МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ И ОКИСЛОВ СЕРЫ, УГЛЕРОДА, АЗОТА С ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ КОТЛОАГРЕГАТОВ

СПО
СОЮЗТЕХЭНЕРГО
МОСКВА 1979

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ И ОКИСЛОВ СЕРЫ, УГЛЕРОДА, АЗОТА С ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ КОТЛОАГРЕГАТОВ

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА И ИНФОРМАЦИИ СОЮЗТЕХЭНЕРГО
МОСКВА
1979

УДК 621.182(083.96)

Руководящие указания разработаны Всесоюзным дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехническим научно-исследовательским институтом им. Ф.Э.Дзержинского (кандидаты техн. наук Л.А.МАМРУКОВА, Н.Ф.ДЕРГАЧЕВ, В.Р. КОТЛЕР, А.Ф.ГАВРИЛОВ, инж. С.Т.ДАНИЛОВА, доктор техн. наук В.И.БАБИЙ, инж. С.П.ТИТОВ) с использованием материалов Института Газа АН УССР (доктор техн. наук И.Я.СИГАЛ, инж. А.С.КУЩ), НПО ЦКТИ (кандидаты техн.наук В.А.ПАВЛОВ, И.Н.ШНИЦЕР) и изданы взамен "Указаний по заполнению разделов статистической отчетности тепловых электростанций по форме № 2-тп (воздух) "Отчет об охране воздушного бассейна" (Приложение к служебной записке от 5 сентября 1974 г. № ЮН-10936).

Настоящие Руководящие указания предназначены для расчета выбросов вредных веществ с дымовыми газами действующих котлоагрегатов при заполнении статистической отчетности по форме 2-тп (воздух) и при планировании работ по снижению вредных выбросов.

© СПО Союзтехэнерго, 1979.

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Руководителям главных управлений, управлений, главных производственных управлений энергетики и электрификации, производственных объединений, трестов, районных энергетических управлений, электростанций, заводов, проектных и научно-исследовательских институтов, строительно-монтажных организаций и других предприятий и организаций министерства, министерств энергетики и электрификации Украинской ССР, Казахской ССР, Узбекской ССР и Молдглавэнерго

О ВВОДЕ В ДЕЙСТВИЕ "РУКОВОДЯЩИХ УКАЗАНИЙ ПО РАСЧЕТУ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ И ОКИСЛОВ СЕРЫ, УГЛЕРОДА, АЗОТА С ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ КОТЛОАГРЕГАТОВ"

Главтехуправлением утверждены "Руководящие указания по расчету выбросов твердых частиц и окислов серы, углерода, азота с дымовыми газами котлоагрегатов". При этом утрачивают силу "Указания по заполнению разделов статистической отчетности тепловых электростанций по форме № 2-тп (воздух) "Отчет об охране воздушного бассейна", приведенные в служебной записке от 5 сентября 1974 г. № ЮН-10936.

В связи с изложенным, при составлении отчета по форме 2-тп (воздух), начиная с отчета за 1979 г., необходимо пользоваться настоящими "Руководящими указаниями по расчету выбросов твердых частиц и окислов серы, углерода и азота с дымовыми газами котлоагрегатов".

Начальник Л.А.ТРУБИЦЫН

СОГЛАСОВАНО:
Начальник Главниипроекта
М.М.ПЧЕЛИН
30 августа 1979 г.

УТВЕРЖДАЮ:
Начальник
Главтехуправления
Л.А.ТРУБИЦЫН
31 августа 1979 г.

I. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

I.I. Количество золы и недогоревшего топлива, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами каждого котлоагрегата за отчетный год при сжигании твердого и жидкого топлива, рассчитывается по формуле

$$M_з^{год} = B\frac{A^p}{100-\Gamma_{ун}}a_{ун}\left(1-\eta_з\right), \qquad (I)$$

где B – расход топлива, т/год;

A^p – зольность топлива на рабочую массу, %;

$a_{ун}$ – доля золы топлива в уносе;

$\eta_з$ – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях;

$\Gamma_{ун}$ – содержание горючих в уносе, %; при отсутствии эксплуатационных данных по содержанию горючих в уносе значение $\Gamma_{ун}$ принимается в соответствии с q_4,

где q_4 – потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, % (принимается по нормам теплового расчета[1]).

Значения A^p, $\Gamma_{ун}$, $a_{ун}$, $\eta_з$ принимаются по фактическим средним показателям за год или (при отсутствии таких данных) по нормам теплового расчета[1].

I.2. Для определения максимальных выбросов твердых частиц за сутки значения величин, входящих в формулу (I), принимаются для реальной наибольшей суточной нагрузки электростанции (электрической и тепловой), при этом значение расхода топлива подставляется в тоннах за сутки.

---

[1] Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). М.: Энергия, 1973.

I.3. Для удобства расчета выбросов рекомендуется использовать вспомогательную таблицу (табл. I), которая включает в себя все исходные данные в необходимой для расчетов размерности и последовательности.

2. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ОКИСЛОВ СЕРЫ

2.I. Количество окислов серы SO_2 и SO_3 в пересчете на SO_2 (т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата за отчетный год при сжигании твердого или жидкого топлива, вычисляется по формуле

$$M^{год}_{SO_2} = 0{,}02 B S^p (1-\eta'_{SO_2})(1-\eta''_{SO_2}), \qquad (2)$$

где B – расход топлива, т/год;

S^p – содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

η'_{SO_2} – доля окислов серы, связанных летучей золой в котле;

η''_{SO_2} – доля окислов серы, улавливаемых в золоуловителе.

Доля окислов серы, связываемых летучей золой в котле, зависит от зольности топлива и содержания свободной щелочи в летучей золе. Ориентировочные значения η'_{SO_2} при сжигании различных видов топлива:

Сланцы	0,5
Угли Канско-Ачинского бассейна	0,2 (0,05)
Торф	0,I5
Экибастузский уголь	0,02
Остальные угли	0,I0
Мазут	0,02
Газ	0,0

Примечание. Для углей Канско-Ачинского бассейна значение η'_{SO_2} = 0,05[1] относится к высокотемпературному сжиганию.

[1] Здесь и далее под высокотемпературным сжиганием понимается сжигание всех углей в топках с жидким шлакоудалением, а также углей с $Q^p_н \geq 5500$ ккал/кг в топках с твердым шлакоудалением (при температуре факела $\vartheta_ф \geq I500^{\circ}C$).

Характеристика источников

мощность ТЭС, тыс. кВт

I. Постоянные данные для

Параметры окружающей среды		Характеристика топлива					
		Твердое топливо				Газ	
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы	Средняя температура окружающего воздуха	Марка	Зольность	Сернистость	Низшая теплота сгорания	Месторождение	Низшая теплота сгорания
A	T_B	-	A^P	S^P	Q_H^P	-	Q_H^P
$c^{2/3}$·мг·град$^{1/3}$/г	°C	-	%	%	ккал/кг	-	ккал/м^3
I	2	3	4	5	6	7	8

II. Характеристика работы котлоагрегатов и

№ пп	Номер дымовой трубы	Верхняя отметка дымовой трубы	Диаметр устья трубы	Количество котлов, присоединенных к трубе	Номер и тип котла	Характеристика работы котлоагрегатов при номинальной нагрузке										
						Паропроизводительность котла	Теплопроизводительность водогрейного котла	Температура дымовых газов перед дымососом	Доля золы, уносимой газами	Потери тепла от механической неполноты сгорания	Тип золоуловителя	КПД золоуловителя	Коэффициент избытка воздуха в топке и перед дымососом	Поправочные коэффициенты		
	$N_{тр}^P$	H	$D_{тр}$	$n_к$	$N^2_{кот}$	D	Q	$\vartheta_{ух}$	$a_{ун}$	q_4	-	$\eta_{зол}$	$\alpha_т/\alpha_{ух}$	β_1	β_2	β_3
	-	м	м	-	-	т/ч	Гкал/ч	°C	-	%	-	%	-	-	-	-
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7
1.																
2.																

Примечание. По каждой трубе и по станции в целом указываются также

Таблица I

загрязнения атмосферы ТЭС №

электростанции за отчетный период

Адрес ТЭС

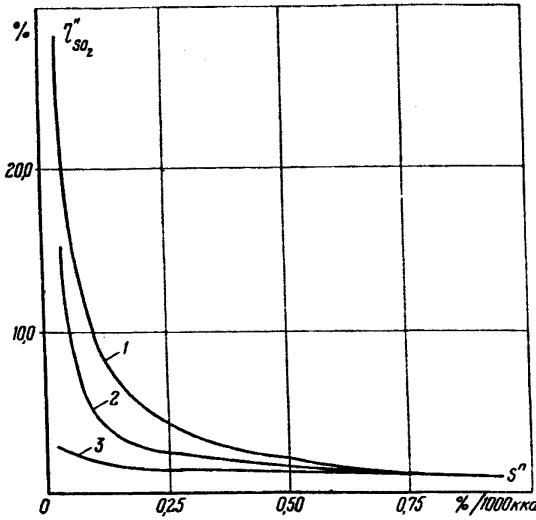
Мазут		Характеристика дымовых газов							Количество дымовых труб на ТЭС
		Теоретическое количество воздуха			Теоретическое количество дымовых газов $V_г^0$			Доля SO_2, улавливаемого летучей золой в газоходах котла, для твердого топлива	
Сернистость	Низшая теплота сгорания	Твердое топливо	Газ	Мазут	Твердое топливо	Газ	Мазут		
S^P	Q_H^P	V_0	V_0	V_0	$V_г^0$	$V_г^0$	$V_г^0$	η'_{SO_2}	$n_{тр}$
%	ккал/кг	м^3/кг	м^3/м^3	м^3/кг	м^3/кг	м^3/м^3	м^3/кг	-	-
9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8

количество выбросов в атмосферу

Вид топлива	Расход топлива на котел				Выбросы в атмосферу							
					Годовые				Максимальные (суточные)			
	Годовой расход условного топлива	Годовой расход натурального топлива	Число часов работы котла в год	Максимальный (номинальный)	золы	сернистого ангидрида	окиси углерода	окислов азота	золы	сернистого ангидрида	окиси углерода	окислов азота
-	$B_{усл}$	$B_{нат}$	τ	$B_{макс}$	$M_3^{год}$	$M_{SO_2}^{год}$	$M_{CO}^{год}$	$M_{NO_2}^{год}$	$M_3^{сут}$	$M_{SO_2}^{сут}$	$M_{CO}^{сут}$	$M_{NO_2}^{сут}$
-	т/год	т/год	ч/год	т/ч	т/год	т/год	т/год	т/год	т/сут	т/сут	т/сут	т/сут
I8	I9	20	2I	22	23	24	25	26	27	28	29	30
твердое												
газ												
мазут												
твердое												
газ												
мазут												

суммарные значения расхода топлива и выбросов в атмосферу (графы I9–30).

Доля окислов серы (η''_{SO_2}), улавливаемых в сухих золоуловителях (электрофильтрах, батарейных циклонах), практически равна нулю. В мокрых золоуловителях (ЦС, МП-ВТИ и золоуловителях с трубами Вентури) она зависит в основном от расхода и общей щелочности орошающей воды и от приведенной сернистости топлива при принятых на тепловых электростанциях удельных расходах воды на орошение золоуловителей 0,I-0,I5 л/м^3 (см. рисунок).



Степень улавливания окислов серы в мокрых золоуловителях η''_{SO_2} в зависимости от приведенной сернистости топлива (S^n):

I-3 - щелочность орошаемой воды соответственно I0; 5; 0 мг-экв/л

2.2. Для определения максимальных выбросов окислов серы за сутки в формуле (2) значения B и S^p принимаются для реальной наибольшей суточной нагрузки электростанции (тепловой и электрической), при этом значение расхода топлива подставляется в тоннах за сутки.

3. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ОКИСИ УГЛЕРОДА

3.I. Количество окиси углерода (т/год), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата за отчетный год при сжигании органического топлива, вычисляется по формуле

$$M_{CO}^{год} = 0{,}001 \cdot C_н \cdot B \cdot \gamma_н \left(1 - \frac{q_ч}{100}\right), \qquad (3)$$

где $C_н$ - коэффициент, характеризующий выход окиси углерода при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива, кг/т или кг/тыс.м^3 (принимается по табл. 2);

B - расход топлива (твердого, жидкого и газообразного), т/год или тыс. м^3/год;

$\gamma_н$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окиси углерода режима горения;

$q_ч$ - потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, % (принимается по нормам теплового расчета[1].

При нормальной эксплуатации котла и нормативных значениях коэффициента избытка воздуха на выходе из топки ($\alpha_т$) коэффициент $\gamma_н$ равен I. Если фактическое значение $\alpha_т$ меньше нормативного, то указанное выше значение $\gamma_н$ необходимо умножить на отношение нормативного значения $\alpha_т$ к фактическому. В случае, когда фактическое значение $\alpha_т$ больше нормативного, коэффициент $\gamma_н = 0$.

Таблица 2

Значение коэффициента ($C_н$), кг/т или кг/тыс.м^3

Вид топок	Каменные угли	Бурые угли	Торф	Сланцы	Мазут	Природный газ
Камерные с твердым шлакоудалением для котлоагрегатов паропроизводительностью, т/ч:						
25	I3,0	5,2	4,I	5,4	-	-
35	I3,0	5,2	4,I	5,4	-	-
50	I3,0	5,2	4,I	5,4	-	-
более 75	-	-	-	-	-	-

[1] Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). М.: Энергия, I973.

Окончание таблицы 2

Вид топок	Каменные угли	Бурые угли	Торф	Сланцы	Мазут	Природный газ
Открытые и полуоткрытые с жидким шлакоудалением для котлоагрегатов паропроизводительностью более 75 т/ч	-	-	-	-	-	-
Горизонтальные циклонные	I3,0	5,2	-	-	-	-
Камерные для котлоагрегатов паропроизводительностью, т/ч:						
до 75	-	-	-	-	I9,4	I7,9
75 и более	-	-	-	-	9,6*	9,3*
Топки для котлоагрегатов сверхкритического давления с газоплотными цельными экранами	-	-	-	-	9,7*	8,9*
Топки для водогрейных котлов	-	-	-	-	6-I9,0	5,0-I8,0
Слоевые механизированные	25,7	I0,3	I6	3I,0	-	-

Примечания: I. Выход окиси углерода с дымовыми газами котлоагрегатов при нормативных значениях коэффициента избытка воздуха в топке $C_н$ при сжигании антрацитового штыба в слоевых механизированных топках составляет 22,3 кг/т.
2. Прочерк означает $C_н \approx 0$.

*Значения коэффициента $C_н$ соответствуют величине потерь тепла с химической неполнотой сгорания q_3, равной 0,25%.

3.2. Для определения максимальных выбросов окиси углерода за сутки значения величин, входящих в формулу (3), принимаются для реальной наибольшей суточной нагрузки электростанции (электрической и тепловой), при этом значение расхода топлива подставляется в тоннах за сутки.

4. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ОКИСЛОВ АЗОТА

4.I. Количество окислов азота в пересчете на NO_2 (т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата, за отчетный год вычисляется по формуле

$$M^{год}_{NO_2} = 0{,}143 \cdot 10^{-6} \cdot K B Q^p_н \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \beta_1 (1 - \beta_2 r) \beta_3 , \qquad (4)$$

где K – коэффициент, характеризующий выход окислов азота, кг/т условного топлива;

B – полный расход натурального твердого, жидкого и газообразного топлива, т/год или тыс.м^3/год;

$Q^p_н$ – теплота сгорания натурального твердого, жидкого и газообразного топлива, ккал/кг или ккал/м^3;

q_4 – потеря тепла от механической неполноты сгорания, %;

β_1 – поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива (содержание азота N^2) и способа шлакоудаления;

β_2 – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку;

r – степень рециркуляции дымовых газов, %;

β_3 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок (для вихревых горелок β_3 = I, для прямоточных горелок β_3 = 0,85).

Коэффициент K для котлоагрегатов паропроизводительностью более 70 т/ч при сжигании газа и мазута во всем диапазоне нагрузок, а также при высокотемпературном сжигании твердого топлива с нагрузками выше 75% номинальной определяется по формуле:

$$K = \frac{12 D_ф}{200 + D} , \qquad (5)$$

где D и $D_ф$ – номинальная и фактическая паропроизводительность котла или его корпуса, т/ч.

Для котлоагрегатов паропроизводительностью менее 70 т/ч

$$K = \frac{D_ф}{20} . \qquad (6)$$

Для водогрейных котлов коэффициент K определяется по формуле

$$K = \frac{25 Q_ф}{20 + Q} , \qquad (7)$$

где Q и $Q_ф$ – номинальная и фактическая тепловая производительность котла, Гкал/ч.

При высокотемпературном сжигании твердого топлива с нагрузками котла ниже 75% номинальной в формулы (5) – (7) вместо $D_ф$, $Q_ф$ подставляется $0{,}75D$ и $0{,}75Q$.

При низкотемпературном сжигании твердого топлива[1] в формулы (5) – (7) всегда подставляется D и Q.

Значения β_1 для энергетических котлов, в которых сжигается твердое топливо, принимаются по табл. 3.

При сжигании топлива, не указанного в табл. 3, значение коэффициента β_1 следует принимать по группе углей с соответствующим содержанием N^2. При сжигании в энергетических котлах жидкого и газообразного топлива значения коэффициента β_1 принимаются равными:

Природный газ 0,85

Мазут при коэффициенте избытка воздуха в топочной камере:

$\alpha_т \geqslant 1{,}05$ 0,8

$\alpha_т < 1{,}05$ 0,7

При одновременном сжигании на энергетических котлах двух видов топлива с расходом одного из них менее 10% по теплу значение коэффициента β_1 должно приниматься по превалирующему виду топлива. В остальных случаях коэффициент β_1 определяется по формуле

$$\beta_1 = \frac{\beta_1^I \cdot B^I + \beta_1^{II} \cdot B^{II}}{B^I + B^{II}}, \qquad (8)$$

где $\beta_1^I; \beta_1^{II}; B^I; B^{II}$ – соответствуют значениям коэффициентов β_1 и расходам каждого вида топлива на котел.

---

[1] Под низкотемпературным сжиганием понимается сжигание всех углей с $Q_н^р < 5500$ ккал/кг в топках с твердым шлакоудалением (при $\vartheta_{ф} < 1500^{\circ}$C).

Таблица 3

Значения коэффициента β_1
при сжигании твердого топлива

Топливо	Содержание азота $N^г$, %	При твердом шлакоудалении	При жидком шлакоудалении
Угли: ангренский Б2, березовский Б2, назаровский Б2, ирша-бородинский, харанорский БI, реттиховский БI, чихезский БI, нерюнгринский СС, донецкий АШ, башкирский БI, бабаевский, канско-ачинский, ургальский. Сланцы	<I,0	0,55	0,8
Угли: веселовский, богословский, черемховский, сучанский, нижне-аркагалинский, верхне-аркагалинский, анадырский, донецкий Т, ПАШ, карагандинский ПрП, подмосковный Б2, львовско-волынский Г, егоршинский ПА, гусиноозерский, холбольджинский, райчихинский, куучекинский СС	I-I,4	0,7	I,0
Угли: донецкий Д,Г,ГСШ, ПрПр, экибастузский СС, печорский (воркутинский Ж), бикинский Б2, азейский Б3, кузнецкий Г,Р,СК, южно-сахалинский	I,4-2,0	I,0	I,4
Угли: кузнецкий Д,Г,2СС,ICC, интинский Д, печорский, томусинский. Зрезерный торф	>2,0	I,4	2,0

Значения коэффициента β_2 принимаются равными:

При сжигании газа и мазута и вводе газа рециркуляции:

в под топки (при расположении горелок на вертикальных экранах)	0,002
через шлицы под горелками	0,0I5
по наружному каналу горелок	0,020
в воздушное дутье	0,025
в рассечку двух воздушных потоков	0,030

При высокотемпературном сжигании твердого топлива и вводе газов рециркуляции:

в первичную аэросмесь	0,0I0
во вторичный воздух	0,005

4.2. Для определения максимальных выбросов окислов азота за сутки значения величин, входящих в формулу (4), принимаются для реальной наибольшей суточной нагрузки электростанции (тепловой и электрической), при этом значения расхода топлива подставляются в тоннах за сутки.

О Г Л А В Л Е Н И Е

I. Расчет выбросов твердых частиц 4
2. Расчет выбросов окислов серы 5
3. Расчет выбросов окиси углерода 8
4. Расчет выбросов окислов азота II
....

Ответственный редактор А.И.Гвоздева
Литературный редактор М.Г.Полоновская
Технический редактор Н.Т.Леонтьева
Корректор Е.В.Крюкова

Подписано к печати 24/X 1979 г. Формат 60x84 1/16
Печ.л. 1,0 (усл.печ.л. 0,93) Уч.-изд.л. 0,7 Тираж 2750 экз.
Заказ № 278/79 Издат. № 110/79 Цена 11 коп.

Производственная служба передового опыта и информации Союзтехэнерго
109432,Москва,2-й Кожуховский проезд,д.29,корп.6

оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
117292,Москва,ул.Ивана Бабушкина,д.23,корп.2

gost.e-ecolog.ru