ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АКАДЕМИЯ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА им. К.Д. ПАМФИЛОВА

Утверждаю
Директор
АКХ им. К. Д. Памфилова
В. Ф. Пивоваров
21 сентября 1990 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ С ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ И ОТОПИТЕЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ

СЕКТОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ АКХ

МОСКВА 1991

Настоящие методические указания содержат перечень ингредиентов, формулы для расчета выбросов, практические рекомендации и вспомогательные таблицы, необходимые для проведения расчетов. В указания введены методы определения содержания в дымовых газах количества таких вредных веществ, как пятиокись ванадия, формальдегид, 3,4-бензпирен, сажа; преобразованы и упрощены используемые ранее формулы расчетных количеств окиси углерода и окислов азота; изменены и введены новые расчетные графики и вспомогательные таблицы.

Настоящие методические указания выпускаются взамен разработанных в 1986 г. «Методических указаний по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу с дымовыми газами отопительных и отопительно-производственных котельных МЖКХ РСФСР (кандидаты техн. наук А.Л. Максимов, М.А. Плотников и Д.Я. Борщов), за основу которых ранее были приняты «Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/ч» (1985) и «Методика определения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций» (1984).

Разработаны отделом коммунальной энергетики АКХ им. К.Д. Памфилова (канд. техн. наук В.З. Пономарева). Согласованы Всесоюзным НИИ охраны природы и заповедного дела (ВНИИприроды, С.-Петербург, письмо № 374/33 от 7.06.90 г.) и Госкомприроды СССР (письмо № 09-2-8/1206 от 31.08.90 г.).

Предназначены для использования в теплоэнергетических предприятиях местных Советов, а также служб Госкомприроды СССР при проведении инвентаризации источников выбросов в атмосферу загрязняющих веществ.

Замечания и предложения по настоящим указаниям просьба направлять по адресу: 123371. Москва, Волоколамское шоссе, 116. АКХ им. К.Д. Памфилова, отдел коммунальной энергетики.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основным техническим процессом является нагревание теплоносителя (воды или пара) в котельной установке за счет теплоты сгорания топлива в топке.

Теплопроизводительность парогенераторов соответствует паропроизводительности по коэффициенту пересчета (прил. 1).

Перечень вредных веществ, выбрасываемых с дымовыми газами включает следующие ингредиенты: твердые частицы, окислы серы, окись углерода, окислы азота,

пятиокись ванадия и некоторые продукты неполного сгорания топлива.

Предполагается отсутствие улетучивания твердых частиц из отвалов и складов.

Выбросы вредных веществ рассчитываются в массовых единицах за рассматриваемый период времени, например, т/год или г/с.

Необходимо учитывать периодичность работы котельной установки в рассматриваемый период времени и различные виды применяемых топлив. Для этого рассматриваемый период времени (год) делится на промежутки времени, в течение каждого из которых производилась работа на одном виде топлива. Рассматриваются выбросы в каждом промежутке времени и суммируется количество выбросов за год.

При использовании нескольких видов топлива в одной котельной установке одновременно, выбросы рассчитываются как сумма выбросов от раздельного использования этих топлив.

Текущие выбросы в рассматриваемый момент времени, как правило, измеряются в г/с.

Максимальные текущие выбросы соответствует режиму номинальной (установленной) мощности.

Наиболее распространенный случай - работа котельной установки в режиме установленной мощности в течение отопительного периода в году на одном виде топлива. В этом случае выбросы за год равны выбросам за отопительный период года.

Основные условные обозначения

B - массовый расход натурального топлива за рассматриваемый период времени (т/год или г/с), масса - рабочая; $Q_н^p$ - низшая теплота сгорания натурального топлива (в пересчете на рабочую массу), МДж/кг или ккал/кг; A^p - зольность топлива на рабочую массу, %; S^p - сернистость топлива на рабочую массу, %; q_3 - потери теплоты от химической неполноты сгорания, %; q_4 - потери теплоты от механической неполноты сгорания, %; M_i - массовое количество выбросов за рассматриваемый период времени ингредиента i; α - коэффициент избытка воздуха; Q - теплопроизводительность котельной установки (тепловая мощность), МВт или Гкал/ч или т пара/ч.

РАСЧЕТ РАСХОДА ТОПЛИВА

Расход топлива $B_{уст}$ (кг/ч) в режиме номинальной (установленной) тепловой мощности определяется по формуле

$$B_{уст} = (Q_{ном}/Q_Н^Р\eta)\times 10^6 \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где η - КПД котельной установки, в долях; $[Q_{ном}] = [\text{Гкал/ч}]$; $[Q_Н^Р] = [\text{ккал/кг}]$.

Расход топлива за рассматриваемый период определяется по действующим нормам расхода на выработку теплоты или по формуле

$$B = KB_{уст}, \quad (2)$$

где K - коэффициент нагрузки. В рассматриваемом распространенном частном случае для годового периода

$$K = \tau_{от}/8766, \quad (3)$$

где $\tau_{от}$ - отопительный период, ч/год.

Для определения весового расхода природного газа рекомендуется использовать формулы

$$B = V\rho; \quad (4)$$

$$Q_H^P = Q_{HV}^P / \rho, \quad (5)$$

где V - расход природного газа, м^3/год; ρ - плотность природного газа, кг/м^3 (ρ = 0,76 - 0,85); Q_{HV}^P - то же, что и Q_H^P, но в ккал/м^3 или кДж/м^3.

Расчет приземных концентраций проводится на резервный вид топлива. Плата за годовые выбросы рассчитывается по фактическому расходу топлива $B_{факт}$.

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Расчет выбросов твердых частиц

Состав выбрасываемых твердых частиц включает: SiO_2 - 30 - 60 %, Al_2O_3 - 15 - 28 %, Fe_2O_3 - 2 - 10 %, CaO, MgO, K_2O, Na_2O, TiO_2, MnO_2, P_2O_5, сажу, углеводороды.

Количество летучей золы и несгоревшего топлива $M_п$ (г/с, т/год, по размерности расхода топлива), выбрасываемое с дымовыми газами от каждой отдельной котельной установки в рассматриваемый период, определяется по формуле

$$M_п = BA^P \frac{a_{ун}}{100 - Г_{ун}}(1 - \eta_3), \quad (6)$$

где η_3 - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях (КПД золоуловителя); $a_{ун}$ - доля уноса золы, %; $Г_{ун}$ - содержание горючих в уносе, %.

Значения A^P, $Г_{ун}$, $a_{ун}$, η_3 принимаются по фактическим средним показателям, при отсутствии этих данных определяются по характеристикам сжигаемого топлива (прил. 2). Значение показателя *f*, равного

$$f = \frac{a_{ун}}{100 - Г_{ун}}, \quad (7)$$

можно принимать по табл. 1.

При сухом золоулавливании блок-циклоны типа НИИОгаз имеют КПД η_3 = 0,75 - 0,85, батарейные циклоны ЦКТИ имеют КПД η_3 = 0,8 - 0,9.

В случае возврата уноса, применяющегося в стальных котлах производительностью более 1,2 Гкал/ч (1,392 МВт), $a_{ун}$ должна быть уменьшена на 10 % от первоначальной величины.

Величина $Г_{ун}$ может быть определена при отсутствии экспериментальных данных по формуле

$$Г_{ун} \le \frac{q_4^{ун}}{q_4^{ун} + \frac{32680}{Q_H^P} A^P a_{ун}} 100, \quad (8)$$

где $q_4^{ун}$ - потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива в уносе, %. Для приближенного расчета $q_4^{ун}$ = 0,5 q_4 % (см. прил. 2); Q_H^P - ккал/кг (см. табл. 1 прил. 3).

Таблица 1

Значение коэффициентов *f* и K_{CO} в зависимости от типа топки и вида топлива

Тип топки	Вид топлива	*f*	K_{CO}, кг/ГДж
1	2	3	4
С неподвижной решеткой и ручным забросом топлива	Бурые и каменные угли	0,0023	1,9
	Антрациты:		
	АС и АМ	0,003	0,9

Тип топки	Вид топлива	f	$К_{СО}$, кг/ГДж
1	2	3	4
	АРШ	0,0078	0,8
С пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	Бурые и каменные угли:	0,0088	0,6
	Антрациты:		
С цепной решеткой прямого хода	АРШ	0,0088	0,6
	АС и АМ	0,002	0,4
С забрасывателями и цепной решеткой	Бурые и каменные угли	0,0035	0,7
Шахтная	Твердое топливо	0,0019	2
Шахтно-цепная	Торф кусковой	0,0019	1
Наклонно-переталкивающая	Эстонские сланцы	0,0025	2,9
Слоевые топки бытовых теплогенераторов	Дрова	0,005	14
	Бурые угли	0,0011	16
	Каменные угли	0,0011	7
	Антрацит, тощие угли:	0,0011	3
Камерные топки	Мазут	0,01	0,32
Топки паровых и водогрейных котлов	Газ природный, попутный и коксовый	-	0,25
Топки бытовых теплогенераторов	Газ природный	-	0,08
	Легкое жидкое (печное) топливо	0,01	0,16

Расчет выбросов пятиоксида ванадия

При использовании жидкого топлива (мазута) количество окислов ванадия $M_{V_2O_5}$, г/с (т/год) (по размерности расхода топлива), рассчитывают по формуле

$$M_{V_2O_5} = 3{,}57 \cdot 10^{-6} G_V \, B \text{ г/с (т/год).} \quad (9)$$

или в пересчете на пятиоксид ванадия (аэрозоль)

$$M_{V_2O_5} = 10^{-6} G_{V_2O_5} \, B \text{ г/с (т/год).}$$

где G_V - содержание ванадия (или $G_{V_2O_5}$ - в пересчете на пятиокись ванадия) в жидком топливе, г/т; B - массовый расход натурального топлива за рассматриваемый промежуток времени, (г/с) т/год.

По эмпирической формуле ВТИ им. Ф.Э. Дзержинского $G_{V_2O_5}$ (г/т) равен

$$G_{V_2O_5} = 95{,}4 \, S^P - 31{,}6 \text{ г/т,} \quad (10)$$

где S^P - содержание серы в мазуте на рабочую массу, % ($S^P > 0{,}4$ %).

Расчет выбросов окислов серы

Количество окислов серы M_{SO_2}, г/с (т/год) (по размерности расхода топлива), в пересчете на SO_2 вычисляется по формуле

$$M_{SO_2} = 0{,}02 \, B \, S^P (1 - \eta'_{SO_2})(1 - \eta''_{SO_2}) \text{ г/с (т/год),} \quad (11)$$

где η'_{SO_2} - доля окислов серы, связываемых летучей золой топлива (см. ниже); η''_{SO_2} - доля окислов серы, улавливаемых в золоуловителях попутно с улавливанием твердых частиц. Для сухих золоуловителей принимается равной нулю. В мокрых золоуловителях она зависит от приведенной сернистости топлива $S^P_{пр} = S^P / Q^P_H$, (% кг) / МДж, и от расхода и общей щелочности орошаемой воды (рис. 1).

Ориентировочные значения η'_{SO_2} при факельном сжигании различных видов топлив [6]

Торф	0,15
Сланцы эстонские и ленинградские	0,8
Остальные сланцы	0,5
Экибастузский уголь	0,02
Березовские угли Канско-Ачинского (КА) бассейна для топок с твердым шлакоудалением	0,5
Остальные угли КА бассейна для топок с твердым шлакоудалением	0,2
Прочие угли	0,1
Мазут	0,02
Газ	0

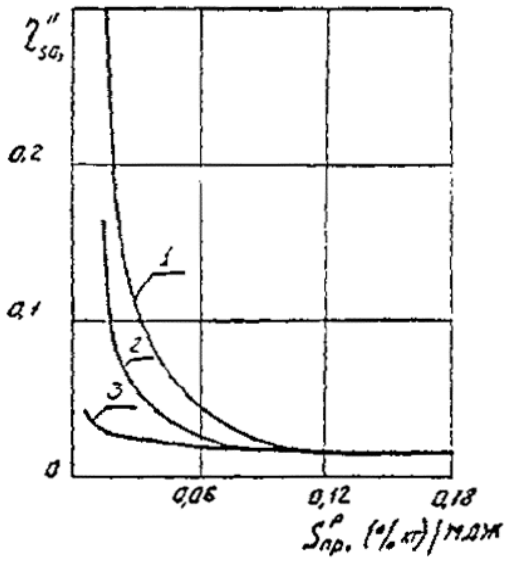


Рис. 1. Степень улавливания окислов серы в мокрых золоуловителях η''_{SO_2} при щелочности орошаемой воды: 1 - 10 мг-экв/дм^3; 2 - 5 мг-экв/дм^3; 3 - 0 мг-экв/дм^3

Расчет выбросов окиси углерода

Количество окиси углерода M_{CO}, г/с (т/год) (по размерности расхода топлива), вычисляется по формуле

$$M_{CO} = 0{,}001 C_{CO} B\left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \text{ г/с (т/год)}, \qquad (12)$$

где C_{CO} - выход окиси углерода при сжигании 1 т топлива (кг/т), определяется по формуле

$$C_{CO} = \frac{q_3 R Q_H^P}{100 Q_{CO_2}} \text{ кг/т}, \qquad (13)$$

где размерность Q_H^P выражается в КДж/кг; Q_{CO_2} = 10,13 МДж/кг; q_3 - для мазута и газа при отсутствии системы автоматического регулирования горения равно 0,5 (q_3 = 0,5 %), при отлаженной системе q_3 равно 0,15 (q_3 = 0,15 %); R - безразмерная доля q_3, обусловленная наличием продукта неполного сгорания окиси углерода. Для твердого топлива R = 1; газа R = 0,5; для мазута R = 0,65. Величина q_4 равна для мазута и газа 0,5 (q_4 = 0,5 %). Значения q_3 и q_4 для угля см. в прил. 2. C_{CO} можно определить также по

данным табл. 1, используя формулу $C_{CO} = K_{CO} \; Q_H^P$, где $[K_{CO}] = [кг/ГДж]$, а $[Q_H^P] = [МДж/кг]$; $[C_{CO}] = [кг/т]$.

Формула для расчета выражения (12) может быть упрощена с учетом выражений (1), (13) и численных значений q_3, q_4 и R.

При размерности $Q_{ном}$ в Гкал/ч $Q_{CO_2} = 2420$ ккал/кг, расчетное секундное количество выбросов $M_{CO}^{расч}$ (г/с) равно

$$M_{CO}^{расч} = \frac{q_3 R(1-q_4/100)Q_{ном} \times 10^6 \times 10^3}{100\eta \times 2420 \times 3600} = 1{,}148 q_3 R(1-q_4/100)\frac{Q_{ном}}{\eta} \text{ г/с}, \quad (14)$$

в том числе для газа M_{CO}, г/с, равно без системы автоматики $M_{CO}^{расч} = 0{,}29\frac{Q_{ном}}{\eta}$ г/с; при отлаженной работе системы ($q_3 = 0{,}15$ %).

$$M_{CO}^{расч} = 1{,}148 \times 0{,}15 \times 0{,}5 \times 0{,}995 \frac{Q_{ном}}{\eta} = 0{,}0857 \frac{Q_{ном}}{\eta} \text{ г/с}, \quad (15)$$

для мазута $M_{CO}^{м\,расч}$ - без системы автоматики $M_{CO} = 0{,}37 \; \frac{Q_{ном}}{\eta}$ г/с, с автоматикой -

$$M_{CO}^{м} = 0{,}111 \; \frac{Q_{ном}}{\eta} \text{ г/с}, \quad (16)$$

для каменного угля

$$M_{CO}^{ку} = 3{,}2\frac{Q_{ном}}{\eta} \text{ г/с при } q_4 = 7\ \%;\ q_3 = 3\ \%; \quad (17)$$

для бурого угля

$$M_{CO}^{бу} = 3{,}134\frac{Q_{ном}}{\eta} \text{ г/с при } q_4 = 9\ \%;\ q_3 = 3\ \%; \quad (18)$$

Валовое количество выбросов M_{CO} (т/год) при работе котельной τ_{cm} (ч/год) с учетом (2) и (3) равно

$$M_{CO}[т/год] = M_{CO}[г/с]\tau_{от} 3{,}6 \times 10^{-3} \frac{B_{факт}}{B_{уст}}. \quad (19)$$

Расчет выбросов окислов азота

Количество окислов азота M_{NO_2}, г/с (т/год) (по размерности расхода топлива), в пересчете на NO_2 вычисляется по формуле

$$M_{NO_2} = 0{,}001 B Q_H^P K_{NO_2}(1-\beta)(1-q_4/100) \text{ г/с (т/год)}, \quad (20)$$

где B - расход топлива, г/с (т/год);

$$[0{,}001] = [ГДж/МДж] \quad [M] = \left[\frac{ГДж}{МДж} \cdot \frac{МДж}{кг} \cdot \frac{кг}{ГДж} B\right] = [B],$$

где Q_H^P - низшая теплотворная способность топлива, МДж/кг [для газа - МДж/м^3]; $К_{NO_2}$ - количество окислов азота, образующихся на 1 ГДж тепла, кг/ГДж, в зависимости от вида сжигаемого топлива и номинальной производительности котельной установки, определяется по графику на рис. 2.

При нагрузке, отличающейся по номинальной, на значение $К_{NO_2}$ следует вводить поправку, равную $(Q_{факт}/Q_{ном})^{0,25}$, где $Q_{ном}$ и $Q_{факт}$ - соответственно номинальная и фактическая производительность котельного агрегата; β - коэффициент, учитывающий степень снижения выбросов окислов азота в результате применения технических решений. В настоящее время для малых котлов β = 0.

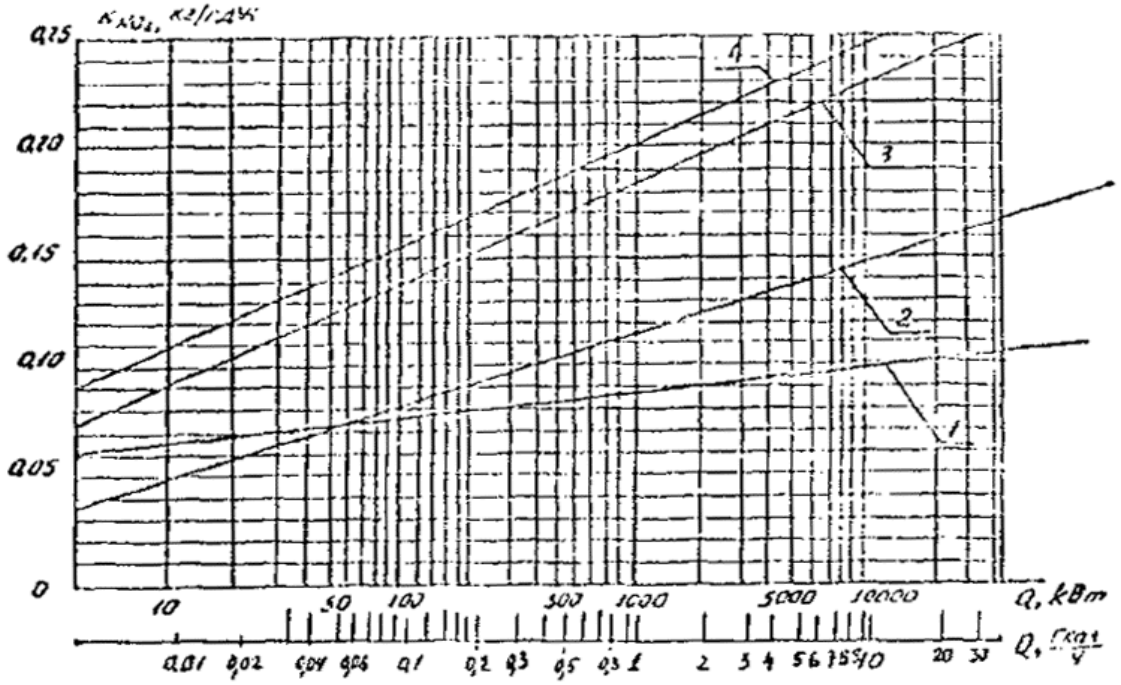


Рис. 2. Зависимость $К_{NO_2}$ от тепловой мощности котельной установки для различных видов топлив:

1 - природный газ, мазут; 2 - антрацит; 3 - бурый уголь; 4 - каменный уголь

При размерности Q_H^P в ккал/кг (ккал/м^3)

$$M_{NO_2} = 4{,}187 \times 10^{-6} Q_H^P K_{NO_2} B(1-\beta)(1-\frac{q_4}{100}), \qquad (21)$$

где [M] = [B], [4,187 × 10^{-6}] = [ГДж/ккал].

Если размерность $Q_{ном}$ в [Гкал/ч], то формула для расчета $M_{NO_2}^{расч}$ (г/с) с учетом выражения (1) и β = 0 приобретает вид

$$M_{NO_2}^{расч} = 1{,}163 Q_{ном}/\eta K_{NO_2}(1-q_4/100), \qquad (22)$$

где $К_{NO_2}$, кг/ГДж - по графику на рис. 2.

С учетом изложенного расчетное количество выбросов диоксида азота M_{NO_2} (г/с) при сжигании

газа и мазута (q_4 = 0,5 %)

$$M_{NO_2}^{г,м} = 1{,}157 \frac{Q_{ном}}{\eta} K_{NO_2}^{г,м}, \quad (23)$$

каменного угля (q_4 = 7 %)

$$M_{NO_2}^{А,КУ} = 1{,}08 \frac{Q_{ном}}{\eta} K_{NO_2}^{КУ}, \quad (24)$$

бурого угля (q_4 = 9 %)

$$M_{NO_2}^{бу} = 1{,}06 \frac{Q_{ном}}{\eta} K_{NO_2}^{бу}. \quad (25)$$

Валовое количество выбросов окислов азота M_{NO_2} (т/год) для котельных, работающих в отопительный период $\tau_{от}$ (ч/год), равно

$$M_{NO_2}[т/год] = M_{NO_2}[г/с]\tau_{от} 3{,}6 \times 10^{-3} \frac{B_{факт}}{B_{уст}}. \quad (26)$$

Ориентировочное определение выбросов некоторых продуктов неполного сгорания топлива

Вместе с окисью углерода от котельных агрегатов в атмосферу поступают формальдегид HCHO, сажа и 3,4-бензпирен [2, 3, 8]. Диапазон изменения содержания формальдегида может отличаться на порядок в зависимости от режимных и конструктивных особенностей топок. Содержание его колеблется от 0 до 70 мг/м^3. При коэффициенте избытка воздуха α = 1,1 - 1,7 (прил. 4) в котлах ДКВР-10-13 с горелками ГМГ наблюдалось количество формальдегида, равное 0,2 - 0,5 мг/м^3, с горелками ГА-110 - 0,7 - 1 мг/м^3 [8]. Рекомендуемая для ориентировочных расчетов концентрация (в уходящих газах) для котлов Q < 10 т/ч - 17,35 мг/м^3.

По данным литературы [8], наиболее вероятные значения количества формальдегида за котлами производительностью менее 10 т/ч составляют 3,7 - 31 мг/м^3 продуктов сгорания.

Сажеобразование в газоходах котла до 90 мг/м^3 наблюдается в осенний и весенний период, особенно за малогабаритными топками секционных отопительных котлов МГ-2, МГ-2Г, «Универсал» при диффузионных подовых горелках (рис. 3 - 5) [3] и отсутствии автоматики горения. При отлаженной работе системы автоматики горения концентрация как сажи, так и других продуктов неполного сгорания меньше в 3,33 раза (q_3 = 0,15).

В саже и дымовых газах содержатся канцерогенные вещества - полициклические углеводороды, такие, например, как 3,4-бензпирен ($C_{20}H_{12}$). Максимальное содержание характерно для топок с неподвижной решеткой. Количественные характеристики приведены в табл. 2 [2]. При сжигании природного газа 3,4-бензпирен содержится в единичных случаях.

При сжигании донецких углей в котлах ТП-230 и львовско-волинских в ТП-100 количество бенз(а)пирена без очистки газов составляло 0,8 - 16,5 Мкг/м^3.

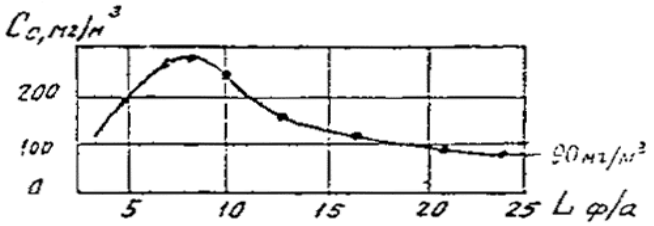


Рис. 3. Изменение концентрации сажи C_c по высоте факела $L_{ф/а}$ подовой диффузионной горелки при сжигании природного газа в котле «Тула-3» (без автоматики горения)

При камерном сжигании пылевидного топлива бензпирен отсутствует. При сжигании твердого топлива в слое на ручной и механической топках бензпирен содержится в большом количестве - 2,2 - 379 г/т сжигаемого угля [13].

При сжигании мазута в котлах ТГПМ-314А и ПК-19, оборудованных горелками ХФ ЦКБ-ВТИ, был обнаружен бензпирен в концентрации 0,02 - 0,5 мкг/м^3 [12].

Количество выбросов рассмотренных продуктов неполного сгорания топлива М (г/с) определяется по формуле

$$M = C\ V_г\ г/с,$$

где С - концентрация вредного вещества в уходящих газах, г/м^3; $V_г$ - объем уходящих газов, м^3/с.

Валовое количество выбросов М (т/год) равно

$$M[т/год] = M[г/с] \times 3{,}6 \times 10^{-3} \tau_{от} \frac{B_{факт}}{B_{уст}} \quad т/год.$$

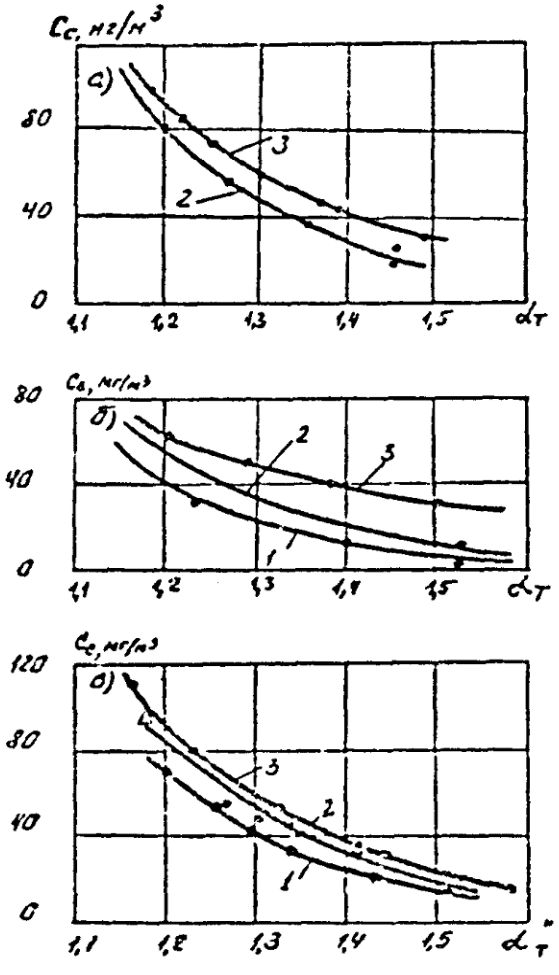


Рис. 4. Изменение концентрации сажи C_c в зависимости от коэффициента избытка воздуха на выходе из топки $\alpha_т$:

а - при сжигании газа в чугунных секционных котлах "Энергия-3"; б - $НР_ч$ с однощелевыми горелками; в - МГ-2Т с двухщелевой горелкой; 1 - 3 - нагрузка горелки соответственно 60, 80 и 90 % (без автоматики горения)

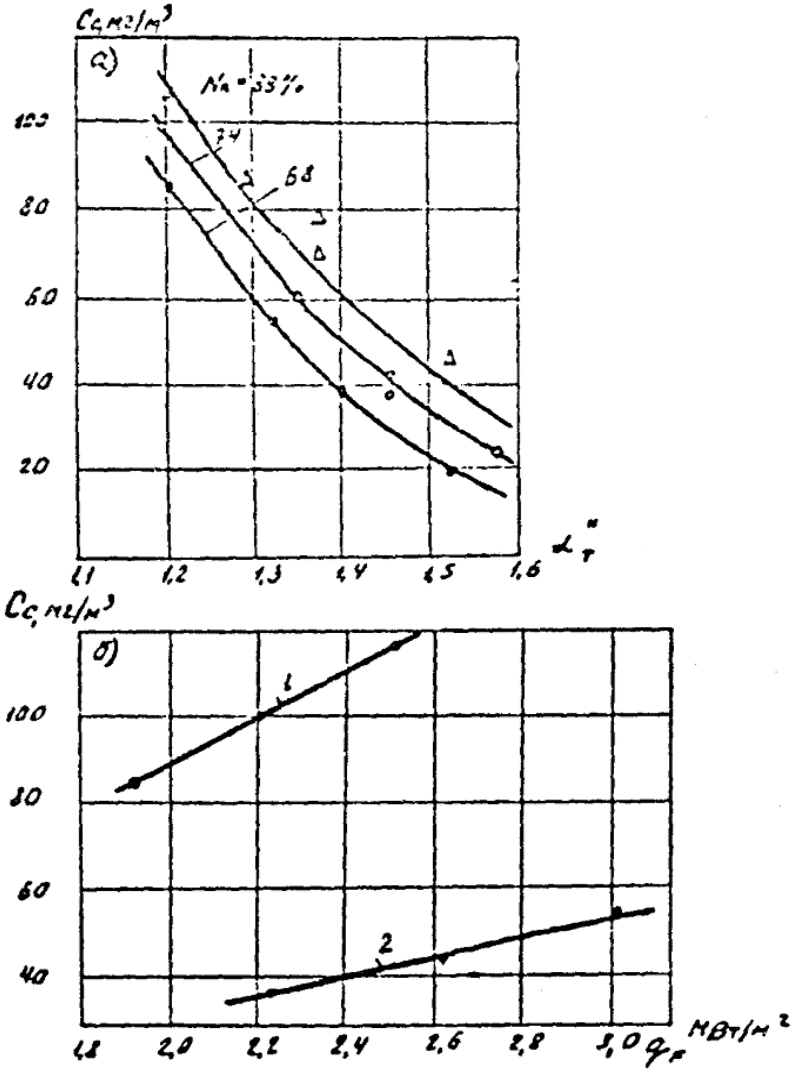


Рис. 5. Зависимость концентрации сажи C_c:

а - от коэффициента избытка воздуха на выходе из топки $\alpha_т$ (при сжигании газа с помощью подовой диффузионной однощелевой горелки в котле "Универсал-6" при разной нагрузке Q; б - от теплового напряжения огневого сечения щели q_F при сжигании газа с помощью однощелевой горелки котла "Универсал-6" (1) и двухщелевой горелки котла МГ-2Т (2) (без автоматики горения)

Таблица 2

Образование токсичных веществ в процессе выгорания топлив в отопительных котлах мощностью до 85 кВт [2]

Тип котла	Топливо	Режим горения	$C_{20}H_{12}$, мгк/100 м^3	C_{NO_2}, мг/м^3	C_{NO}, мг/м^3	C_{CO}, %
КС-2	КУ (каменный	Начало выгорания	8,97	5	205	-
	уголь)	Основной период горения	33,55	25	180	-
КЧМ-3 (7 секций)	А (антрацит)	Розжиг дров	111,2	6 - 8	110	-
		Догорание дров	346,1	30 - 40	70 - 80	-
		Начало погрузки угля	13,6	10	120	0,11
		Конец погрузки угля	53,6	20	110	0,28
		Основной период горения	17,2 - 13,4	30	100	0,08
	Природный газ	$\alpha = 1,2$	8 - 2	2,5	140	0,008
		$\alpha = 1,4$	-	3,5	150	-
		$\alpha = 1,8$	-	50	150	-
		$\alpha = 2,2$	-	60	160	-
		$\alpha = 2,8$	-	80	180	0,065

Тип котла	Топливо	Режим горения	$C_{20}H_{12}$, мгк/100 м^3	C_{NO_2}, мг/м^3	C_{NO}, мг/м^3	C_{CO}, %
КС-3	ТБП (легкое жидкое топливо)	α = 1,25 α = 1,4	60 350	25 80	250 140	0,07 0,02

РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИЙ И ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ

Расчетные формулы концентраций вредных веществ в дымовых газах в зависимости от количества текущих выбросов необходимы, главным образом, при сопоставлении расчетных и измеренных экспериментально величин концентраций, а также для определения выбросов при известных величинах концентраций.

Расчет объема дымовых газов

Объем уходящих газов без влаги при нормальных условиях $V_г^н$ (температура 0 °С, давление 760 мм рт. ст. (0,1013 МПа) от сгорания 1 кг натурального топлива можно приближенно определить по формуле

$$V_г^н = \alpha V_o^н \text{ нм}^3/\text{кг}, \tag{27}$$

где $V_o^н$ - объем стехиометрического количества воздуха при нормальных условиях для сгорания 1 кг натурального топлива.

Приближенно можно определить

$$V_o^н = \frac{1{,}12 \cdot Q_н^р}{1000} \text{ нм}^3/\text{кг}, \tag{28}$$

где $Q_н^р$ - в ккал/кг, или по табл. 1, 2 прил. 3 (точнее).

При температуре газов t выше 0 °С удельный объем уходящих газов определяется по формуле

$$V_г = V_г^н(273 + t) : 273 \text{ м}^3/\text{кг}. \tag{29}$$

Расчет массовой концентрации

Массовая концентрация ингредиента *i* в уходящих газах определяется по формуле

$$C_{вес\,i} = \frac{10^3 M_i}{B V_г^н \left(1 - \frac{q_ч}{100}\right)} \text{ г/м}^3, \tag{30}$$

где размерность [M_i] соответствует размерности [B], [$V_г^н$] - м^3/кг.

Расчет объемной концентрации

Объемная концентрация ингредиента *i* в уходящих газах определяется по формуле

$$C_{сб} = \frac{22{,}4 M_i}{B \mu_i V_г^н \left(1 - \frac{q_ч}{100}\right)} \times 10^6 \text{ чнм*(млн}^{-1}), \tag{31}$$

* чнм - части на миллион (единицы измерения объемной концентрации).

где M_i - молекулярный вес ингредиента *i*;

$$\mu_{SO_2} = 64;\ \mu_{CO} = 28;\ \mu_{NO_2} = 46.$$

Пересчет объемных концентраций в весовые и наоборот представлен в прил. 5.

Расчет валовых выбросов вредных веществ

Валовый выброс ингредиента *i* определяется как сумма выбросов ингредиента *i* по всем единичным источникам выбросов (котельным установкам):

$$M_{вал i} = \sum_{1}^{j} ij, \qquad (32)$$

где *j* - порядковый номер единичной котельной установки (котлоагрегата). Валовые выбросы вредных веществ при сжигании различных видов топлив в котлах ЖКХ представлены в прил. 6.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Определить количество выбросов вредных веществ с дымовыми газами от котельной установки концентрации окислов серы в дымовых газах. Исходные данные для расчета приведены ниже.

Тип котельной установки	"Универсал-6"
Режим работы в году $\tau_{от}$, ч/год	5350 (отопительный период года)
Топливо:	
зольность A^P, %	14
сернистость S^P, %	2
низшая теплота сгорания $Q_н^р$, МДж/кг (ккал/кг)	27 (6448,5)
Теплопроизводительность в режиме установленной мощности $Q_{ном}$, Гкал/ч	0,5
КПД котельной установки η	0,74
Потери теплоты от неполноты сгорания, %:	
механической q_4	7
химической q_3	1
Доля золы, уносимой газами, $a_{ун}$	0,3
Содержание горючих в уносе $Г_{ун}$, %	40
Доля η_{SO_2}, связываемых летучей золой	0,1
Доля η_{SO_2}, улавливаемых в мокрых золоуловителях	0
КПД золоуловителя $\eta_з$	0,8
Удельное количество образующихся окислов азота K_{NO_2}, кг/Гдж	0,105
Коэффициент избытка воздуха α	1,5
Температура уходящих газов (после золоуловителей) $t_{ух}$, °С	60

Определение параметров

1. Расход топлива за рассматриваемый период по формуле (1)

$$B_{уст} = \frac{0{,}5 \times 10^6}{0{,}7 \times 6448{,}53} = 104{,}77$$ кг/ч = 29 г/с.

2. Годовой коэффициент нагрузки по формуле (3):

$$К = 5360 : 8766 = 0{,}61.$$

3. Расход топлива за год по формуле (4):

$$B = 104,77 \times 0,61 \times 8766 \times 10^{-3} = 560,2 \text{ т/год.}$$

4. Расчетное количество выбросов пыли $M_{п}^{расч}$ (г/с) по формуле (6):

$$M_{п}^{расч} = 29 \times 14 \frac{0,3}{100-40} - (1-0,8) = 0,406 \text{ г/с.}$$

5. Валовое количество выбросов пыли (т/год) по формуле (6), где B = 560,2 т/год или по формуле:

$$M_{п}[\text{т/год}] = M_{п}[\text{г/с}] \times 3600 \times 10^{-6} \times 5360 = 7,84 \text{ т/год.}$$

6. Расчетное количество выбросов сернистого ангидрида $M_{SO_2}^{расч}$ (г/с) по формуле (11):

$$M_{SO_2}^{расч} = 0,02 \times 29 \times 2(1 - 0,1)(1 - 0) = 1,044 \text{ г/с.}$$

7. Валовое количество выбросов сернистого ангидрида M_{SO_2} (т/год) по формуле (11) или

$$M_{SO_2} = 1,044 \times 3,6 \times 10^{-3} \times 5360 = 20,14 \text{ т/год.}$$

8. Расчетное количество выбросов окиси углерода $M_{CO}^{расч}$ (г/с) по формуле (14):

$$M_{CO}^{расч} = 1,148 \times 1 \times 1(1 - 0,07)\frac{0,5}{0,74} = 72 \text{ г/с.}$$

9. Валовое количество выбросов окиси углерода M_{CO} (т/год) по формуле (19):

$$M_{CO} = 0,72 \times 3,6 \times 10^{-3} \times 5360 = 13,9 \text{ т/год.}$$

10. Расчетное количество диоксида азота $M_{NO_2}^{расч}$ (г/с) по формуле (22):

$$M_{NO_2}^{расч} = \frac{1,163 \times 0,5}{0,74} \times 0,105 \times (1 - 0,07) = 0,0767 \text{ г/с.}$$

11. Валовое количество диоксида азота M_{NO_2} (т/год) по формуле (26):

$$M_{NO_2} = 0,0767 \times 3,6 \times 10^{-3} \times 5360 = 1,48 \text{ т/год.}$$

12. Удельный объем стехиометрического количества воздуха $V_{о}^{н}$ (нм^3/кг) по формуле (28):

$$V_{о}^{н} = \frac{1,12 \times 6448,53}{1000} = 7,22 \text{ нм}^3\text{/кг.}$$

13. Удельный объем уходящих газов при нормальных условиях по формуле (27) или, точнее, по табл. 1 прил. 3:

$$V_{г}^{н} = 1,5 \times 7,22 = 10,8 \text{ нм}^3\text{/кг.}$$

14. Удельный объем уходящих газов $V_г$ (м^3/кг) по формуле пересчета на фактическую температуру газов:

$$V_г = 10{,}8\frac{273+60}{273} = 13{,}2 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

15. Массовая концентрация сернистого ангидрида $C^{вес}_{SO_2}$ (г/м^3) в уходящих газах по формуле (30):

$$C^{вес}_{SO_2} = \frac{10^3 \times 1{,}044}{29 \times 13{,}2(1-0{,}07)} = 2{,}93 \text{ г/м}^3.$$

16. Объемная концентрация сернистого ангидрида $C^{об}_{SO_2}$ в уходящих газах по формуле (31):

$$C^{об}_{SO_2} = \frac{22{,}4 \times 1{,}044 \times 10^6}{29 \times 64 \times 13{,}2(1-0{,}07)} = 1026 \text{ чнм}$$

или, точнее, по таблице прил. 5.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Следует предъявлять требования к поставщикам топлива в части записи в отгрузочных документах характеристик топлива: зольность, содержание серы, азота, тяжелых металлов.

2. Расчетом выбросов вредных веществ, как правило, пользуются при перспективном планировании и прогнозе в крупном масштабе региона (область, край, республика).

3. При контроле за выбросами отдельных производственных предприятий предпочтение следует отдавать наиболее достоверному экспериментальному методу измерений выбросов (концентраций) вредных веществ в дымовых газах.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Паропроизводительность, эквивалентная 1 МВт тепловой мощности

Давление Р, МПа	Температура, °С						
	100	200	300	400	500	600	700
0,1	1,348	1,254	1,173	1,400	1,034	0,973	0,918
0,5	-	1,263	1,177	1,102	1,035	0,974	0,918
1	-	1,322	1,182	1,105	1,037	0,975	0,919
2,5	-	-	1,199	1,113	1,042	0,978	0,921

Примечание. 1 кал = 4,187 Дж; 1 Гкал/ч = 1,16 МВт; 1 т/год = 3,17 × 10^{-2} г/с; 1 ГДж = $10^3 \cdot$ МДж = $10^6 \cdot$ КДж = $10^9 \cdot$ Дж.

Приложение 2

Некоторые показатели топок и применяемых топлив [11]

Топливо		α	q_3, %	q_4, %	$a_{вн}$	$\Gamma_{вн}$, %	$A^{р}_{пр}$, (% кг)/ккал
Вид	Марка						
1	2	3	4	5	6	7	8
Топки с ручным обслуживанием с шурующей планкой (тип НИИсантехники)							
Антрациты	АМ	1,35 - 1,55	2	7	0,31	50	2
	АС	1,35 - 1,55	2	7	031	50	2
Каменные угли	Неспекающиеся Д	1,35 - 1,55	5	6	0,19 - 0,21	29	3,5
	Слабоспекающиеся СС и ОС	1,35 - 1,55	3	6	0,19 - 0,21	41	3
	Тощие	1,35 - 1,55	3	6	0,19 - 0,21	51	2,5
Бурые угли	Ирша-Бородинский	1,35 - 1,55	2 - 3	8	0,18 - 0,2	15 - 20	1,6
	Артемовский	1,35 - 1,55	2 - 3	8	0,18 - 0,2	15 - 20	4,2

Топливо		α	q_3, %	q_4, %	$a_{вн}$	$Г_{вн}$, %	$A^{р}_{пр}$, (% кг)/ккал
Вид	Марка						
1	2	3	4	5	6	7	8
	Челябинский	1,35 - 1,55	2 - 3	8	0,18 - 0,2	15 - 20	6,5
	Подмосковный	1,35 - 1,55	2 - 3	8	0,18 - 0,2	15 - 20	8,9
	Топки типа ПМЗ-РПК						
Антрациты	АРШ	1,6	0,5 - 1	13	0,3	30	3
Каменные угли	Д	1,4 - 1,5	0,5 - 1	6	0,16	30	3,5
Каменные угли	СС и СС	1,4 - 1,5	0,5 - 1	6	0,16	30	3
	Т	1,4 - 1,5	0,5 - 1	6	0,16	30	2,5
Бурые угли	Ирша-Бородинский	1,4 - 1,5	0,5 - 1	7	0,22	20	1,6
	Артемовский	1,4 - 1,5	0,5 - 1	7	0,15	20	4,2
	Челябинский	1,4 - 1,5	0,5 - 1	7	0,22	20	6,5
	Подмосковный	1,4 - 1,5	0,5 - 1	9	0,21	20	8,9
	Топки типа ТЛЗМ и ТЧЗ						
Антрациты	АС	1,6	0,5 - 1	13	0,25	50	2
Каменные угли	Д	1,3 - 1,4	0,5 - 1	6 - 7	0,2 - 0,27	30	3,5
	СС и ОС	1,3 - 1,4	0,5 - 1	6 - 7	0,2 - 0,27	30	3
	Т	1,3 - 1,4	0,5 - 1	6 - 7	0,2 - 0,27	30	2,5
	Ирша-Бородинский	1,3 - 1,4	0,5 - 1	6	0,25	20	1,6
	Челябинский	1,3 - 1,4	0,5 - 1	6	0,25	20	6,5
.	Подмосковный	1,3 - 1,4	0,5 - 1	7,5	0,19	20	8,9

Примечания: 1. $A^{р}_{пр}$ - приведенная зольность топлива, $A^{р}_{пр} = \frac{A^{Р}}{Q^{Р}_{Н}} \times 10^{3}$ (% кг)/ккал.

2. При отсутствии в гр. 2 марки сжигаемого топлива значения показателей рекомендуется выбирать по приведенной зольности $A^{р}_{пр}$, интерполируя в пределах «Вид топлива».

3. Топки типа: механическая цепная = 0,1 - 0,15 %; камерная с сухим шлакоудалением q_3 = 0,05 - 0,1 %; с жидким шлакоудалением q_3 = 0 (см. прил. 4).

Приложение 3

Расчетные характеристики твердых, жидких и газообразных топлив

Таблица 1

Расчетные характеристики твердых и жидких топлив [9]

Республика, край, область	Бассейн, месторождение	Марка топлива	Зольность A^p, %	Серосодержание топлива, %		Объем воздуха и продуктов сгорания при α = 1, нм³/кг					Низшая теплота сгорания $Q_н^p$, ккал/кг	Полный объем продуктов сгорания при α = $α_i$. $V_Г = V_Г^o + V^o K (α - 1)$, где K = 1,0161, нм³/кг
				$S_к^p$	$S_{пр}^p$	V^o	V_{RO_2}	$V_{N_2}^o$	$V_{H_2Oo}^o$	$V_Г^o$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
						Угли						
УССР, Донецкая, Луганская обл. и РСФСР, Ростовская обл.	Донецкий	Д	21,8	1,5	1,5	5,16	0,94	4,08	0,64	5,67	4680	5,67 + 5,24 (α - 1)
		Д	25,8	2,5	1,4	4,78	0,86	3,78	0,63	5,27	4240	5,27 + 4,86 (α - 1)
		Г	23	2	1,2	5,83	1,05	4,61	0,61	6,28	5260	6,28 + 5,92 (α - 1)
		Г	26,7	1,9	1,2	5,19	0,94	4,11	0,6	5,65	4730	5,65 + 5,27 (α - 1)
		Г	34,6	3,2	3,2	4,66	0,84	3,69	0,53	5,06	4190	5,06 + 4,73 (α - 1)
		Т	23,8	2	0,8	6,43	1,19	5,09	0,51	6,79	5780	6,79 + 6,53 (α - 1)
		А	22,9	1	0,7	6,04	1,20	4,78	0,34	6,32	5390	6,32 + 6,14 (α - 1)
		ПА	20,9	1,7	0,7	6,64	1,26	5,25	0,46	6,97	6030	6,97 + 6,75 (α - 1)
		К, К, ОС	35,5	1,9	0,6	4,77	0,87	3,78	0,51	5,16	4300	5,16 + 4,85 (α - 1)
РСФСР, Кемеровская обл.	Кузнецкий	Д	13,2	0,3	0,3	6,02	1,1	4,77	0,71	6,58	5450	6,58 + 6,12 (α - 1)
		Г	11	0,5	0,5	6,88	1,24	5,45	0,74	7,42	6240	7,42 + 6,99 (α - 1)
		1СС	18,2	0,3	0,3	6,26	1,15	4,96	0,62	6,73	5700	6,73 + 6,36 (α - 1)
		2СС	18,2	0,4	0,4	6,52	1,2	5,16	0,6	6,97	5870	6,97 + 6,62 (α - 1)
		Т	16,8	0,4	0,4	6,83	1,28	5,41	0,53	7,22	6250	7,22 + 6,94 (α - 1)
		К, К, ОС	30,7	0,7	0,7	4,75	1	3,77	0,2	4,97	5000	4,97 + 4,83 (α - 1)
Коми АССР	Печорский; Воркутинское	К	23,6	0,8	0,8	6,15	1,12	4,87	0,59	6,58	5650	6,58 + 6,25 (α - 1)
	Интинское	Д	25,4	2	0,6	4,88	0,91	3,87	0,57	5,35	4370	5,35 + 4,96 (α - 1)
УССР, Львовская и Волынская обл.	Львовско-Волынский; Волынское	Г	19,8	1,8	0,8	5,75	1,05	4,55	0,63	6,23	5250	6,23 + 5,84 (α - 1)
	Межреченское	Г	25,8	2,3	0,8	5,66	1,02	4,48	0,59	6,09	5150	6,09 + 5,75 (α - 1)

Республика, край, область	Бассейн, месторождение	Марка топлива	Зольность A^p, %	Серосодержание топлива, %		Объем воздуха и продуктов сгорания при α = 1, нм³/кг					Низшая теплота сгорания $Q_н^p$, ккал/кг	Полный объем продуктов сгорания при α = $α_i$. $V_Г = V_Г^o + V^o K (α - 1)$, где K = 1,0161, нм³/кг
				$S_к^p$	$S_{пр}^p$	V^o	V_{RO_2}	$V_{N_2}^o$	$V_{H_2Oo}^o$	$V_Г^o$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Башкирская АССР	Бабаевское	Б1	7	0,5	0,5	2,65	0,48	2,09	1,01	3,58	2090	3,58 + 2,69 (α - 1)
РСФСР, Пермская обл.	Кизеловский	ГР, ГМСШ	31	6,1	6,1	5,33	0,95	4,22	0,56	5,73	4700	5,73 + 5,42 (α - 1)
		Г	39	6,8	1,6	4,21	0,76	3,33	0,47	4,56	3810	4,56 + 4,28 (α - 1)
РСФСР, Челябинская обл.	Челябинский	Б3	29,5	1,0	1,0	3,74	0,7	2,96	0,59	4,26	3330	4,26 + 3,8 (α - 1)
РСФСР, Свердловская обл.	Егоршинское	ПА	23,9	0,4	0,4	5,9	1,13	4,67	0,47	6,27	5350	6,27 + 5,99 (α - 1)
	Волчанское	Б3р	33,2	0,2	0,2	2,73	0,54	2,16	0,57	3,27	2380	3,27 + 2,77 (α - 1)
	Веселовское, Богословское	Б3	30,4	0,4	0,4	2,86	0,56	2,27	0,6	3,43	2480	3,43 + 2,91 (α - 1)
Грузинская ССР	Ткварчельское	Ж	35	0,9	0,4	4,48	0,8	3,55	0,57	4,92	4000	4,92 + 4,55 (α - 1)
	Ткибульское	Г	27	0,7	0,6	4,71	0,86	3,73	0,63	5,22	4280	5,22 + 4,79 (α - 1)
Узбекская ССР	Ангренское	Б2	13,1	1,3	1,3	3,81	0,75	3,01	0,71	4,47	3300	4,47 + 3,87 (α - 1)
Киргизская	Кок-Янгак	Д	17,9	1,7	1,7	5,67	1,05	4,49	0,63	6,17	5140	6,17 + 5,76 (α - 1)
	Таш-Кумир	Д	21,4	1,2	1,2	4,87	0,91	3,85	0,62	5,39	4380	5,39 + 4,95 (α - 1)
	Сулюкта	Б3	13,3	0,2	0,3	4,79	0,94	3,79	0,64	5,37	4270	5,37 + 4,87 (α - 1)
	Кизыл-Кия	Б3	14,4	0,6	0,3	4,3	0,83	3,4	0,68	4,92	3770	4,92 + 4,37 (α - 1)
	Кара-Киче	Б3	8,1	0,7	0,7	5,28	1,03	4,18	0,66	5,87	4730	5,87 + 5,36 (α - 1)
Таджикская ССР	Шураб, шахта № 8	Б2	9,2	0,6	0,4	4,47	0,89	3,53	0,68	5,1	3870	5,10 + 4,54 (α - 1)
	Шураб, шахта № 1/2	Б3	14,1	0,8	0,4	4,63	0,89	3,66	0,67	5,22	4120	5,22 + 4,7 (α - 1)
РСФСР, Красноярский край	Канско-Ачинский, Ирша-Бородинское	Б2	6	0,2	0,2	4,24	0,82	3,35	0,81	4,98	3740	4,98 + 4,31 (α - 1)
	Назаровское	Б2	7,3	0,4	0,4	3,62	0,7	2,86	0,83	4,99	3110	4,39 + 3,68 (α - 1)

Республика, край, область	Бассейн, месторождение	Марка топлива	Зольность A^p, %	Серосодержание топлива, %		Объем воздуха и продуктов сгорания при α = 1, нм³/кг					Низшая теплота сгорания $Q_н^p$, ккал/кг	Полный объем продуктов сгорания при α = $α_i$. $V_Г = V_Г^o + V^o K (α - 1)$, где K = 1,0161, нм³/кг
				$S_к^p$	$S_{пр}^p$	V^o	V_{RO_2}	$V_{N_2}^o$	$V_{H_2Oo}^o$	$V_Г^o$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Березовское	Б2	4,7	0,2	0,2	4,26	0,83	3,37	0,81	5,01	3740	5,01 + 4,33 (α - 1)
	Боготольское	Б1	6,7	0,5	0,5	3,31	0,64	2,62	0,87	4,13	2820	4,13 + 3,36 (α - 1)
	Абанское	Б2	8	0,4	0,4	4,03	0,78	3,19	0,8	4,77	3520	4,77 + 4,09 (α - 1)
	Минусинский, Черногорское	Д	5,5	0,5	0,5	5,54	1,03	4,39	0,67	6,09	5030	6,09 + 5,63 (α - 1)
РСФСР, Красноярский край	Итатское	Б1	6,8	0,4	0,4	3,53	0,69	2,79	0,85	4,33	3060	4,33 + 3,59 (α - 1)
	Барандатское	Б2	4,4	0,2	0,2	4,06	0,78	3,21	0,85	4,84	3540	4,84 + 4,12 (α - 1)
РС4СР, Иркутская обл.	Черемтовское, Забитуйское	Д	27	1,1	1,1	4,72	0,86	3,74	0,61	5,21	4270	5,21 + 4,8 (α - 1)
	Азейское	Б3	12,8	0,4	0,4	4,59	0,86	3,63	0,75	5,25	4140	5,25 + 4,66 (α - 1)
	Мугунское	Б3	14,8	0,9	0,9	4,78	0,88	3,79	0,76	5,43	4190	5,43 + 4,86 (α - 1)
Бурятская АССР	Гусиноверское	Б3	16,8	0,5	0,5	4,39	0,82	3,47	0,72	5,01	3910	5,01 + 4,46 (α - 1)
	Хонбольджинское	Б3	12,5	0,3	0,3	4,53	0,87	3,58	0,71	5,16	3950	5,16 + 4,6 (α - 1)
	Баннгольское	Д	15,4	0,5	0,5	4,83	0,89	3,82	0,74	5,45	4310	5,45 + 4,91 (α - 1)
РСФСР, Читинская обл.	Букачачинский	Г	9,2	0,6	0,6	7,01	1,27	5,54	0,73	7,54	6380	7,54 + 7,12 (α - 1)
РСФСР, Читинская обл.	Черновское	Б2	9,6	0,5	0,5	4,22	0,8	3,34	0,79	4,94	3460	4,94 + 4,29 (α - 1)
	Татаурское	Б2	10	0,2	0,2	4,06	0,78	3,21	0,79	4,78	3550	4,78 + 4,12 (α - 1)
	Харанорское	Б1	8,6	0,3	0,3	3,48	0,68	2,75	0,81	4,24	2980	4,24 + 3,54 (α - 1)
РСФСР, Хабаровский край	Райчихинское	Б2	9,4	0,3	0,3	3,56	0,71	2,82	0,78	4,3	3040	4,3 + 3,62 (α - 1)
		Б1	7,9	0,3	0,3	2,85	0,59	2,25	0,82	3,66	2270	3,66 + 2,9 (α - 1)
	Уральское	Г	29,6	0,4	0,4	5,25	0,95	4,15	0,53	5,68	4790	5,68 + 5,33 (α - 1)
РСФСР, Приморский	Липовецкое	Д	33,8	0,4	0,4	4,75	0,86	3,75	0,55	5,17	4360	5,17 + 4,83 (α - 1)

Республика, край, область	Бассейн, месторождение	Марка топлива	Зольность A^p, %	Серосодержание топлива, %		Объем воздуха и продуктов сгорания при α = 1, нм³/кг					Низшая теплота сгорания $Q_н^p$, ккал/кг	Полный объем продуктов сгорания при α = $α_i$. $V_Г = V_Г^o + V^o K (α - 1)$, где K = 1,0161, нм³/кг
				$S_к^p$	$S_{пр}^p$	V^o	V_{RO_2}	$V_{N_2}^o$	$V_{H_2Oo}^o$	$V_Г^o$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
край	Суганский	Г6	34	0,4	0,4	5,08	0,93	4,02	0,5	5,46	4650	5,46 + 5,16 (α - 1)
		Ж6	32,1	0,4	0,4	5,37	0,99	4,24	0,51	5,74	4900	5,74 + 5,46 (α - 1)
		Т	22,8	0,5	0,5	6,41	1,21	5,07	0,49	6,77	5790	6,77 + 6,51 (α - 1)
	Подгородненское	Т	40,3	0,4	0,4	4,91	0,91	3,88	0,42	5,21	4390	5,21 + 4,99 (α - 1)
	Артемовское	Б3	24,3	0,3	0,3	3,55	0,67	2,81	0,68	4,15	3180	4,15 + 3,61 (α - 1)
РСФСР, Приморский край	Тавричанское	Б3	24,9	0,4	0,4	4,53	0,83	3,59	0,63	5,06	4080	5,06 + 4,60 (α - 1)
	Реттиховское	Б1	17,3	0,2	0,2	2,71	0,51	2,14	0,83	3,48	2400	3,48 + 2,75 (α - 1)
	Чихезское	Б1	12,5	0,2	0,2	2,99	0,57	2,37	0,86	3,8	2560	3,8 + 3,04 (α - 1)
	Бикинское	Б2	22,1	0,3	0,3	2,64	0,5	2,09	0,76	3,35	2160	3,35 + 2,68 (α - 1)
Якутская АССР	Джебарики-Хая	Д	11,1	0,2	0,2	6,08	1,13	4,81	0,7	6,64	5500	6,64 + 6,18 (α - 1)
	Нерюнгринское	СС	12,7	0,2	0,2	6,51	1,23	5,15	0,59	6,97	5895	6,97 + 6,61 (α - 1)
	Сангарское	Д	13,5	0,2	0,2	6,37	1,14	5,04	0,75	6,93	5790	6,93 + 6,47 (α - 1)
	Чульмаканское	Ж	23,1	0,3	0,3	6,17	1,1	4,89	0,65	6,64	5550	6,64 + 6,27 (α - 1)
РСФСР, Магаданская обл.	Нижне-Аркагалинское	Д	9,2	0,3	0,3	6,02	1,1	4,77	0,76	6,63	5480	6,63 + 6,11 (α - 1)
	Верхне-Аркагалинское	Д	13	0,1	0,1	4,9	0,94	3,88	0,69	5,51	4420	5,51 + 4,98 (α - 1)
РСФСР, Магаданская обл.	Анадырское	Б3	11,9	0,1	0,1	5,11	0,94	4,04	0,79	5,76	4590	5,76 + 5,19 (α - 1)
РСФСР, Южный Сахалин	-	Д	22,1	0,4	0,4	5,32	0,96	4,21	0,67	5,85	5470	5,85 + 5,41 (α - 1)
	-	Г	12,7	0,5	0,5	6,7	1,2	5,3	0,75	7,25	6110	7,25 + 6,81 (α - 1)
	-	Б3	20	0,2	0,2	4,36	0,81	3,45	0,7	4,96	3920	4,96 + 4,43 (α - 1)
				Сланцы горючие								
Эстонская	Шахты и разрез	Горю чий сланец	40 + 14,4	1,3	0,3	2,89	0,53	2,29	0,55	3,37	2610	3,37 + 2,94 (α - 1)

Республика, край, область	Бассейн, месторождение	Марка топлива	Зольность A^p, %	Серосодержание топлива, %		Объем воздуха и продуктов сгорания при α = 1, нм³/кг					Низшая теплота сгорания $Q_н^p$, ккал/кг	Полный объем продуктов сгорания при $\alpha = \alpha_i$. $V_Г = V_Г^o + V^o K (\alpha - 1)$, где К = 1,0161, нм³/кг
				$S_к^p$	$S_{пр}^p$	V^o	V_{RO_2}	$V_{N_2}^o$	$V_{H_2Oo}^o$	$V_Г^o$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ССР	«Вивиконд» Разрезы № 1, «Сиргона» и «Вивиконд»	То же	41,2 + 18,4	1,4	1,4	2,49	0,48	1,97	0,49	2,94	2230	2,94 + 2,53 (α - 1)
Ленинградская обл.	-	-	44,2 + 16,5	1,4	0,3	2,51	0,48	1,98	0,48	2,94	2230	2,94 + 2,55 (α - 1)
РСФСР, Куйбышевская обл.	Каширское	-	49,7 + 9,5	1,8	1,6	1,65	0,33	1, 3	0,44	2,07	1390	2,07 + 1,68 (α - 1)
		Торф										
		Фрезерный торф	6,3	0,1	0,1	2,38	0,46	1,89	0,95	3,3	1940	3,30 + 2,42 (α - 1)
		Дрова										
		Дрова	0,6	-	-	2,81	0,57	2,23	0,95	3,75	2440	3,75 + 2,85 (α - 1)
		Жидкое топливо										
		Мазут:										
		малосернистый	0,05	0,3	0,3	10,62	1,58	8,39	1,51	11,48	9620	11,48 + 10,79 (α - 1)
		сернистый	0,1	1,4	1,4	10,45	1,57	8,25	1,45	11,28	9490	11,28 + 10,62 (α - 1)
		высокосернистый	0,1	2,8	2,8	10,2	1,57	8,06	1,36	10,99	9260	10,99 + 10,36 (α - 1)
		Стабилизированная нефть	0,1	2,9	2,9	10,48	1,55	8,28	1,52	11,35	9500	11,35 + 10,65 (α - 1)

Таблица 2

Расчетные характеристики газообразных топлив [14]

Газопровод	Теплота сгорания низшая сухая $Q^c_н$ ккал/нм^3	Плотность при 0° С и 760 мм рт. ст., кг/нм^3	Объем воздуха и продуктов сгорания при α = 1, нм^3/нм^3					Полный объем продуктов сгорания при α = $α_i$. $V_Г = V^o_Г + V^o K (α - 1)$, где К = 1,0161, нм^3/ нм^3
			V^o	V_{RO_2}	$V^o_{N_2}$	$V^o_{H_2Oo}$	$V^o_н$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Природные газы								
Саратов-Москва	8550	0,837	9,52	1,04	7,6	2,1	10,73	10,73 + 9,67 (α - 1)
Первомайск-Сторожовка	6760	0,952	7,51	0,82	6,24	1,64	8,7	8,7 + 7,63 (α - 1)
Саратов-Горький	8630	0,786	9,57	1,03	7,59	2,13	10,75	10,75 + 9,72 (α - 1)
Ставрополь-Москва:								
I нитка	8620	0,764	9,58	1,02	7,6	2,14	10,76	10,76 + 9,73 (α - 1)
II нитка	8730	0,772	9,68	1,04	7,67	2,16	10,86	10,86 + 9,84 (α - 1)
III нитка	8840	0,786	9,81	1,06	7,78	2,18	11,01	11,01 + 9,97 (α - 1)
Серпухов-Ленинград	8940	0,799	10	1,08	7,93	2,21	11,22	11,22 + 10,16 (α - 1)
Гоголево-Полтава	7400	0,789	8,26	0,87	6,66	1,86	9,39	9,39 + 8,39 (α - 1)
Дашава-Киев	8570	0,712	9,52	1	7,52	2,15	10,68	10,68 + 9,67 (α - 1)
Рудки-Минск-Вильнюс и Рудки-Самбор	8480	0,74	9,45	1	7,49	2,12	10,62	10,62 + 9,6 (α - 1)
Угерско-Старый, Угерско-Гнездичи, Киев, Угерско-Львов	8480	0,722	9,43	0,99	7,46	2,13	10,59	10,59 + 9,58 (α - 1)
Брянск-Москва	8910	0,776	9,91	1,06	7,84	2,2	11,11	11,11 + 10,07 (α - 1)
Шебелинка-Острогожск, Шебелинка-Днепропетровск, Шебелинка-Харьков	8910	0,781	9,96	1,07	7,88	2,21	11,16	11,16 + 10,12 (α - 1)
Шебелинка-Брянск-Москва	9045	0,776	9,98	1,07	7,9	2,22	11,19	11,19 + 10,14 (α - 1)
Кумертау-Ишимбай-Магнитогорск	8790	0,858	9,74	1,06	7,79	2,13	10,98	10,98 + 9,9 (α - 1)
Газли-Коган	8740	0,75	9,32	0,98	7,38	2,11	10,47	10,47 + 9,47 (α - 1)
Промысловск-Астрахань	8370	0,733	9,72	1,04	7,69	2,18	10,91	10,91 + 9,88 (α - 1)
Ходси-Абад-Фергана	9160	0,832	10,03	1,09	7,97	2,2	11,26	11,26 + 10,19 (α - 1)
Джаркак-Ташкент	8760	0,748	9,74	1,04	7,7	2,18	10,92	10,92 + 9,9 (α - 1)
Газли -Коган-Ташкент	8660	0,751	9,64	1,03	7,64	2,16	10,83	10,83 + 9,79 (α - 1)
Ставрополь-Невинномыск-Грозный	8510	0,728	9,47	1	7,49	2,14	10,63	10,63 + 9,62 (α - 1)
Карабулак-Грозный	10950	1,036	12,21	1,41	9,68	2,54	13,63	13,63 + 12,41 (α - 1)
Салушко-Лог-Волгоград	8390	0,741	9,32	0,98	7,39	2,1	10,48	10,48 + 9,47 (α - 1)
Коробки -Лог-Волгоград	8560	0,766	9,51	1,02	7,54	2,13	10,69	10,69 + 9,66 (α - 1)
Коробки-Жирное-Камыши	9900	0,901	10,95	1,22	8,68	2,35	12,25	12,25 + 11,13 (α - 1)
Карадаг-Тбилиси-Ереван	8860	0,766	9,85	1,05	7,79	2,19	11,04	11,04 + 10,01 (α - 1)
Бухара-Урал	8770	0,785	9,73	1,04	7,7	2,18	10,91	10,91 + 9,89 (α - 1)
Урицк-Сторожовка	8710	0,789	9,7	1,04	7,7	2,16	10,89	10,89 + 9,86 (α - 1)
Линево-Кологривовка-Вольск	8840	0,782	9,81	1,05	7,77	2,18	11,0	11,0 + 9,97 (α - 1)
Средная Азия-Центр	8970	0,776	9,91	1,07	7,84	2,21	11,11	11,11 + 10,07 (α - 1)
Игрим-Лунга-Серов-Нижний Тагил	8710	0,741	9,68	1,03	7,66	2,17	10,86	10,86 + 9,84 (α - 1)
Оренбург-Совхозное	9080	0,883	10,05	1,08	9,74	2,23	11,25	11,25 + 10,21 (α - 1),
Природный газ нефтяных месторождений								
Азнефть	8704	0,835	9,66	1,09	7,63	2,15	10,87	10,87 + 9,82 (α - 1)
Бугурусланнефть	9529	0,984	10,44	1,18	8,35	2,21	11,74	11,74 + 10,61 (α - 1)
Грознефть:								
Октябрьский р-н	15180	1,408	16,52	2,03	10,08	3,21	18,32	18,32 + 16,79 (α - 1)
Старый р-н	10493	0,902	11,67	1,3	9,22	2,49	13,01	13,01 + 11, 86 (α - 1)
Дагестаннефь	10600	0,998	11,63	1,34	9,23	2,44	13,01	13,01 + 11,82 (α - 1)

Газопровод	Теплота сгорания низшая сухая $Q^c_н$ ккал/нм^3	Плотность при 0° С и 760 мм рт. ст., кг/нм^3	Объем воздуха и продуктов сгорания при α = 1, нм^3/нм^3					Полный объем продуктов сгорания при $\alpha = \alpha_i$. $V_Г = V^o_Г + V^o K (\alpha - 1)$, где К = 1,0161, нм^3/ нм^3
			V^o	V_{RO_2}	$V^o_{N_2}$	$V^o_{H_2Oo}$	$V^o_н$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ишимбаево	12700	1,288	14,96	1,68	11,89	3,18	16,75	16,75 + 15,2 (α - 1)
Калининнефть	8477	0,936	9,57	1,09	7,61	3,43	12,13	12,13 + 9,72 (α - 1)
Майнефть:								
Сажевый завод	10580	1,036	11,71	1,36	9,31	2,44	13,11	13,11 + 11,9 (α - 1)
Широкая балка	9225	0,8	10,33	1,12	8,17	2,27	11,56	11,56 + 10,5 (α - 1)
Прикамнефть	8234	1,107	9,11	1,05	7,49	1,88	10,42	10,42 + 9, 26 (α - 1)
Туркменнефть:								
Небитдаг	9697	0,887	10,92	1,23	8,64	2,33	12,2	12,2 + 11,1 (α - 1)
Челекен	9010	0,812	10,17	1,11	8,07	2,21	11,39	11, 39 + 10, 33 (α - 1)
Эмбанефть	8536	0,82	9,46	1,04	7,44	2,07	10,55	10,55 + 9,61 (α - 1)

Приложение 4

Характеристика применяемых топок для различных котлов и видов топлива [1, 7, 10]

Тип		Коэффициент избытка воздуха в топке $\alpha_т$				Вид используемого топлива
топки	котла	Каменный уголь, антрацит	Каменный уголь	Бурый уголь	Газ, мазут	
С ручным обслуживанием простая колосниковая решетка q_3 = 2 - 3 %	Е-04/9ГН; Е-1-9-(ГН); «Универсал»; «Энергия»; КЧ; НР-18; КЧМ-2, 2У, 3; НРЧ; «Стрела»; «Стребела»; «Минск-1»; «Тула-3»; «Кировец»; ВНИИСТО Мг-2; «Тула-1»	1,4	1,3	-	-	Все виды угля, кроме бурого
Топка с пневмозабрасывателем и поворотными колосниками ПМЗ, РПК q_3 = 0,5 - 1 %	Е-04/9ГК; Е-1-9 (ГН); ДКВР	1,4 - 1,5	1,6 - 1,7	-	-	Кроме бурых углей и антрацита повышенной влажности
Топка с шурующей планкой ТШП q_3 = 2 - 3 %	Е-04/9ГН; Е-1-9(ГН); «Универсал»; «Энергия»; НР-18	-	-	1,4	-	Бурые угли
Топка с цепной решеткой q_3 = 0,1 - 0,15 %	КВ-100, 200М, 300М	-	1,5 - 1,6	-	-	Только антрациты
Топка с ПМЗ и ЦР прямого хода q_3 = 0,5 - 1 %; q_3 = 0,1 - 0,15 %	КВ-100, 200М, 300М; ДКВР; НРЧ; «Минск-1»; «Тула-3»; «Кировец»	1,3 - 1,4	-	-	-	Все виды угля, кроме антрацита
Топка с ПМЗ и ЦР обратного хода q_3 = 0,1 - 0,15 %	КВ-100, 200М, 300М; ДКВР	1,3 - 1,4	-	1,3 - 1,4	-	Все виды угля, кроме антрацита
Камерная топка q_3 = 0	ТМЗ; МЗК; КПА; Е-1-9М (Г); ЭК-100; НИИСТУ-У; АГВ; ТГВ; «Универсал»; ДЕ; КВГ; КВГМ; ПТВМ	-	-	-	1,05 - 1,2	Газ, мазут
Пылеугольная топка q_3 = 0,05 - 0,1 %	ТМЗ; МЗК; КПА; Е-1-9М (Г); ЭК-100; НИИСТУ-У; АГВ; ТГВ; «Универсал»; ДЕ; КВГ; КВГМ; ТГВМ; ПТВМ; КПА-500	1,1	1,1	-	-	Пылеугольное топливо

Приложение 5

Пересчет объемных концентраций газов и паров в весовые и наоборот (при 25 °С и 160 мм рт. ст.) [9]

Молекулярный вес	1 мг/м^3 = частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн. = мг/нм^3
1	2	3
1	24,45	0,041
2	12,25	0,082
3	8,15	0,123
4	6,113	0,164
5	4,69	0,204
6	4,075	0,245
7	3,493	0,286
8	3,056	0,327
9	2,717	0,368
10	2,445	0,409
11	2,223	0,45
12	2,038	0,491
13	1,881	0,532
14	1,746	0,573
15	1,63	0,614
16	1,528	0,654
17	1,438	0,695
18	1,368	0,736
19	1,287	0,777
20	1,223	0,818
21	1,164	0,859
22	1,11	0,9
23	1,063	0,941
24	1,019	0,982
25	0,978	1,022
26	0,94	1,063
27	0,906	1,104
28	0,873	1,145
29	0,843	1,86
30	0,815	1,227
31	0,789	1,268
32	0,764	1,309
33	0,741	1,35
34	0,719	1,391
35	0,699	1,432
36	0,679	1,472
37	0,661	1,513
38	0,643	1,554
39	0,627	1,595
40	0,611	1,636
41	0,596	1,677
42	0,582	1,718
43	0,569	1,759
44	0,556	1,8
45	0,543	1,84
46	0,532	1,881
47	0,52	1,922
48	0,509	1,963
49	0,499	2,04
50	0,489	2,045
51	0,479	2,086
52	0,47	2,1277
53	0,461	2,168
54	0,453	2,209
55	0,445	2,25
56	0,437	2,29

Молекулярный вес	1 мг/м^3 = частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн. = мг/нм^3
1	2	3
57	0,429	2,331
58	0,422	2,372
59	0,414	2,413
60	0,408	2,454
61	0,401	2,495
62	0,394	2,54
63	0,308	2,58
64	0,382	2,62
65	0,376	2,66
66	0,37	2,7
67	0,365	2,74
68	0,36	2,78
69	0,354	2,82
70	0,349	2,86
71	0,344	2,9
72	0,34	2,94
73	0,335	2,99
74	0,33	3,03
75	0,326	3,07
76	0,322	3,11
77	0,318	3,15
78	0,313	3,19
79	0,309	3,23
80	0,306	3,27
81	0,302	3,31
82	0,298	3,35
83	0,295	3,39
84	0,291	3,44
85	0,288	3,48
86	0,284	3,52
87	0,281	3,56
88	0,278	3,6
89	0,275	3,64
90	0,272	3,63
91	0,269	3,72
92	0,266	3,76
93	0,263	3,8
94	0,26	3,84
95	0,257	3,89
96	0,255	3,93
97	0,252	3,97
98	0,2495	4,01
99	0,247	4,05
100	0,2445	4,09
101	0,2421	4,13
102	0,2397	4,17
103	0,2374	4,21
104	0,2351	4,25
105	0,2329	4,29
106	0,2307	4,34
107	0,2285	4,38
108	0,2264	4,42
109	0,2243	4,46
110	0,223	4,5
111	0,2203	4,54
112	0,2183	4,58
113	0,2164	4,62
114	0,2145	4,66
115	0,2126	4,7
116	0,2108	7,74
117	0,209	4,79

Молекулярный вес	1 мг/м^3 = частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн. = мг/нм^3
1	2	3
118	0,2072	4,83
119	0,2055	4,87
120	0,2038	4,91
121	0,2021	4,95
122	0,2004	4,99
123	0,1988	6,03
124	0,1972	5,07
125	0,1956	5,11
126	0,194	5,16
127	0,1925	5,19
128	0,191	5,24
129	0,1895	5,28
130	0,1881	5,32
131	0,1866	5,36
132	0,1852	5,4
133	0,1838	5,44
134	0,1825	5,48
135	0,1811	5,52
136	0,1798	5,56
137	0,1785	5,6
138	0,1772	5,64
139	0,1759	5,69
140	0,1746	5,73
141	0,1734	5,77
142	0,1722	5,81
143	0,17	5,85
144	0,1698	5,89
145	0,1686	5,93
146	0,1675	5,97
147	0,1663	6,01
148	0,1652	6,05
149	0,1641	6,09
150	0,163	6,13
151	0,1619	6,18
152	0,1609	6,22
153	0,1598	6,26
154	0,1588	6,3
155	0,1577	6,34
156	0,1567	6,38
157	0,1557	6,42
158	0,1547	6,46
159	0,1537	6,5
160	0,1528	6,54
161	0,1519	6,58
162	0,1509	6,63
163	0,15	6,67
164	0,1491	6,71
165	0,1482	6,75
166	0,1473	6,79
167	0,1464	6,83
168	0,1455	6,87
169	0,1447	6,91
170	0,1438	6,95
171	0,143	6,99
172	0,1422	7,03
173	0,1413	7,08
174	0,1405	7,12
175	0,1397	7,16
176	0,1389	7,2
177	0,1381	7,24
178	0,1374	7,28

Молекулярный вес	1 мг/м^3 = частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн. = мг/нм^3
1	2	3
179	0,1366	7,32
180	0,1358	7,36
181	0,1351	7,4
182	0,1343	7,44
183	0,1336	7,48
184	0,1329	7,53
185	0,1322	7,57
186	0,1315	7,61
187	0,1308	7,65
188	0,1301	7,69
189	0,1294	7,73
190	0,1287	7,77
191	0,128	7,81
192	0,1273	7,85
193	0,1267	7,89
194	0,126	7,93
195	0,1254	7,98
196	0,1247	8,02
197	0,1241	8,06
198	0,1235	8,01
199	0,1229	8,14
200	0,1223	8,18
201	0,1216	8,22
202	0,121	8,26
203	0,1204	8,3
204	0,1199	8,34
205	0,1193	8,38
206	0,1187	8,43
207	0,1181	8,47
208	0,1175	8,51
209	0,117	8,55
210	0,1164	8,59
211	0,1159	8,63
212	0,1153	8,67
213	0,1148	8,71
214	0,1143	8,75
215	0,1137	8,79
216	0,1132	8,83
217	0,1127	8,88
218	0,1122	8,92
219	0,1116	8,96
220	0,1111	9
221	0,1106	9,04
222	0,1101	9,08
223	0,1096	9,12
224	0,1092	9,16
225	0,1087	9,2
226	0,1082	9,24
227	0,1077	9,28
228	0,1072	9,33
229	0,1068	9,37
230	0,1063	9,41
231	0,1058	9,45
232	0,1054	9,49
233	0,1049	9,43
234	0,1045	9,57
235	0,104	9,61
236	0,1036	9,65
237	0,1032	9,69
238	0,1027	9,73
239	0,1023	9,78

Молекулярный вес	1 мг/м^3 = частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн. = мг/нм^3
1	2	3
240	0,1019	9,82
241	0,1015	9,86
242	0,101	9,9
243	0,1006	9,94
244	0,1002	9,98
245	0,0998	10,02
246	0,0994	10,06
247	0,099	10,1
248	0,0986	10,14
249	0,0982	10,18
250	0,0978	10,22
251	0,0974	10,27
252	0,097	10,31
253	0,0966	10,35
254	0,0963	10,39
255	0,0959	10,43
256	0,0955	10,47
257	0,0951	10,51
258	0,0948	10,55
259	0,0944	10,59
260	0,094	10,63
261	0,0937	10,67
262	0,0933	10,72
263	0,093	10,76
264	0,0926	10,8

Пример пользования таблицей прил. 5. Сернистого ангидрида SO_2 в помещении имеется 25 объемных частей на 1 млн. объемных частей воздуха*, т.е. 25 мл/м^3 воздуха.

Молекулярный вес $\mu_{SO_2} = 32 + 2 \times 16 = 64$ ед. Определить, какова концентрация газа в мг/м^3. В гр. 1 таблицы находим цифру 64. На той же строчке в гр. 3 читаем, что при таком молекулярном весе 1 часть на 1 млн. соответствует 2,62 мг/м^3. Следовательно, интересующая нас концентрация составляет: $2,62 \times 25 = 65,5$ мг/м^3. Также производится и обратный пересчет концентрации в мг/м^3 в объемные концентрации, только при этом приходится пользоваться цифрами, приведенными в гр. 2.

* В литературе объемная часть вещества на миллион объемных частей воздуха часто обозначается PPT.

Например, концентрация сернистого ангидрида в воздухе помещений составляет 5 мг/м^3. Определить, какова объемная концентрация. Молекулярный вес μ_{SO_2} составляет 64. Находим в гр. 1 таблицы цифру 64 и на той же строчке в гр. 2 читаем, что 1 мг/м^3 соответствует 0,382 частей на 1 млн. Следовательно, интересующая нас концентрация составляет: $5 \times 0,382 = 2,91$ часть на 1 млн. По этой же таблице производится пересчет концентраций, выраженных в объемных процентах в концентрации, выраженных в мг/м^3 и наоборот (1 часть на 1 млн. равняется 0,0001 объемн. %; 1 объемн. % равен 10000 частей на 1 млн.).

Пример: концентрация составляет 0,0025 объемн. %. Определить, какова концентрация газа в мг/м^3. Зная, что 1 объемн. % равен 10000 частей на 1 млн., находим, что 0,0025 объемн. % составит 25 частей на 1 млн. А затем по молекулярному весу и по таблице определяем концентрацию газа в мг/м^3. Молекулярный вес μ_{SO_2} составляет 64 ед. В гр. 1 таблицы находим цифру 64, а в гр. 3 значение 1 части на 1 млн. = 2,62 мг/м^3, следовательно, концентрация газа составит:

$$2,62 \times 25 = 65,5 \text{ мг/м}^3.$$

Общая формула для пересчета мг/м^3 в объемные %:

$$1 \text{ мг/м}^3 = 0{,}001 \text{ мг/л} = \frac{0{,}006236T}{\mu P} \text{ объемн. \%},$$

где Т - абсолютная температура, К;

μ - молекулярный вес;

Р - абсолютное давление, мм рт. ст.

Формула для пересчета объемных % в мг/м^3:

$$1 \text{ объемн. \%} = \mu P/0{,}006236\ T \text{ мг/м}^3.$$

Общая формула для пересчета мг/м^3 в части на 1 млн. частей воздуха:

$$1 \text{ мг/м}^3 = 62{,}36\ T/\mu P \text{ частей на 1 млн.};$$

$$1 \text{ часть на 1 млн.} = \mu P/62{,}36\ T \text{ мг/м}^3.$$

Например, в отходящих газах концентрации CO - 100 частей на 1 млн., температура газов 50 °С, давление 746 мм рт. ст. Определить концентрацию CO:

$$C_{CO} = \frac{28 \times 745 \times 100}{62{,}36 \times (273 + 50)} = 103{,}56 \text{ мг/м}^3.$$

Приложение 6

Характеристика физико-технических показателей котлов различных типов и производительностей, а также выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от них при сжигании различного вида топлива, используемого в Московской области

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов T, °C	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу M, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах C, мг/$м^3$											
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Е-04/9ГН	0,256	58	КУ	5700	75	10,56	260	0,43	0,18	0,083	193	1,36	3175	0,81	2895	0,24-0,47	550-1100	-	-
		60	А	6030	50	10,34	260	0,28	0,08	0,057	203,5	1,32	1708	0,4	923	1-1,64	2340-3810	-	-
ТМЗ-0,4-9	0,256	86	Г	8620	35	12,7	260	0,24	0,08	0,028	115	0,025	106	-	-	-	-	-	-
			М	9620	31	13,6	260	0,23	0,08	0,028	126	0,033	144	0,4	747	0,005-0,01	21-42	0,001-0,002	4,2-8,3
МЗК-8АГ	0,256	86	Г	8620	35	12,7	260	0,237	0,08	0,028	116	0,025	108	-	-	-	-	-	-
КПА-5001	0,256	80	Г	8620	37,1	12,7	260	0,26	0,08	0,003	114	0,021	105	-	-	-	-	-	-
ТМЗ-Л18	0,64	86	Г	8620	86,3	12,7	260	0,6	0,08	0,075	125	0,064	106	-	-	-	-	-	-
Е-1-9ГН	0,64	58	КУ	5700	187	10,56	260	1,1	0,195	0,157	142	3,41	3103	0,96	873	2,5-4,1	2520-4100	-	-
			А	6030	177	10,34	260	1	0,11	0,088	88	-	-	-	-	-	594-660	-	-
МЗК-7АГ-1	0,64	86	Г	8620	86,3	12,7	260	0,6	0,087	0,075	125	0,064	106	-	-	-	-	-	-
Е-1-9	0,64	60	КУ	5700	158,1	10,56	260	0,9	0,195	0,19	210	2,9	3200	0,84	930	2,13-3,5	2360-3856	-	-
Е-1-9М	0,64	82	М	9620	81,1	13,6	260	0,6	0,08	0,07	120	0,09	144	0,8	956	0,01-0,03	19,5-55	0,002-0,007	4-11
Е-1-9Г	0,64	86	Г	8620	86,3	12,7	260	0,6	0,08	0,07	115	0,06	106	-	-	-	-	-	-
			М	9620	77,4	13,6	260	0,57	0,08	0,07	121	0,08	145	0,76	1331	0,01-0,04	20-55	0,002-0,007	4-11
КВ-100	0,115	80	М	8620	14,94	13,6	260	0,11	0,08	0,013	121	0,016	145	0,15	1332	0,002-0,006	20-55	0,0004-0,001	4-11

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов T, °C	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу M, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах C, мг/$м^3$											
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	0,064	76	КУ	5700	14	10,56	260	0,08	0,15	0,013	162	0,256	3200	0,26	3200	0,19-0,3	2360-3850	-	-
КВ-200М	0,2	80	М	9620	26	13,6	260	0,19	0,085	0,023	122	0,028	146	0,03	146	0,003-0,01	20-55	0,0006-0,002	4-11
	0,128	76	КУ	5700	28	10,56	260	0,16	0,165	0,03	178	0,51	3200	0,51	3200	0,32-0,62	2360-3850	-	-
КВ-300М	0,288	80	М	9620	37,42	13,6	260	0,28	0,08	0,035	126	0,04	143	0,04	143	0,005-0,021	19-55	0,001-0,003	4-11
	0,192	76	КУ	5700	42	10,56	260	0,24	0,17	0,044	184	0,71	3200	0,71	3200	0,57-0,92	2360-3850	-	-
	0,236	80	М	9620	33,26	13,6	260	0,25	0,08	0,03	118	0,035	142	0,035	142	0,005-0,013	19-55	0,001-0,003	4-11
ДКВР-2/8	1,28	80	Г	8620	185,6	12,7	260	1,28	0,09	0,167	130	0,14	107	-	-	-	-	-	-
			М	9620	166,3	13,6	260	1,23	0,09	0,167	136	0,18	144	1,63	1327	0,024-0,06	19-55	0,005-0,012	4-11
ДКВР-2,5/13	1,6	90	Г	8620	204,4	12,7	260	1,41	0,09	0,185	131	0,15	108	-	-	-	-	-	-
		89,6	М	9620	185,6	13,6	260	1,37	0,09	0,186	136	0,2	145	1,82	1329	0,027-0,075	19-55	0,005-0,016	4-11
ДКВР-4/13	2,56	90,8	Г	8620	327	12,7	260	2,55	0,09	0,3	118	0,24	95	-	-	-	-	-	-
		89,6	М	9620	297	13,6	260	2,2	0,092	0,3	138	0,32	144	2,91	1325	0,07-0,125	19-55	0,008-0,012	4-11
ДКВР-6,5/13	4,16	91,8	Г	8620	525,7	12,7	260	3,62	0,095	0,5	138	0,39	107	-	-	-	-	-	-
		89,6	М	9620	483,2	13,6	260	3,57	0,095	0,51	143	0,51	144	4,74	1326	0,07-0,2	19-55	0,0014-0,04	4-11
ДКВР-10/13	6,4	91,8	Г	8620	808,8	12,7	260	5,56	0,098	0,79	142	0,6	107	-	-	-	-	-	-
		89,5	М	9620	744,1	13,6	260	5,5	0,098	0,81	147	0,79	144	7,29	1326	0,11-0,3	19-55	0,02-0,03	4-11
ДКВР-20/13	12,8	90,6	Г	8620	1639	12,7	260	11,3	0,1	1,635	145	1,21	107	-	-	-	-	-	-
		90	М	9620	1478,4	13,6	260	10,93	0,1	1,645	150	1,22	111	14,5	1327	0,21-0,6	19-55	0,01-0,03	4-11

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов T, °C	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу M, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах C, мг/$м^3$											
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ДЕ-6,5-14ГМ	5,24	91,15	Г	8620	667	12,7	162	3,75	0,097	0,8	180	0,604	136	-	-	-	-	-	-
(Е-6; 5-14ГМ)	4,5	89,84	М	9620	443	13,6	195	3,8	0,097	0,562	148	0,55	146	5,1	1344	0,075-0,2	20-55	0,015-0,04	4-11
ДЕ-10-14ГМ	8,15	92,1	Г	8620	751	12,7	146	3,89	0,098	1	257	0,758	195	-	-	-	-	-	-
(Е-10-24ГМ)	7	90,49	М	9620	673	13,6	174	4,17	0,098	0,873	209	0,854	205	7,85	1882	0,11-0,32	21-77	0,02-0,06	4-11
ДЕ-16-14ГМ	11,63	91,92	Г	8620	1167,8	12,7	147	8	0,1	1,46	183	1,08	135	-	-	-	-	-	-
(Е-16-14ГМ)	10	90,89	М	9620	1087	13,6	173	6,73	0,1	1,27	189	1,22	181	11,2	1667	0,165-0,46	30-70	0,03-0,09	4-11
КВГ-6,5	6,5	92,2	Г	8620	822,6	12,7	146	4,45	0,098	0,8	180	0,6	136	-	-	-	-	-	-
КВГ-14	14	89	Г	8620	1445,5	12,7	150	7,9	0,098	1,78	226	1,35	126,5	-	-	-	-	-	-
КВГМ-10	10	92	Г	8620	1260	12,7	145	6,8	0,1	1,26	185	0,93	137	-	-	-	-	-	-
		88	М	9620	1220	13,6	230	12,7	0,1	1,31	104	1,26	99,3	11,6	923	0,17-0,48	13-38	0,03-0,1	4-11
КВГМ-20	20	89	Г	8620	2520	12,7	155	13,9	0,103	2,7	193	1,92	138						
		87	М	9620	2450	13,6	242	27,4	0,103	2,74	100	2,55	93	23,45	856	0,35-0,96	13-35	0,07-0,2	4-11
КВГМ-30	30	89	Г	8620	3860	12,7	160	21,6	0,105	4,1	190	2,9	134	-	-	-	-	-	-
		87	М	9620	3680	13,6	250	24,4	0,105	4,2	100	3,83	90	35,17	830	0,52-1,45	21-60	0,1-3,3	4-11
КВГМ-50	50	92,5	Г	8620	6260	12,7	180	22,1	0,11	6,7	311	4,63	210	-	-	-	-	-	-
		91,1	М	9620	5750	13,6	190	38,65	0,11	7	181	6,09	158	56	1448	0,82-2,3	21-60	0,16-0,46	4-11
ТГВМ-30	30	89,9	Г	8620	1170	12,7	190	25	0,105	4,05	162	2,86	114	-	-	-	-	-	-
		88,1	М	9620	3700	13,6	237	26,2	0,105	4,14	158	3,78	144	34,7	1326	0,5-1,43	20-57	0,1-0,28	4-11
ПТВМ-30	40	90,1	Г	8620	5200	12,7	162	29,2	0,107	4,81	165	3,33	114	-	-	-	-	-	-
	35	87,9	М	9620	4355	13,6	250	31,6	0,107	4,93	156	4,12	140	40,6	1285	0,6-1,67	19-53	0,12-0,34	4-11
ПТВМ-50	80	89,6	Г	8620	6720	12,7	180	39,3	0,11	7,1	181	4,18	122	-	-	-	-	-	-

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3/кг$ ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов T, °C	Объем уходящих газов V, $м^3/с$	Количество выбросов в атмосферу M, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах C, $мг/м^3$											
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, $мг/м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, $мг/м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, $мг/м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, $мг/м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, $мг/м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		87,8	М	9620	6340	13,6	190	40,7	0,11	7,25	178	6,32	155	58,1	1426	0,85-9,4	21-60	0,17-0,47	4-11
ТГВ-4р	4,3	90,5	Г	8620	551,2	12,7	220	3,22	0,095	0,52	132	0,41	126	-	-	-	-	-	-
		92,5	М	9620	483,2	13,6	220	3,02	0,095	0,51	169	0,32	171	4,74	1570	0,07-0,2	23-65	0,014-0,04	4-11
ТГВ-8	8,3	91,5	Г	8620	1052,3	12,7	225	6,16	0,092	0,97	157	0,78	126	-	-	-	-	-	-
	10	93,5	М	9620	1111,3	13,6	225	7,16	0,092	1,1	100	1,1	170	10,9	1565	0,16-0,45	23-65	0,032-0,09	4-11
НР-18	0,32-0,64	60	А	6030	58,3-114,4	10,34	170	0,11-0,23	0,11	0,05	436	1,46-2,92	124,5	0,41-0,82	5125	0,25-0,51	2122-4270	0,5-1	4240-8260
	0,3-0,58	55	БУ	2940	68,4-134,3	5,7	170	0,18-0,34	0,17	0,07-0,15	430	1,34-2,6	7550	0,8-1,6	6560	2,01-3,26	11200-118	0,04-6,52	22400-23600
Б-1,2	0,2-0,46	70	А	6030	47,3-97,2	10,34	170	0,2-0,25	0,1	0,03-0,08	222	0,91-2,1	6480	0,26-0,52	1925	0,16-0,32	800-1590	0,3-0,64	1600-3180
	0,2-0,46	65	БУ	2940	109	5,7	170	0,5-0,6	0,16	0,05-0,12	95	0,9-2,1	2600	0,52-1,04	1575	1,94-2,17	2690-4310	0,68-1,3	5400-8620
«Универсал»	0,09-0,25	60	А	6030	25-69	10,34	200	0,12-0,32	0,09	0,01-0,05	130	0,48-1,33	4100	0,135-0,27	1687	0,08-0,17	700-1387	0,27-0,54	1960-3880
«Универсал-3»	0,16-0,42	65	А	6030	45,3-116	10,34	200	0,21-0,34	0,09-0,095	0,03-0,07	128	0,85-2,24	4100	0,24-0,48	1113-2286	0,15-0,3	707-1409	0,39-0,79	-
	0,13-0,32	60	БУ	2940	73,7-181,4	5,7	200	0,19-0,47	0,145-0,165	0,03-0,09	186	0,68-1,6	3560	0,4-0,8	2100-4200	1-1,63	5314-8600	2,5-4	13100-21160
«Универсал-4»	0,19-0,5	68,2	А	6030	52,5-138,2	10,34	200	0,25-0,65	0,09-0,105	0,03-0,09	144	1,07-2,67	4070	0,28-0,56	1140-2280	0,18-0,35	706-1000	0,47-0,52	1856-3100
	0,17-0,41	60	БУ	2940	96,4-849,4	5,7	200	0,24-0,67	0,15-0,17	0,04-0,13	191	0,88-2,3	3544	0,52-1,04	2085-4170	0,33-2,15	5326-8613	3,56-5,6	3900-22650
«Универсал-5»	0,18-0,51	75	А	6030	50-141	10,34	200	0,2-0,6	0,09-0,108	0,03-0,1	135	0,96-2,76	4030	0,27-0,54	1125-2250	0,17-0,33	696-1387	0,48-0,93	1856-3900
		85	Г	8620	35-98,6	12,7	200	0,2-0,6	0,08-0,085	0,02-0,07	117	0,03-0,07	125	-	-	-	-	-	-

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов T, °C	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу M, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах C, мг/$м^3$										
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	0,15-0,43	70	КУ	5700	43-127	10,56	200	0,2-0,6	0,168-0,188	0,04-0,15	235	0,8-2,27	3900	0,23-0,46	1162-2324	0,59-0,96	2950-4812	1,7-2,8	8500-14000
	0,1-0,3	60	БУ	2940	56,7-170	5,7	200	0,15-0,45	0,15-0,17	0,026-0,09	189	0,52-1,6	3475	0,31-0,62	2044-4088	0,78-1,27	5230-8440	2,3-3,8	5700-25304
	0,17-0,47	90	М	9620	28,6-81,5	13,7	200	0,18-0,5	0,08	0,03-0,07	145	0,031-0,08	175	0,29	1605	0,16-0,31	877-1747	0,44-0,86	2400-4800
«Универсал-5М»	0,22-0,62	70	Агр	6030	54,5-153,2	10,34	200	0,24-0,66	0,095	0,03-0,09	142	1,05-2,96	4480	0,3-0,6	1230-2460	0,18-0,36	762-1519	0,5-1	2147-3010
	0,17-0,5	60	Аряд	5800	43,7-127,6	9,39	200	0,21-0,61	0,095	0,03-0,08	125	0,81-2,4	3900	0,23-0,46	1087-2175	0,14-0,28	673-1341	0,4-0,56	2000-3950
	0,1-0,28	65	КУгр	5700	28,2-78,9	10,56	200	0,14-0,38	0,155	0,02	177	0,47-1,3	3400	0,14-0,28	990-1980	0,35-0,57	2520-4100	0,6-1,6	7000-11400
«Универсал-6»	0,28-0,65	70	Агр	6030	69,8-161	10,34	200	0,34-0,8	0,1-0,11	0,04-0,11	140	1,34-3,1	3900	0,38-0,75	1106-2212	0,23-0,46 0,53-1,1	685-1365 1590-3200	-	-
	0,22-0,51	60	Аряд	5800	36-88	9,39	200	0,18-0,41	0,095	0,03-0,08	190	1,05-2,43	5900	0,3-0,6	1642-3284	0,18-0,36 0,42-0,54	1012-2025 3350-7700	-	-
	0,14-0,33	60	КУряд	5700	39-89	10,56	200	0,2-0,46	0,165	0,04-0,09	190	0,67-1,58	3350	0,19-0,38	972-1844	0,5-0,8 1,2-1,9	2466-4022 5800-9250	-	-
«Универсал-6» с механической топкой	0,69	77	КУгр	5700	169,1	10,56	150	0,7	0,195	0,19	295	2,87	3700	0,83-1,66	1082-2164	2,11-5,82 2,11-5,82	2746-4480 2746-4480	-	-
«Универсал-6М»	0,34-0,59	70	Агр	6030	165,8-286	10,34	170	0,77-1,33	0,1	0,05-0,1	71	1,62-2,82	2110	0,48-0,80	593-1186	0,28-0,56	362-732	-	-

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов T, °C	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу M, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах C, мг/$м^3$										
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
«Универсал-6 М»	0,27-0,46	60	Аряд	5800	134-331	9,39	170	0,57-0,98	0,1	0,04-0,16	120	1,29-2,2	2250	0,36-0,72	636-1277	0,49-0,98 0,22-0,44	637-1274 3900-7900	-	-
	0,19-0,23	60	КУряд	5700	79-149,4	10,56	170	0,38-0,71	0,17	0,05-0,06	113	0,89-1,1	2330	0,26-0,59	694-1388	0,38-0,76 0,67-1,09	6640-12300 1700-2870	-	-
	0,17-0,29	65	КУгр	5700	44,5-75,9	10,56	170	0,21-0,35	0,17	0,06-0,08	230	0,79-1,35	3780	0,24-0,48	1124-2248	0,8-1,23 0,6-0,97 1-1,7	2040-3400 2850-4650 4860-8000	-	-
	0,34-0,59	85	Г	8620	50,3-81,3	12,7	170	0,24-0,66	0,08	0,03-0,09	142	0,03-0,082	125	-	-	-	-	-	-
«Энергия-3»	0,37-0,74	70	А	6030	102	10,3	190	0,5-0,96	0,1-0,11	0,07	133	1,97-3,95	4000	-	-	0,34-0,88 0,68-1,36	687-1369 1380-2740	-	-
		85	Г	8620	71,6-143	12,7	190	0,43-0,86	0,082	0,06	117	0,05-0,11	108	-	-	-	-	-	-
		82	М	9620	38,46-77	13,6	190	0,25-0,5	0,086	0,06	140	0,07	140	0,63-1,26	2500-5000	-	-	-	-
	0,26-0,52	65	КУ	5700	70-152	10,56	190	0,4-0,83	0,18-0,19	0,084	215	1,35	3384	0,4-0,8	1000-2000	1,02-1,67 2-3,34	2560-4170 5120-8340	-	-
	0,3-0,59	60	БУ	2940	170-340	5,7	190	0,39-0,8	0,15-0,18	0,09-0,18	225	1,6	4017	0,5-1	1100-2200	2,35-3,8	6025-9740	-	-

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов T, °C	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу M, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах C, мг/$м^3$										
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
«Энергия-3М»	0,3-0,6	65	КУгр	5800	70,9-111,7	10,56	190	0,35-0,7	0,18-0,19	0,09-0,11	235	1,29	3680	0,38-0,76	1092-2184	4,7-7,6 0,97-1,58 1,94-3,2	12050-19480 2770-4520 5540-9040	-	-
	0,25-0,51	60	КУряд	5700	62,7-125,5	10,34	190	0,31-0,61	0,18-0,19	0,07	220	1,12	3610	0,38-0,56	1070-21400	0,84-1,37 1,68-2,74	2780-4435 5840-8870	-	-
«Энергия-5»	0,6-0,105	70	А	6030	162-283,4	10,34	190	0,79-1,38	0,09-0,12	0,09-0,21	130	2,95	3740	0,83-1,66	1050-2100	0,5-1 1-2	650-1297 1300-2590	-	-
	0,72-1,26	85	Г	8620	128,5-224	12,7	190	0,77-1,35	0,088	0,11-0,2	117	0,095	123	-	-	-	-	-	-
	0,54-0,94	60	БУ	2940	282,5-492	5,7	190	0,76-1,32	0,17-0,19	0,15	200	2,6	3426	1,53-3,06	2011-4026	3,9-6,31 5,86-10	5140-8310 10300-15000	-	-
	0,73-1,26	82	М	9620	115	13,6	190	0,76-1,32	0,088	0,11-0,2	146	0,02	100	-	-	0,017-0,05 0,03-0,9	21,6-57,5 100	0,003-0,01	3,5-7,6
«Энергия-6»	0,33-0,63	70	А	6030	91-179	10,56	190	0,45-0,85	0,1-0,11	0,06	132	1,16	3911	0,5-1	1100-2200	0,3-0,6 0,57-1,14	681-1357 1300-2600	-	-
		85	Г	8620	142-267	12,7	190	0,38-0,71	0,08-0,09	0,05	116	0,047	105	-	-	-	-	-	-

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов T, °C	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу M, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах C, мг/$м^3$											
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		65	КУ	5700		10,56	190	0,35-0,65	0,18-0,19	0,06	132	1,79	3920	0,5-1	1100-3200	0,3-0,6 0,57-1,14	680-1350 1300-2600	-	-
	0,25-0,44	60	БУ	2940	142-267	5,7	190	0,38-0,71	0,14-0,165	0,07	186	1,305	3436	0,77-1,54	2020-1040	1,3-2,12 2,3-3,7	2884-4705 5100-8280		
	0,31-0,58	82	М	9620	53,7-100	13,6	190	0,35-0,65	0,08-0,09	0,05	140	0,057	164	0,53	1500	1,96-3,17 3,67-5,94	5133-8300 9600-15500	0,002-0,004	3,71-3
КЧ-1	0,14-0,23	70	А	6030	35,7	10,34	190	0,17-0,28	0,09	0,02-0,03	123	0,7	4000	0,19-0,38	1140-2280	0,12-0,23 0,02-0,04	706-1412 704-1408	-	-
		65	КУ	5700	37,8	10,56	190	0,19-0,31	0,165	0,06-0,1	304	0,69	3600	0,2-0,4	1052-2100	0,51-0,8 0,84-1,37	2680-4210 2700-4400	-	-
		82	М	9620	22,4	13,6	190	0,14-0,23	0,05	0,02-0,035	154	0,024	171	0,22-0,44	1564-3540	0,007-0,009 0,05-0,015	23-50 35-10	0,0006-0,093	5-20
	0,11-0,29	60	БУ	2940	57,6-151,7	5,7	190	0,15-0,41	0,142-0,165	0,025-0,078	190	0,53-1,1	3535	0,31-0,62	2076-4150	0,75-1,28 2-3,2	5260-8560 4880-7890		
КЧМ-2	0,012-0,045	76	Г	8620	1,83-6,9	12,7	200	0,01-0,04	0,05	0,001-0,003	85	0,001	100	-	-	-	-	-	-

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов Т, °С	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу М, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах С, мг/$м^3$											
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		72	М	9620	1,84-6,15	13,6	200	0,071	0,05	0,001-0,003	51	0,0017	159	0,016-0,03	1464-2920	0,0002-0,0006 0,0006-0,0008	21 54-60	0,00005	4-30
		70	А	6030	2,6-9,8	10,34	200	0,015-0,41	0,05	0,081-0,003	40	0,05-0,17	3370	0,014-0,02	947-1900	0,009-0,018 0,027-0,036	586-1130 656-1900	-	-
		70	КУ	5700	2,02-9,82	10,56	200	0,011-0,04	0,115	0,0018	163	0,05-0,17	4543	0,015-0,03	1330-2660	0,037-0,06 0,4-0,23	3380-5450 3500	-	-
КЧМ-2М	0,14-0,05	76	Г	8620	2,14-7,63	12,7	200	0,013-0,04	0,05	0,001-0,003	82	0,0016-0,005	121	-	-	-	-	-	-
		72	М	9620	1,91-6,85	13,6	200	0,012-0,04	0,05	0,001-0,003	83	0,002-0,006	170	0,019-0,03	1565-3130	0,0003-0,0009 0,001-0,003	20 25-75	0,0006	4-13
КЧМ-2У	0,02-0,06	70	КУ	5700	4,5-13,5	10,56	200	0,022-0,07	0,115	0,003-0,01	145	0,08-0,24	3730	0,024-0,04	1083-2170	0,06-0,1 0,2-0,32	2700-4480 4570	-	-
КЧМ-3	0,014-0,05	70	КУ	5700	3,2	10,56	200	0,016-0,05	0,115	0,002-0,006	125	0,06-0,2	3636	0,016-0,03	1023-2046	0,04-0,07 1,45-2,33	2680-4375 2860-4660	-	-
КЧМ-3М	0,014-0,06	76	Г	8620	2,1	12,7	200	0,012-0,0	0,05	0,001-	83	0,0016	133	-	-	-	-	-	-

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов Т, °С	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу М, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах С, мг/$м^3$										
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
			М	9620	1,89	13,6	200	2 0,012-0,05	0,05	0,003 0,001-0,003	83	-0,006 0,002-0,008	168	0,018-0,03	1545-3090	0,0003-0,0009 0,001-0,003	20 20-60	0,0006	4-12
«Факел»	0,86	85	Г	8620	109,6	12,7	200	0,67	0,088	0,1	144	0,08	92	-	-	-	-	-	-
ГОСТ 7252-54	0,1-0,42	70	А	6030	23,69	10,34	250	0,13-0,55	0,09	0,013-0,06	107	0,46-1,9	3490	0,13-0,26	989-2000	0,08-0,16 0,34-0,68	612-1224 610-1220	-	-
НРЧ	0,3-0,52	65	А	6030	71-124,4	10,34	250	0,39-0,68	0,1	0,04-0,07	115	1,37-2,38	3495	0,39-0,78	1000-2000	0,24-0,48 0,42-0,87	612-1224 612-1224	-	-
		60	КУ	5700	62,35	10,56	250	0,35-0,61	0,18-0,19	0,07-0,08	124	1,37-2,38	3915	0,4-0,8	1140-2280	1-1,65 1,73-2,86	2800-1710 2800-4670	-	-
	0,11-0,17	55	КУ	2940	53,4-82,6	5,7	250	0,16-0,25	0,15-0,18	0,025-0,05	156	0,49-0,84	3350	0,3-0,6	1600-3600	0,75-1,2 1,13-1,85	4580-7450 4000-7480	-	-
«Стрела»	0,11-0,17	65	А	6030	26,1-40,3	10,34	250	0,14-0,22	0,09	0,015	107	0,59-1	4530	0,16-0,32	1180-2360	1-2 1,7-3,4	729-1960 770-1540	-	-
«Стребела»	0,08-0,13	65	А	6030	20,4-33	10,34	250	0,11-0,16	0,09	0,01-0,016	100	0,39-0,42	3580	0,11-0,22	1000-2000	0,07-0,14 0,11-0,	623-1246 1000-2	-	-

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов Т, °С	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу М, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах С, мг/$м^3$										
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
«Минск-1»	0,46-0,69	70	Агр	6030	122,2-216,4	10,3	250	0,62-1,19	0,095	0,07-0,13	113	2,16-9,2	3520	0,01-1,22	980-1960	22 0,38-0,76 0,73-1,46	000 607-1214 613-1226	-	-
«Минск-1»	0,23-0,44	65	Аряд	5800	38,3	9,39	250	0,29-0,56	0,1	0,04-0,08	126	1,08-2,1	3720	0,3-0,6	1030-2060	0,19-0,38 0,37-0,73	607-1214 613-1214	-	-
	0,19-0,37	60	КУряд	5700	48,2-93,7	10,56	250	0,27-0,5	0,17-0,18	0,05-0,1	190	0,89-1,74	3470	0,26-0,52	962-1920	0,66-1,1 1,28-2,2	2800-5150 2570-5140	-	-
ЭК-100	0,086	60	Г	8620	10,63	12,7	250	0,11	0,08	0,013	121	0,012	112	-	-	-	-	-	-
«Тула - 3»	0,47-0,82	70	Агр	6030	115,5-201,5	10,34	250	0,03-1,15	0,1	0,075-0,14	119	0,7-1,4	1110	0,63-1,26	1000-2000	0,39-0,78 0,73-1,48	315-1230 646-1290	-	-
	0,28-0,53	65	КУгр	5700	72,8-137,8	10,56	250	0,41-0,77	0,085	0,038-0,07	93	1,33-2,5	3237	0,76-1,52	1860-3720	0,93-1,624 2,12-3,96	7700 2400-3900	-	-
	0,27-0,514	60	КУряд	5700	70,2-135	10,56	250	0,39-0,75	0,085	0,035-0,06	93	1,32-2,4	3250	0,37-0,79	953-1906	0,93-1,6 2,12-3,8	2400-3700	-	-
«Кировец»	0,22-0,525	69	КУ	5700	58,5-133,5	10,56	250	0,33-0,75	0,083	0,03-0,06	93	1,1-2,7	3230	0,3-0,6	940-1980	0,8-1,28 1,53-2,9	2400-3900	-	-

Тип котла	Номинальная производительность $Q_{ном}$, Гкал/ч	КПД котла η	Вид используемого топлива	Низшая теплотворная способность топлива $Q^{р}_{н}$, ккал/кг	Установочный расход топлива $B_{уст}$, кг/ч ($м^3$/ч)	Удельный объем отходящих газов $V_{уд}$, $нм^3$/кг ($нм^3/м^3$)	Температура отходящих газов Т, °С	Объем уходящих газов V, $м^3$/с	Количество выбросов в атмосферу М, г/с, загрязняющих веществ от котла и концентрация вредных веществ в уходящих газах С, мг/$м^3$										
									диоксида азота NO_2			оксида углерода CO		диоксида серы SO_2		пыли		пятиокиси ванадия V_2O_5	
									K_{NO_2}, кг/ГДж	M_{NO_2}, г/с	C_{NO_2}, мг/$м^3$	M_{CO}, г/с	C_{CO}, мг/$м^3$	M_{SO_2}, г/с	C_{SO_2}, мг/$м^3$	$M_{п}$, г/с	$C_{п}$, мг/$м^3$	$M_{V_2O_5}$, г/с	$C_{V_2O_5}$, мг/$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ВНИИСТО	0,005-0,01	69	Агр	6030	1,2-2,4	10,34	270	0,007-0,014	0,05	0,0004	56	0,023-0,05	3310	0,007-0,01	932-1864	0,04-0,008 0,008-0,016	576-1150 576-1150	-	-
	0,01-0,042	77	Г	8620	1,5-6,3	12,6	270	0,1-0,04	0,05	0,008-0,03	93	0,01-0,04	111	-	-	-	-	-	-
НИИСТУ У	0,39-0,56	85	Г	8620	69,6-100	12,6	250	0,55	-	0,063	116	0,06	105	-	-	-	-	-	-
АГВ-80	0,006	50	Г	8620	1,39	12,6	150	0,008	0,05	0,0004	50	0,001	128,6	-	-	-	-	-	-
АГВ-120	0,012	50	Г	8620	2,78	12,6	150	0,016	0,05	0,0008	50	0,002	128,6	-	-	-	-	-	-
СКЕ-1	0,01	70	Г	8620	1,66	12,6	200	0,01	0,05	0,005	100	0,0065	130	-	-	-	-	-	-
АРЭ-1,2														-	-	-	-	-	-
КС-2														-	-	-	-	-	-
КС-3														-	-	-	-	-	-
ЗИО	1,26	80	Г	8620	243,6	12,6	220	1,5	0,09	0,22	146	0,18	120	-	-	-	-	-	-
Шухова-Берлина	4,3	80	Г	8620	623,5	12,6	220	3,94	0,1	0,62	158	0,46	117	-	-	-	-	-	-
КЕ-35-40	35	67-91	Г	8620	4667	12,6	190	21,7	0,105	4,89	225	3,45	1,59	-	-	-	-	-	-
КЕ-35-40	35	87-91	М	9620	4182	13,7	250	60,48	0,105	4,89	160	4,46	146	41,03	1346	0,6-1,87	20-55	0,12-0,33	4-11
ВВД-1,3 (140-13)	2,56	85	Г	8620	349,4	12,6	250	2,34	0,095	0,33	142	0,258	110	-	-	-	-	-	-

Примечания: 1. Представленное в таблице количество выбросов пироксида серы и его концентрация в уходящих газах - при использовании малосернистого мазута ($S_р$ = 0,5 %); для сернистого мазута - $M^{C}_{SO_2} = M^{MC}_{SO_2} \cdot 2{,}83; \quad C^{C}_{SO_2} = C^{MC}_{SO_2} \cdot 2{,}83$ ($S_р$ = 1,4 %); для высокосернистого мазута $M^{BC}_{SO_2} = M^{MC}_{SO_2} \cdot 5{,}81; \quad C^{BC}_{SO_2} = C^{MC}_{SO_2} \cdot 5{,}81$ ($S_р$ = 2,8 %). При использовании КУ, А, БУ - по нижнему пределу серосодержания $S_р$ = 3 %.

2. Количество выбросов пятиокиси ванадия и его концентрация в уходящих газах даны при условии сжигания сернистого мазута - ($S_р$ = 1,4 %), сернистого мазута ($S_р$ = 0,5), высокосернистого мазута $S_р$ = 3 %.

3. Количество выбросов пыли в уходящих газах и ее концентрация при зольности топлива и максимальной поверхности нагрева котла (например, для КЧ-1 при $Q_{ном}$ =

0,14 Гкал/ч, $M_п$ = 0,007 при $A^р$ = 7,3 % (гр. 18), $M_п$ = 0,014 при $A^р$ = 14,1 % (гр. 18); при $Q_{ном}$ = 0,23 Гкал/ч, $M_п$ = 0,009 при $A^р$ = 7,3 % (гр. 20), $M_п$ = 0,018 при $A^р$ = 14,1 % (гр. 20)).

4. Таблица может быть использована для других марок топлив с введением коэффициентов на изменение соответствующими коррективами количества выбросов и концентраций вредных веществ в уходящих газах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борщов Д.Я. Устройство и эксплуатация отопительных котельных малой мощности. - М.: Стройиздат, 1982.

2. Волков Э.П., Сапаров М.И., Фетисов Е.И. Источники, состав и контроль выбросов промышленных предприятий. - М.: МЗИ, 1988.

3. Кровоногов Б.М. Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды. - Л.: Недра, 1986.-192 с.

4. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу с дымовыми газами отопительных и отопительно-производственных котельных МЖКХ РСФСР. - М.: ОНТИ АКХ им. К.Д. Памфилова, 1986.

5. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/ч. - М.: Гидрометеоиздат, 1985. - 24 с.

6. Методика определения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций. - М.: СПО «Союзтехэнерго», 1984. - 19 с.

7. Роддатис К.Ф., Полторецкий А.Н.: Справочник по котельным установкам малой производительности. - М.: Энергоатомиздат, 1989.

8. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. - М.: Недра, 1977. - 294 с.

9. Справочные материалы по защите атмосферы. - М.: Гипромез, 1988.

10. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. - М.: Энергия, 1973. - 296 с.

11. Угли СССР: Справочник. - М.: Недра, 1975. - 308 с.

12. Чмовж В.Е., Аничков С.Н., Бабий В.Ф. и др. Энергетика и окружающая среда: Тезисы докладов БО ВНИПИэнергопром. ч. I, 1980.

13. Шаприцкий В.Н. Защита атмосферы в металлургии. - М.: Металлургия, 1984.

14. Энергетическое топливо СССР: Справочник. - М.: Энергия, 1979. - 128 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения 1
Расчет расхода топлива 2
Расчет выбросов в атмосферу загрязняющих веществ 3
Расчет концентраций и валовых выбросов вредных веществ в дымовых газах 11
Пример расчета 12
Практические рекомендации 14
Приложения 14
Приложение 1 Паропроизводительность, эквивалентная 1 мВТ тепловой мощности 14
Приложение 2 Некоторые показатели топок и применяемых топлив 14
Приложение 3 Расчетные характеристики твердых, жидких и газообразных топлив 16
Приложение 4 Характеристика применяемых топок для различных котлов и видов топлива 22
Приложение 5 Пересчет объемных концентраций газов и паров в весовые и наоборот (при 25 °С и 160 мм рт. ст.) 23
Приложение 6 Характеристика физико-технических показателей котлов различных типов и производительностей, а также выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от них при сжигании различного вида топлива, используемого в Московской области 29
Литература 42