

РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Цель работы: изучить методологические основы расчета количества загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников, методику оценки сжигаемого топлива по экологической целесообразности использования.

3.1. Общие понятия

В соответствии с «Методическим пособием по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» (НИИ "Атмосфера" СПб, 2005 г. – введены в действие Письмом Ростехнадзора от 24.12.04 г. № 14-01-333) все источники, относящиеся к конкретной территории предприятия, являются стационарными источниками выброса вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

Стационарным источником выброса вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух является любой (точечный, площадной и т.д.) источник с организованным или неорганизованным выбросом вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, дислоцируемый или функционирующий постоянно или временно в границах участка территории (местности) объекта, предприятия, юридического или физического лица, принадлежащего ему или закрепленного за ним в соответствии с действующим законодательством. (Справочное пособие «Защита атмосферного воздуха от антропогенного загрязнения. Основные понятия, термины и определения», СПб, 2003 г.)

Стационарные источники выброса вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух подразделяются на два типа:

- источники с организованным выбросом;
- источники с неорганизованным выбросом.

Наиболее часто употребляется краткая форма данных терминов: "*организованный источник*" и "*неорганизованный источник*".

Под **организованным выбросом** понимается выброс, поступающий в атмосферу через специально сооруженные газоходы, воздухопроводы и трубы; под неорганизованным выбросом понимается выброс, поступающий в атмосферу в виде ненаправленных потоков газа в результате нарушения герметичности работы оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы вентиляционных систем, местных отсосов в местах загрузки, выгрузки или хранения сырья, топлива, полупродуктов, продуктов и т.д.

К **неорганизованным источникам** относятся:

- неплотности технологического оборудования (пропуски технологических газов через уплотнения перекачивающего оборудования и запорно-регулирующую арматуру, расположенную вне вентилируемых помещений), в том числе работающего при избыточном давлении;
- открытое хранение топлива, сырья, материалов и отходов, в том числе пруды-отстойники и накопители, нефтеловушки, шламо- и хвостохранилища, золоотвалы, отвалы горных пород, открытые поверхности испарения и т.п.;
- взрывные работы;
- погрузочно-разгрузочные работы, в том числе маршруты перемещения сыпучих материалов;
- карьеры добычи полезных ископаемых, открытые участки их дробления и отсева на фракции;
- оборудование и технологические процессы, расположенные в производственных помещениях, не оснащенных вентиляционными установками, а также расположенные на открытом воздухе (например, передвижные сварочные посты, пилорамы и т.д.)."

В рамках работ по учету, контролю и нормированию выбросов стационарных источников к *неорганизованным источникам* также относятся:

- транспортные средства, хранящиеся или эксплуатируемые на производственной территории (автотранспорт, тепловозы, дорожная и строительная техника, речные и морские суда в акватории порта и т.п.);

- резервуарные парки, сливо-наливные железно- и автодорожные эстакады и терминалы речных и морских портов.

Расчёты предназначены для определения выброса загрязняющих веществ в атмосферу с газообразными продуктами сгорания при сжигании органического топлива (например, в котлоагрегатах котельной, в плавильных печах металлургических предприятий).

Энергетические установки работают на различных видах топлива (твёрдом, жидком и газообразном). Выбросы загрязняющих веществ зависят как от количества и вида топлива, так и от типа устройства.

Учитываемыми загрязняющими веществами, выделяющимися при сгорании топлива, являются: твёрдые частицы, оксид углерода, оксиды азота, сернистый ангидрид (диоксид серы), пентоксид ванадия.

На энергетических установках используется твёрдое, жидкое и газообразное топливо.

Твёрдое топливо. В теплоэнергетике используют угли (бурые, каменные, антрацитовый штыб), горючие сланцы и торф.

Угли подразделяются на марки: А – антрацит; Б – бурый; Г – газовый; Д – длиннопламенный; Ж – жирный; ГЖ – газовые жирные; КЖ – коксовые жирные; К – коксовый; ОС – отощенный спекающийся; СС – слабоспекающийся; Т – тощий. В основу такого подразделения положены параметры характеризующие поведение углей в процессе термического воздействия на них. Самая низкая теплота сгорания у бурых углей, а самая высокая – у антрацитов.

По фракциям различают: П – (плита) более 100 мм; К – (крупный) 50-100 мм; О – (орех) 25-50 мм; М – (мелкий) 13-25 мм; С – (семечка) 6-13 мм; Ш – (штыб) 0-6 мм; р – (рядовой) шахтный 0-200 мм, к – карьерный 0-300 мм.

Фракция данной марки угля определяется исходя из меньшего значения самой мелкой фракции и большего значения самой крупной фракции, указанной в названии марки угля. Так, например, фракция марки ДКОМ (Д – длиннопламенный, К – 50-100, О – 25-50, М – 13-25 мм) составляет 13-100 мм.

В процессе сжигания топлива часть его переходит в оксиды серы (SO_2 и SO_3), азота (NO и NO_2) и углерода (CO и CO_2), основная часть минеральной составляющей превращается в летучую золу или сажу, уносимую дымовыми газами, а меньшая часть минеральной составляющей образует шлак.

Источником оксидов азота NO_x на ТЭС, кроме азотосодержащих компонентов топлива, является молекулярный азот воздуха.

Жидкое топливо. В теплоэнергетике применяются мазут (малосернистый, сернистый, высокосернистый), сланцевое масло, дизельное и котельно-печное топливо.

В жидком топливе отсутствует пиритная сера, сера находится преимущественно в виде органических соединений, элементарной серы и сероводорода H_2S . Ее содержание зависит от сернистости нефти, из которой получен мазут. В состав золы мазута входят пентоксид ванадия V_2O_5 , а также Ni_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Si_2O_3 , MgO и др. оксиды. Зольность энергетических мазутов значительно ниже, чем углей (<0,3%). При неполном сгорании жидкого топлива в дымовых газах образуются липучие частицы сажи, которые способны адсорбировать бенз(а)пирен, в результате чего ее частицы приобретают канцерогенные свойства.

Газообразное топливо. Природный газ - топливо беззольное, как правило, не содержит и соединений серы. При полном его сгорании из токсичных веществ образуются

только оксиды азота (NO и NO₂) и диоксид углерода CO₂, при неполном сгорании - оксид углерода CO и некоторые углеводороды (C_xH_y, бенз(а)пирен).

Водород. В настоящее время развивается водородная энергетика, поскольку водород (H₂) является наиболее экологически чистым видом топлива.

Теплотворная способность различных видов топлива неодинакова. К примеру, низшая теплота сгорания угля Q_{угля} = 19600 кДж/кг; мазута Q_{мазут} = 38800 кДж/кг; газа Q_{газа} = 36100 кДж/кг; водорода Q_{водорода} = 143000 кДж/кг.

Следовательно, 1 кг угля в энергетическом отношении равноценен 0,51 кг мазута, 0,54 кг газа и 0,13 кг водорода.

3.2. Расчет массы выброса загрязняющих веществ

Масса выбрасываемых котельным агрегатом или другим видом теплогенератора токсичных веществ в общем случае рассчитывается по формуле:

$$M = V \cdot q, \quad (3.1)$$

где M - количество загрязняющего вещества, г/с;

V - объем выбросных газов, м³/с;

q - концентрация загрязняющего вещества в газе, г/м³.

При сжигании топлива объем выбросных (дымовых) газов зависит от вида и качества топлива, а также от коэффициента избытка воздуха - α (таблица 3.1 или Приложение 1). Объем продуктов сгорания на единицу массы сжигаемого топлива рассчитывается по эмпирическим уравнениям, приведенным в таблице 3.1, либо берется из технических характеристик используемого топлива в % (Приложение 2).

Количество оксидов азота в дымовых газах находится в сложной зависимости от энергетических свойств топлива, температуры сгорания, времени пребывания продуктов сгорания в высокотемпературной зоне, коэффициента избытка воздуха. В первом приближении для котельных агрегатов его можно принять равным (в мг NO₂ на каждый м³ дымовых газов):

120 - 150 (каменный уголь),

160 - 220 (мазут),

200 - 250 (природный газ).

Далее, исходя из объема продуктов сгорания и количества сжигаемого топлива, рассчитывается количество образовавшихся оксидов азота.

Пример 1. Рассчитать объем (в м³/с) дымовых газов и массу (выброс в г/с) NO₂, содержащегося в продуктах сгорания 2,3 т/час высокосернистого мазута, если коэффициент избытка воздуха равен 1,23.

Расчет количества оксидов серы в пересчете на SO₂ (т/год, т/ч, г/с), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании органического топлива в технологическом процессе в единицу времени выполняется по формуле:

$$M_{SO_2} = 0,02B \cdot S^r \cdot (1 - \eta_{SO_2}) \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \quad (3.2)$$

где B - расход топлива (т/год, т/ч, г/с);

S^r - содержание серы в топливе (масс, %), (таблица 3.1);

η_{SO_2} - доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле (таблица 3.2);

η'_{SO_2} - доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц.

Таблица 3.1 Расчетные характеристики различных видов топлива

Вид топлива	Марка топлива	Объем продуктов сгорания при нормальных условиях, 1V_0 м ³ /кг	Содержание			Низшая теплота сгорания $Q^p_{н}$, кДж/кг
			серы S^r , %	зольность ² A^p , %	азота N^p , %	
1	2	3	4	5	6	7
Уголь:						
Донецкий бассейн	Д	5,86+5,44(α -1)	4,6	10,0	1,0	19600
	Г	5,65+5,19(α -1)	3,3	23,0	1,0	22100
	Ж	5,16+4,77(α -1)	2,5	35,5	0,9	18000
	АШ	6,32+6,04(α -1)	1,7	27,0	0,6	22600
Кузнецкий бассейн	Д	6,58+6,02(α -1)	0,3	13,2	1,9	22300
	Г	7,42+6,88(α -1)	0,5	11,0	1,7	26100
	СС	6,73+6,26(α -1)	0,3	13,2	1,5	23900
	Т	7,22+6,83(α -1)	0,4	16,8	1,5	26200
Подмосковный бассейн	2Б	3,62+3,03(α -1)	2,7	25,2	0,6	10400
Экибастузский бассейн	СС	4,96+4,67(α -1)	0,8	32,6	0,8	15800
Торф	-	3,30+2,38(α -1)	0,1	6,3	1,1	8110
Мазут:						
малосернистый	-	12,50+10,62(α -1)	0,5	0,02	-	39700
высокосернистый	-	12,10+10,46(α -1)	2,8	0,02	-	38800
Природный газ:						
ставропольский	-	10,49+9,49(α -1)	-	-	2,6	37000
шебелинский	-	10,46+9,52(α -1)	-	-	1,5	37000
саратовский	-	10,73+9,52(α -1)	-	-	3,0	36100

Примечания: ¹ V – летучие вещества, являются показателем качества, характеризующими пригодность топлива для энергетических или технологических целей, воспламеняемость топлива и быстроту его сгорания (чем выше в топливе выход летучих веществ, тем оно имеет меньшую температуру воспламенения);

² A – зола, является негорючим остатком минеральных примесей, получающимся после сгорания топлива, ее наличие понижает качество топлива, увеличивает расходы на транспортировку и удаление золы из топок.

Доля оксидов серы, улавливаемых в сухих золоуловителях (электрофилтрах, батарейных циклонах), принимается равной нулю. В мокрых золоуловителях (скрубберы) она зависит от общей щелочности орошающей воды и приведенной сернистости топлива S^{np} .

$$S^{np} = 10^3 \cdot S^r / Q_H^P,$$

где Q_H^P - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг

Для принятых на ТЭС удельных расходов воды на орошение золоуловителей 0,1-0,15 л/м³ эта зависимость показана на диаграмме (рисунок 3.1).

Задача 2. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (выброс в г/с), образующегося при полном сгорании 240 т/ч каменного угля Донецкого бассейна марки Г при отсутствии очистки.

Задача 3. Котельная сжигает 200 т/сут. Донецкого угля марки Д, коэффициент избытка воздуха (α) равен 1,25. Рассчитать количество SO_2 (в г/с), выделяющееся при работе котельной. Сравнить и оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на мазут высокосернистый с сохранением производственной мощности котельной (сравнение только по SO_2).

Таблица 3.2 Ориентировочные значения η_{SO_2} при сжигании различных видов топлива

Вид топлива	Доля оксидов серы, связываемых летучей золой, η_{SO_2}
Уголь	0,1
Сланцы	0,50
Мазут	0,02
Газ	0,00
Торф	0,15

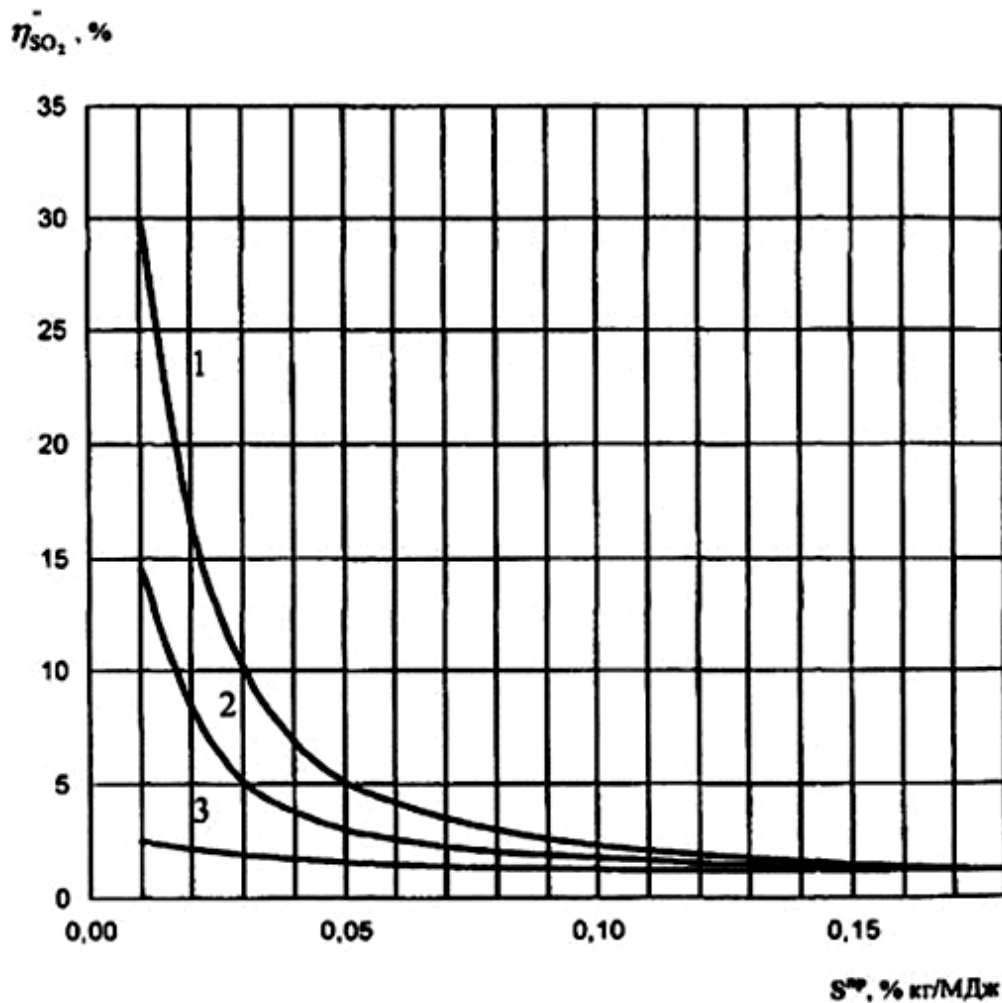


Рисунок 3.1. Зависимость степени улавливания оксидов серы в мокрых золоуловителях от приведенной сернистости топлива и щелочности орошаемой воды. Щелочность орошаемой воды: 1 – 10 мг-экв./л; 2 – 5 мг-экв./л; 3 – 0 мг-экв./л.

Задача 4. Определить количество диоксида серы, которые образуются в процессе работы предприятия черной металлургии, если в сталелитейной печи используют уголь Печорского бассейна марки Д (Приложение 2). Потребление топлива составляет 10000 г/с. Перед выбросом в атмосферу газы проходят очистку в мокром золоуловителе с щелочностью оросительной воды равной 5 мг-экв./л.

Количество оксидов углерода (г/с, т/год), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива, вычисляется по формуле:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot C_{CO} \cdot B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \quad (3.3)$$

где C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, кг/т, кг/тыс.м³;

q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, % (Приложение

1).

Выход оксида углерода определяется по формуле, в кг на тонну или на тыс. м³ топлива.

$$C_{CO} = \frac{q_3 \cdot R \cdot Q_n^p}{1013} \quad (3.4)$$

где R – коэффициент, учитывающий долю потерь теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную содержанием СО в продуктах сгорания; R принимает равным: для твердого топлива – 1,0; для газа – 0,5; для мазута – 0,65;

q_3 – потери тепла от недожога, % (Приложение 1).

Задача 5. Определить количество оксида углерода (в г/с), которое образуется при сжигании 20 тонн за час каменного угля марки АС Донецкого бассейна (Приложение 2) в камерной топке.

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами при отсутствии эксплуатационных данных о содержании горючих частиц в уносе, рассчитывается по формуле:

$$M_{ТВ} = 0,01 \cdot B \cdot (Q_{ун} \cdot A^p + \frac{Q_n^p}{32680})(1 - \eta_3) \quad (3.5)$$

где $Q_{ун}$ – доля золы, уносимой из котла, зависит от конструкции топки: для топок с твердым шлакоуловителем составляет 0,95 и 0,70-0,75 для открытых и полукрытых топок с жидким шлакоудалением (Приложение 1).

A^p – зольность топлива, % (таблица 3.1; Приложение 2);

η_3 – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителе, зависит от типа золоуловителя, марки топлива и мощности теплоэлектростанции ТЭС. Для ТЭС мощностью 500 МВт и выше η_3 равна 0,99-0,995, при меньших мощностях $\eta_3 = 0,93-0,97$ (большие цифры относятся к многозольным топливам).

Количество летучей золы, выбрасываемой в атмосферу с дымовыми газами от теплогенератора при сжигании твердого и жидкого топлива, рассчитывается из соотношения:

$$M_{ЛЗ} = 0,01 \cdot B \cdot A^p \cdot Q_{ун} \cdot (1 - \eta_3) \quad (3.6)$$

При отсутствии необходимости в более точных расчетах количества летучей золы можно воспользоваться более краткой формулой:

$$M_{ЛЗ} = \beta \cdot B \cdot A^p \quad (3.7)$$

где β – доля золы, уносимой дымовыми газами. Зависит от вида, марки топлива и от типа топки. Для угольных топок β колеблется в интервале 0,002 - 0,008. В случае мазутных топок β составляет 0,02.

Количество твердых частиц несгоревшего топлива $M_{НТ}$, т/год, г/с, образующихся в топке в результате механического недожога топлива (несгоревшее топливо) и выбрасываемых в атмосферу в виде коксовых остатков (при сжигании твердого топлива) или в виде сажи (при сжигании мазута), определяют по формуле:

$$M_{НТ} = M_{ТВ} - M_{ЛЗ} \quad (3.8)$$

Задача 6. Рассчитать количество летучей золы (в г/с), выбрасываемой в атмосферу с дымовыми газами от котельной при сжигании 130 т/час высокосернистого мазута.

Для веществ, обладающих суммацией вредного действия, аналогично рассчитывается суммарный выброс $M_{сум}^{np}$, (г/с), условно приведенный к выбросу одного из них:

$$M_{сум}^{np} = M_1 + M_2 \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \dots + M_n \frac{M_1}{M_n}, \quad (3.9)$$

где M_1, M_2, \dots, M_n - мощности выброса каждого из n веществ, г/с;
 $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ - максимальные разовые предельно-допустимые концентрации этих веществ.

К вредным веществам, обладающим суммацией действия, относятся, как правило, близкие по химическому строению и характеру влияния на организм человека, например:

- диоксид серы и аэрозоль серной кислоты;
- диоксид серы и сероводород;
- диоксид серы и диоксид азота;
- диоксид серы и фенол;
- диоксид серы и фтористый водород;
- диоксид и триоксид серы, аммиак, оксиды азота;
- диоксид серы, оксид углерода и диоксид азота.

Задача 7. Котельный агрегат работает на высокосернистом мазуте. Расход топлива составляет 10,5 т/час. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми теплогенератором, являются диоксид серы и диоксид азота. Коэффициент избытка воздуха равен 1,23. Рассчитать суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферу. Определить долю каждого загрязняющего вещества в приведенных выбросах.

Варианты заданий:

1(21). Котельная сжигает 80 т/сут. угля Подмосковского бассейна, коэффициент избытка воздуха равен 1,14. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на высокосернистый мазут с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2). Определить выбросы диоксидов азота, диоксидов серы, оксида углерода, летучей золы и суммарный выброс для обоих топлив).

2(22). Котельная сжигает 135 т/сут. высокосернистого мазута, коэффициент избытка воздуха равен 1,1. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на уголь Донецкого бассейна марки Д с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2). Определить выбросы диоксидов азота, диоксидов серы, оксида углерода, летучей золы и суммарный выброс для обоих топлив).

3(23). Котельная сжигает 110 т/сут. угля Кузнецкого бассейна, коэффициент избытка воздуха равен 1,16. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на высокосернистый мазут с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2). Определить выбросы диоксидов азота, диоксидов серы, оксида углерода, летучей золы и суммарный выброс для обоих топлив).

4(24). Котельная сжигает 95 т/сут. угля Донецкого бассейна марки АШ, коэффициент избытка воздуха равен 1,1. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на высокосернистый мазут с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только

по SO_2). Определить выбросы диоксидов азота, диоксидов серы, оксида углерода, летучей золы и суммарный выброс для обоих топлив).

5(25). Котельная сжигает 70 т/сут. Угля Кузнецкого бассейна марки Д, коэффициент избытка воздуха равен 1,5. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на уголь Кузнецкого бассейна марки Г с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2). Определить выбросы диоксидов азота, диоксидов серы, оксида углерода, летучей золы и суммарный выброс для обоих топлив).

6(26). Котельная сжигает 115 т/сут. высокосернистого мазута, коэффициент избытка воздуха равен 1,22. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на уголь Кузнецкого бассейна с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2). Определить выбросы диоксидов азота, диоксидов серы, оксида углерода, летучей золы и суммарный выброс для обоих топлив).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 Расчетные характеристики топок

Вид и марка топлива	Коэффициент избытка воздуха, a	Потери тепла от недожога топлива		Доля уноса золы из топки Q_{un}
		$q_3, \%$	$q_4, \%$	
Камерные топки с твердым шлакоудалением				
Антрациты – А, АШ, АМ, АС	1,20-1,25	0,5	6-4	0,95
Каменные угли – Д, Т, Г	1,20	0,5	1,0-1,5	0,95
Бурые угли – Б и сланцы	1,20	0,5	0,5-1,0	0,95
Камерные топки с жидким шлакоудалением				
Антрациты – А, АШ, АМ, АС	1,20-1,25	0,5	3-4	0,85
Каменные угли – Д, Т, Г	1,20-1,25	0,5	0,5	0,80
Бурые угли - Б	1,20	0,5	0,5	0,70-0,80
Камерные топки				
Мазут	1,1	0,2	0,1	-
Природный газ	1,1	0,2	0	-
Топки с пневмомеханическим забрасыванием				
Донецкий антрацит	1,2-1,3	0,5-1,0	13,5	
Бурые угли	1,2-1,3	0,5-1,0	7,5	
Каменные угли – Д, Т, Г	1,2-1,3	0,5-1,0	5,5	

Приложение 2 Технические характеристики некоторых марок угля

Марка	Содержание серы, сред. %	Содерж. золы, сред. %	Содерж. влаги, сред. %	Выход летучих веществ, (сред. значение), %	Низшая теплота сгорания кДж/кг
Уголь Донецкого бассейна					
АШ	1,6	27,0	9,0	4,0	23032
АС	1,6	13,0	6,5	4,0	30151
АМ	1,1	7,8	5,5	3,5	30988
АО	1,1	6,0	5,5	3,5	31825
АК	1,1	5,5	5,5	3,5	30570
Д	0,5	9,0	7,0	26,0	23450
Г	0,7	12,0	12,0	34,0	25125
Кузнецкий бассейн, разрез «Изыхский»					
ДР	0,6	24,0	18,0	42,2	29732
ДСШ	0,5	30,0	19,0	39,9	29313
ДОМСШ	1,0	28,5	19,0	39,9	30235
ДПК	0,5	24,9	17,5	39,0	29941

Марка	Содержание серы, сред. %	Содерж. золы, сред. %	Содерж. влаги, сред. %	Выход летучих веществ, (сред. значение), %	Низшая теплота сгорания кДж/кг
ДОМ	0,5	28,0	19,0	39,0	29732
Кузнецкий бассейн, Хакасразрезуголь					
ДР	0,5	24,0	18,6	43,5	21608-31198
ДСШ	0,5	24,0	19,0	43,7	20519
ДПК	0,5	20,5	18,6	43,1	22194-31826
ДОМ	0,5	20,5	18,6	42,7	22069
Уголь Кузбасского бассейна					
ДР	0,3	12,0-16,0	12,0-16,0	41,4	20938
ДРОК	0,3	17,2-19,2	19,0-21,2	40,5	18007
ДМСШ	0,2	11,0-13,0	12,0-15,0	41,5	21775
ДКОМ	0,2	15,0-17,0	9,0-11,0	45,7	23032
ДПК	0,4	9,5-11,0	13,0-16,0	43,0	22822
ДГР	0,3	15,0-18,0	11,0-13,0	38,8	22613
ТР	0,3	18,0-19,0	6,0-8,0	14,0	26256
ТПК	0,3	16,0-19,0	5,0-7,0	14,0	27261
ССПК	0,4	5,5-7,5	5,2-6,2	24,8	30528
СССШ	0,3	14,0-16,0	9,5-10,5	24,6	26800
Печорский угольный бассейн					
АМСШ	0,09	18,5	8,3	4,2	29104
ДКО	0,27	10,0	15,8	43,6	27910
Д	0,38	13,9	17,9	41,8	26177
ТОМСШ	0,3	17,0	14,0	17,0	25125
ТОМ	0,3	10,0	12,0	16,0	25125
ТПК	0,3	12,0	12,0	16,0	25544
ССПК	0,5	9,8	5,8	27,1	33132
ССр	0,23	23,6	10,6	26,5	31344
2Бр	0,75	11,9	35,8	48,6	20335
КОр	0,37	20,4	7,8	27,9	35134