,8
азота диоксид	M_{NO_2}	т/год	$M_{NO_2} = 0,8 M_{NOx}$	448

Библиография

- [1] 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.
- [2] 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».
- [3] 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».
- [4] «Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод», СПб., НПО ЦКТИ, 1998.

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

Заместитель генерального директора
концерна «Белэнерго»

_____ С.Г.Мелеховец
подпись

Начальник Управления эффективности
энергетического производства и
инновации

_____ А.В.Щербич
подпись

Главный инженер РУП «БелНИПИэнер-
гопром»

_____ А.Н.Рыков
подпись

Начальник комплексного научно-
производственного отдела энергетики
и экологии

_____ В.Н. Альшевский
подпись

Главный технолог комплексного
научно-производственного отдела
энергетики и экологии

_____ Л.А.Ивкина
подпись