НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ
ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ
И КОТЕЛЬНЫХ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЭС

РД 34.02.305—98

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Всероссийским дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехническим научно-исследовательским институтом (АООТ "ВТИ")

ИСПОЛНИТЕЛИ *В.П. Глебов, А.А. Иванова, В.Р. Котлер, Е.Н. Медик, А.Г. Тумановский, А.Н. Чугаева*

УТВЕРЖДЕН Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО "ЕЭС России" 21.01.1998 г.
Первый заместитель начальника *А.П. Берсенев*

СОГЛАСОВАН Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды (письмо № 02-12/30-15 от 19.01.98 г.)

Первый заместитель Председателя *А.Ф. Порядин*

ВЗАМЕН РД 34.02.305—90

Периодичность проверки — 5 лет

Ключевые слова: энергетика, тепловые электростанции, охрана атмосферы, выбросы загрязняющих веществ, оксиды азота, диоксид серы, мазутная зола, оксид углерода, твердые частицы

© АООТ "ВТИ", 1998

УДК 662.611:66.074.3

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЭС

РД 34.02.305—98

Срок действия установлен
с 1998—01—01
до 2003—01—01

Настоящий руководящий документ распространяется на паровые котлы паропроизводительностью от 30 т/ч и водогрейные котлы мощностью от 35 МВт (30 Гкал/ч), а также на стационарные газотурбинные установки. Документ устанавливает методы определения выбросов в атмосферу загрязняющих веществ с дымовыми газами котлов и газотурбинных установок тепловых электростанций и котельных по данным периодических измерений их концентраций в дымовых газах или расчетным путем при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлив.

Руководящий документ используется для:

- составления статистической отчетности по форме 2-ТП (воздух);
- установления норм предельно допустимых (ПДВ) и временно согласованных (ВСВ) выбросов в соответствии с действующими указаниями по их определению;
- планирования работ по снижению выбросов;
- составления экологического паспорта электростанции;
- периодического контроля выбросов в порядке, установленном РД 34.02.306—96 "Правила организации контроля выбросов в атмосферу на тепловых электростанциях и в котельных".

При определении валовых выбросов загрязняющих веществ за отчетный период в тоннах значения исходных величин, входящих в расчетные формулы, следует принимать по отчетным данным ТЭС, усредняя их за этот период.

Издание официальное

Настоящий руководящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без письменного разрешения РАО "ЕЭС России" или ВТИ

При определении максимальных выбросов загрязняющих веществ в г/с значение расхода топлива следует принимать, исходя из наибольшей электрической и тепловой нагрузок котельной установки за отчетный период.

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ГАЗООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПО ДАННЫМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ЗАМЕРОВ

1.1 Суммарное количество M_j загрязняющего вещества j, поступающего в атмосферу с дымовыми газами (г/с, т/год, т/квартал, т/мес), рассчитывается по уравнению

$$M_j = c_j V_{с.г} B_р k_п, \qquad (1)$$

где c_j — массовая концентрация загрязняющего вещества j в сухих дымовых газах при стандартном коэффициенте избытка воздуха $\alpha_0 = 1{,}4$ и нормальных условиях[1)], мг/м^3; определяется по п. 1.2;

$V_{с.г}$ — объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании 1 кг (1 м^3) топлива, при $\alpha_0 = 1{,}4$, м^3/кг топлива (м^3/м^3 топлива);

$B_р$ — расчетный расход топлива, определяется по п. 1.3; при определении выбросов в граммах в секунду берется в т/ч (тыс. м^3/ч), в тоннах за отчетный период — берется в т/год, т/квартал, т/мес (тыс. м^3/год, тыс. м^3/квартал, тыс. м^3/мес);

$k_п$ — коэффициент пересчета; при определении выбросов в граммах в секунду $k_п = 0{,}278 \cdot 10^{-3}$; в тоннах — $k_п = 10^{-6}$.

1.2 Массовая концентрация c_j загрязняющего вещества j рассчитывается по измеренной[2)] концентрации $c_j^{изм}$, мг/м^3, по соотношению

$$c_j = c_j^{изм} \frac{\alpha}{\alpha_0}, \qquad (2)$$

где α — коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы.

При использовании приборов, измеряющих объемную концентрацию I_j загрязняющего вещества j, массовая концентрация рассчитывается по соотношению

$$c_j = I_j \rho_j \frac{\alpha}{\alpha_0}, \qquad (3)$$

[1)] Температура 273 К и давление 101,3 кПа.

Здесь и далее, за исключением специально оговоренных случаев (раздел 3), массовая концентрация газообразных загрязняющих веществ, объем сухих дымовых газов и расход газообразного топлива берутся при нормальных условиях.

[2)] Измерение концентрации загрязняющих веществ регламентируется соответствующими положениями отраслевых методических документов по инвентаризации (нормированию, контролю) выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

где I_j — измеренная объемная концентрация при коэффициенте избытка воздуха α, ppm[1];

ρ_j — удельная масса загрязняющего вещества, кг/м^3.

Для основных газообразных загрязняющих веществ, содержащихся в выбрасываемых в атмосферу дымовых газах котельных установок (оксидов азота в пересчете на NO_2, оксида углерода и диоксида серы), значения удельной массы составляют:

$$\rho_{NO_2} = 2{,}05 \text{ кг/м}^3,$$
$$\rho_{CO} = 1{,}25 \text{ кг/м}^3, \quad (4)$$
$$\rho_{SO_2} = 2{,}86 \text{ кг/м}^3.$$

Эти значения получены в предположении, что перечисленные газы являются идеальными; погрешность, вносимая этим предположением, значительно меньше погрешности измерений.

Коэффициент избытка воздуха с достаточной степенью точности может быть найден по приближенной кислородной формуле

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}, \quad (5)$$

где O_2 — измеренная концентрация кислорода в месте отбора пробы дымовых газов, %.[2]

При расчете максимальных выбросов загрязняющего вещества в г/с берутся максимальные значения массовой концентрации этого вещества при наибольшей тепловой и электрической нагрузках за отчетный период.

При определении валовых выбросов в т за длительный промежуток времени необходимо использовать среднее значение массовой концентрации загрязняющего вещества за этот промежуток. Среднее значение массовой концентрации рассчитывается по средней за рассматриваемый промежуток времени нагрузке котла. При этом пользуются заранее построенными зависимостями концентраций загрязняющих веществ от нагрузки котла. Построение указанных зависимостей проводится не менее чем по трем точкам — при минимальной, средней и максимальной нагрузках.[3]

---

[1] 1 ppm = 1 см^3/м^3 = 0,0001 % об.

[2] Для более точного определения α в уравнение (5) следует подставить значение концентрации избыточного кислорода

$$O_2^{изб} = O_2 - 0{,}5\,(CO + H_2) - 2CH_4 - 3C_nH_m.$$

Однако если обеспечен нормальный топочный режим, то содержание CO, H_2, CH_4 и C_nH_m не превышает 0,01 % по объему, и можно считать, что

$$O_2^{изб} \cong O_2.$$

[3] При определении валовых выбросов диоксида серы за длительный промежуток времени следует использовать расчетный метод (см. п. 2.2 раздела 2 данного руководящего документа).

1.3 Расчетный расход топлива $B_р$, т/ч (тыс. м^3/ч) или т/год, т/квартал, т/мес (тыс. м^3/год и т.д.), определяется по соотношению

$$B_р = \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) B, \qquad (6)$$

где B — расход топлива на котел, т/ч (тыс. м^3/ч) или т/год (тыс. м^3/год) и т.д.;

q_4 — потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %.

Значение B определяется по показаниям прибора или по обратному тепловому балансу (при проведении испытаний котла).

1.4 Расчет объема сухих дымовых газов $V_{с.г}$ проводится по нормативному методу[1)] по химическому составу сжигаемого топлива или табличным данным. Расчетные формулы приведены также в Приложении А.

При недостатке информации о составе сжигаемого топлива объем сухих дымовых газов может быть рассчитан по приближенной формуле

$$V_{с.г} = K Q_i^r, \qquad (7)$$

где Q_i^r — теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/м^3);

K — коэффициент, учитывающий характер топлива и равный:

для газа 0,345,

для мазута 0,355,

для каменных углей 0,365,

для бурых углей ..... 0,375.

1.5 С учетом (3), (5) и (7) соотношение (1) для расчета суммарного количества загрязняющего вещества M_j (при использовании приборов, измеряющих объемную концентрацию в ppm) записывается в виде

$$M_j = I_j \rho_j \frac{15}{21 - O_2} K Q_i^r B_р k_п . \qquad (8)$$

С учетом (4) суммарное количество оксидов азота, оксида углерода и диоксида серы рассчитывается по соотношениям

$$M_{NO_x} = 30{,}75 \frac{I_{NO_x}}{21 - O_2} K Q_i^r B_р k_п ; \qquad (9)$$

$$M_{CO} = 18{,}75 \frac{I_{CO}}{21 - O_2} K Q_i^r B_р k_п ; \qquad (10)$$

$$M_{SO_2} = 42{,}90 \frac{I_{SO_2}}{21 - O_2} K Q_i^r B_р k_п . \qquad (11)$$

На рисунках Б1—Б3 (Приложение Б) приведены номограммы, которые позволяют графически оценить выбросы в г/с в атмосферу газообразных загрязняющих веществ. В формулах, соответствующих номограммам, вместо $k_п$ подставлено его значение, равное $0{,}278 \cdot 10^{-3}$.

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

1.6 В связи с установленными раздельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарное количество оксидов азота разделяется на составляющие (с учетом различия в молекулярной массе этих веществ)

$$M_{NO_2} = 0{,}8M_{NO_x}, \tag{12}$$

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

где μ_{NO} и μ_{NO_2} — молекулярный вес NO и NO_2, равный 30 и 46 соответственно;

0,8 — коэффициент трансформации оксида азота в диоксид.

Численное значение коэффициента трансформации может устанавливаться по методике Госкомэкологии России на основании данных наблюдений организаций Госкомгидромета, но не более 0,8.

Пример расчета газообразных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приведен в Приложении В.

1.7 При совместном сжигании различных видов топлива суммарное количество загрязняющего вещества M_j, поступающего в атмосферу (г/с, т/год и т.д.), определяется по экспериментальным зависимостям его массовой концентрации от нагрузки котла. Графики указанных зависимостей строятся для каждого вида сжигаемого топлива не менее чем по трем экспериментальным точкам — при минимальной, средней и максимальной нагрузках.

Расчет выполняется по формуле (1). При этом максимальные выбросы в г/с рассчитываются по п. 1.7.1, валовые в т за отчетный период времени — по п. 1.7.2.

1.7.1 Для определения максимальных выбросов загрязняющего вещества j в г/с в формулу (1) необходимо подставить максимальное значение массовой концентрации c_j.

Максимальное значение c_j в мг/м^3 определяется по формуле

$$c_j = c_{jmax1}\delta_{max} + c_{jmax2}(1-\delta_{max}), \tag{14}$$

где c_{jmax1} и c_{jmax2} — максимальные значения массовой концентрации загрязняющего вещества j при сжигании топлив первого и второго видов, соответственно, мг/м^3, определяются по экспериментальным зависимостям массовых концентраций от нагрузки котла;

δ_{max} — максимальная доля топлива (по теплу), создающего наибольшую (из c_{jmax1} и c_{jmax2}) концентрацию загрязняющего вещества j, определяется на основании топливного баланса в период работы котла на максимальной нагрузке.

Объем сухих газов $V_{с.г}$ рассчитывается по формуле

$$V_{с\,г} = V_{с\,г1}\,\delta_{max} + V_{с\,г2}\,(1-\delta_{max}), \qquad (15)$$

где $V_{с.г1}$ и $V_{с.г2}$ — объемы сухих дымовых газов, образующихся при сжигании топлива первого и второго видов соответственно, м^3/кг усл. топл., определяются по нормативному методу или согласно п. 1.4 данной методики и пересчитываются на условное топливо.

Расчетный расход топлива $B_р$ определяется по формуле

$$B_р = B_{р1} + B_{р2}, \qquad (16)$$

где $B_{р1}$ и $B_{р2}$ — расчетные расходы топлива первого и второго видов, т усл. топл./ч, определяются при максимальной нагрузке и максимальной доле топлива (по теплу), создающего наибольшую концентрацию загрязняющего вещества j.

1.7.2 Для определения валовых выбросов загрязняющего вещества j в т/год и т.д. в формулу (1) необходимо подставить среднее за отчетный период значение массовой концентрации $c_{jср}$.

Среднее значение массовой концентрации $c_{jср}$ в мг/м^3 определяется по формуле

$$c_{jср} = c_{jср1}\delta + c_{jср2}(1-\delta), \qquad (17)$$

где $c_{jср1}$ и $c_{jср2}$ — средние значения массовых концентраций загрязняющего вещества j при сжигании топлив первого и второго видов при средней за отчетный период нагрузке, мг/м^3; определяются по экспериментальным зависимостям массовых концентраций от нагрузки котла;

δ — доля топлива (по теплу) первого вида за отчетный период.

Объем сухих газов $V_{с.г}$ рассчитывается по формуле

$$V_{с\,г} = V_{с\,г1}\,\delta + V_{с\,г2}\,(1-\delta), \qquad (18)$$

где $V_{с.г1}$ и $V_{с\,г2}$ — объемы сухих дымовых газов, образующихся при сжигании топлив первого и второго видов соответственно, м^3/кг усл. топл.; определяются по нормативному методу или согласно п. 1.4 данной методики и пересчитываются на условное топливо.

Расчетный расход топлива $B_р$ определяется по формуле

$$B_р = B_{р1} + B_{р2}, \qquad (19)$$

где $B_{р1}$ и $B_{р2}$ — расчетные расходы топлив первого и второго видов за отчетный период соответственно, т усл. топл.

Пример расчета максимальных и валовых выбросов оксидов азота при совместном сжигании газа и угля приведен в Приложении Г.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ГАЗООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ РАСЧЕТНЫМИ МЕТОДАМИ

2.1 Оксиды азота

2.1.1 Расчет выбросов оксидов азота для котельных установок с факельным методом сжигания топлива

В исключительных случаях при отсутствии возможности измерить концентрацию оксидов азота в дымовых газах действующих котлов допускается по согласованию с местным органом Госкомэкологии РФ определять выбросы оксидов азота расчетным методом. Для этого рекомендуется использовать РД 34.02.304—95 "Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций". Эти методические указания распространяются на паровые котлы паропроизводительностью от 75 т/ч и водогрейные котлы тепловой производительностью от 58 МВт (50 Гкал/ч), сжигающие твердое, жидкое и газообразное топливо в топочных устройствах с факельным методом сжигания.

Для паровых котлов паропроизводительностью 30—75 т/ч и водогрейных котлов тепловой мощностью 35—58 МВт (30—50 Гкал/ч) используется следующий расчетный метод.

Суммарное количество оксидов азота M_{NO_x}, в пересчете на NO_2 в г/с (т/год и т.д.), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котла при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива, рассчитывается по соотношению

$$M_{NO_x} = BK_{NO_2}\left(1-\frac{q_4}{100}\right)\beta_1\left(1-\varepsilon_1 r\right)\beta_2\beta_3\varepsilon_2\left(1-\eta_{a3}\frac{n}{n_к}\right)\cdot k_п \ , \qquad (20)$$

где B — расход топлива, т усл. топл./ч (т усл. топл./год и т.д.);

K_{NO_2} — коэффициент, характеризующий выход оксидов азота, определяется по п. 2.1.1.1 данной методики, кг/т усл. топл.;

q_4 — потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %;

β_1 — коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота качества сжигаемого топлива, определяется по п. 2.1.1.2 данной методики;

β_2 — коэффициент, учитывающий конструкцию горелок, он составляет для горелок:

вихревых — 1,0,

прямоточных — 0,85;

β_3 — коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления и равный при твердом шлакоудалении — 1,0,

при жидком шлакоудалении — 1,6;

ε_1 — коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов на выход оксидов азота в зависимости от условий подачи их в топку, определяется по п. 2.1.1.3 данной методики;

ε_2 — коэффициент, характеризующий уменьшение выбросов оксидов азота (при двухступенчатом сжигании) при подаче части воздуха $\delta_в$ помимо основных горелок при условии сохранения общего избытка воздуха за котлом, определяется по рисунку Д1 Приложения Д;

r — степень рециркуляции дымовых газов, %;

$\eta_{аз}$ — доля оксидов азота, улавливаемых в азотоочистной установке;

$n_о$ и $n_к$ — длительность работы азотоочистной установки и котла, ч/год;

$k_п$ — коэффициент пересчета, при расчете валовых выбросов в граммах в секунду $k_п$=0,278, в тоннах — $k_п = 10^{-3}$.

2.1.1.1 Коэффициент K_{NO_2} вычисляется по эмпирическим формулам:

- для паровых котлов паропроизводительностью от 30 до 75 т/ч

$$K_{NO_2} = 7{,}5\frac{D_ф}{50 + D_н}, \qquad (21)$$

где $D_н$ и $D_ф$ — номинальная и фактическая паропроизводительность котла соответственно, т/ч;

- для водогрейных котлов производительностью от 125—210 ГДж/ч (30—50 Гкал/ч)

$$K_{NO_2} = 2{,}5\frac{Q_ф}{84 + Q_н}, \qquad (22)$$

где $Q_н$ и $Q_ф$ — номинальная и фактическая тепловая производительность котла соответственно, ГДж/ч;

Примечание — При сжигании твердого топлива в формулы (21) и (22) вместо $D_ф$ и $Q_ф$ подставляются $D_н$ и $Q_н$.

2.1.1.2 Значения β_1 при сжигании твердого топлива вычисляют по формулам:

при $\alpha_т \le 1{,}25$ $\quad \beta_1 = 0{,}178 + 0{,}47N^r$, (23)

при $\alpha_т > 1{,}25$ $\quad \beta_1 = (0{,}178 + 0{,}47N^r)\alpha_т / 1{,}25$, (24)

где N^r — содержание азота в топливе, % на горючую массу.

При сжигании жидкого и газообразного топлива значения коэффициента β_1 принимаются по таблице 1.

Таблица 1

Коэффициент избытка воздуха в топочной камере $\alpha_т$	β_1
> 1,05	1,0
1,05 — 1,03	0,9
< 1,03	0,75

При одновременном сжигании топлива двух видов и расходе одного из них более 90 % значение коэффициента β_1 следует принимать по основ-

ному виду топлива. В остальных случаях коэффициент β_1 определяют как средневзвешенное значение по топливу. Для топлива двух видов

$$\beta_1 = \frac{\beta_1' B' + \beta_1'' B''}{B' + B''}, \qquad (25)$$

где β_1', β_1'' и B', B'' — соответственно коэффициенты и расходы топлива каждого вида на котел.

2.1.1.3 Значения коэффициента ε_1 при номинальной нагрузке и степени рециркуляции дымовых газов r менее 20 % принимают равными:

- при сжигании газа и мазута и вводе газов рециркуляции
  в под топки (при расположении горелок
  на вертикальных экранах) 0,0025,
  через шлицы под горелками 0,015,
  по наружному каналу горелок 0,025,
  в воздушное дутье и рассечку двух воздушных потоков 0,035;
- при высокотемпературном сжигании[1] твердого топлива и вводе газов рециркуляции
  в первичную аэросмесь 0,010,
  во вторичный воздух 0,005;
- при низкотемпературном сжигании[2] твердого топлива $\varepsilon_1 = 0$.

При нагрузке меньше номинальной коэффициент ε_1 умножают на коэффициент f, определяемый по соотношению

$$f = 0{,}6\frac{D_ф}{D_н} + 0{,}4. \qquad (26)$$

Формула (26) справедлива при $0{,}5 \le D_ф/D_н \le 1$.

2.1.2 Расчет выбросов оксидов азота для газотурбинных установок

Суммарное количество оксидов азота M_{NO_x} в пересчете на NO_2, поступающих в атмосферу с отработавшими газами газотурбинных установок, г/с, т/год и т.д., вычисляют по соотношению

$$M_{NO_x} = c_{NO_x} V_{с.г} B_{к.с} k_п , \qquad (27)$$

где c_{NO_x} — концентрация оксидов азота в отработавших газах в пересчете на NO_2, мг/м^3;

---

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

[2] Под низкотемпературным сжиганием понимают сжигание твердого топлива с низшей теплотой сгорания менее 23,05 МДж/кг в топках с твердым шлакоудалением при температуре факела менее 1500 °С

$V_{с.г}$ — объем сухих дымовых газов за турбиной, м^3/кг топлива (м^3/м^3 топлива), вычисляемый по формуле

$$V_{с.г} = \left(V_г^0 - V_{H_2O}^0\right) + \left(\alpha_{от} - 1\right)V^0, \qquad (28)$$

где $V_г^0$ — теоретический объем газов, м^3/кг топл. (м^3/м^3 топл.);

V^0 — теоретически необходимый объем воздуха, м^3/кг топл. (м^3/м^3 топл.);

$\alpha_{от}$ — коэффициент избытка воздуха в отработавших газах за турбиной;

$V_{H_2O}^0$ — теоретический объем водяных паров, м^3/кг топл. (м^3/м^3 топл.);

$B_{к.с}$ — расход топлива в камере сгорания; при определении выбросов в граммах в секунду $B_{к.с}$ берется в т/ч (тыс. м^3/ч), в тоннах за отчетный период — в т/год, т/квартал, т/мес (тыс. м^3/год, тыс. м^3/квартал и т.д.);

$k_п$ — коэффициент пересчета; при определении выбросов в граммах в секунду $k_п = 0{,}278 \cdot 10^{-3}$; в тоннах — $k_п = 10^{-6}$.

В таблице 2 приведены концентрации оксидов азота $c_{NO_x}^{и}$ (в пересчете на NO_2) в уходящих газах ГТУ при работе на номинальных режимах для некоторых действующих установок.

При использовании в энергетических ГТУ высокофорсированных камер сгорания с последовательным вводом воздуха в зону горения и микрофакельных камер сгорания с подачей всего воздуха через фронтовое устройство концентрация оксидов азота c_{NO_x} в мг/м^3 приближенно вычисляется по формуле

$$c_{NO_x} = a k_т k_р 10^3, \qquad (29)$$

где а — коэффициент, зависящий от вида топлива и равный

- для высокофорсированных камер сгорания при сжигании:
  - природного газа 1,8,
  - газотурбинного и дизельного топлива 2,4;
- для микрофакельных камер сгорания при сжигании:
  - природного газа 6,2,
  - газотурбинного и дизельного топлива 7,7;

$k_т$ — коэффициент, отражающий влияние температуры газов перед турбиной $T_{г.т}$ на образование NO_x. Зависимости $k_т$ от $T_{г.т}$ для камер сгорания обоих типов представлены на рисунках Д.2 и Д.3 (Приложение Д).

$k_р$ — коэффициент, отражающий зависимость концентрации оксидов азота от давления в камере сгорания,

$$k_р = \frac{16 p_в - 0{,}23}{6 p_в - 0{,}77}, \qquad (30)$$

где $p_в$ — давление воздуха в камере сгорания, МПа.

Таблица 2

Тип ГТУ	Тип камеры сгорания	Вид топлива	Коэффициент $\alpha_{от}^{н}$	Содержание кислорода в продуктах сгорания, %	Концентрация оксидов азота, $c_{NO_x}^{н}$, мг/м^3,	
					без совершенствования конструкций камер сгорания	с изменением конструкции
ГТ-100-750 ЛМЗ	Регистровая, блочная	Газотурбинное	4,1	15,9	275	—
ГТ-35-770 ХТЗ	Регистровая, выносная	Газ, газотурбинное	4,6 4,7	16,4 16,5	225 200	— —
ГТ-25-770-П ЛМЗ	Регистровая, выносная	Газ	5,5	17,0	135	—
ГТГ-12	Высокофорсированная, блочная	Дизельное	5,1	16,9	190	—
ГТН-25 НЗЛ	Микрофакельная, кольцевая	Газ	4,1	15,9	85	—
ГТЭ-150 ЛМЗ	Высокофорсированная, блочная	Газ, газотурбинное	3,5 3,5	15,0 15,0	220 270	150 210
ГТЭ-45 ХТЗ	Регистровая, кольцевая	Газ, дизельное и газотурбинное	4,0 4,0	15,8 15,8	220 240	100 150

Для высокофорсированных камер сгорания формула (29) применима для режимов, близких к рабочему, а для микрофакельных — в широком диапазоне изменения режимных параметров:

$$\alpha_{от} = 3 \div 8;$$

$$T_в = 200 \div 350\ °C.$$

Эффективным способом снижения концентрации оксидов азота в уходящих газах энергетических ГТУ без коренного изменения конструкции камеры сгорания является впрыск воды или пара в зону горения.

Снижение концентрации оксидов азота при подаче влаги в зону горения можно оценить по формуле

$$c_{NO_x} = \frac{c^{сух}_{NO_x}}{k_{вл}}, \qquad (31)$$

где c_{NO_x} и $c^{сух}_{NO_x}$ — концентрация оксидов азота соответственно при подаче влаги и без нее, мг/м^3;

$k_{вл}$ — коэффициент, учитывающий влияние расхода влаги; определяется по рисунку Д4 (Приложение Д) в зависимости от отношения количества вводимой влаги $G_{вл}$ к расходу топлива $B_{к.с.}$

Для сравнения с действующими отечественными и зарубежными нормативами значение концентрации NO_x в продуктах сгорания различных ГТУ приводят к значению содержания кислорода $O_2 = 15$ % по формуле

$$c^{*}_{NO_x} = c_{NO_x}\frac{21-15}{21-O_2}, \qquad (32)$$

где $c^{*}_{NO_x}$ и c_{NO_x} — приведенная и действительная концентрации оксидов азота, мг/м^3;

O_2 — фактическое значение концентрации кислорода в продуктах сгорания ГТУ, %.

В связи с установленными раздельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксидов азота суммарные их выбросы разделяются на составляющие, расчет которых проводится согласно п. 1.6 данной методики.

2.2 Оксиды серы

Суммарное количество оксидов серы M_{SO_2} (т/с, т/год, т/мес и т.д.), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, вычисляют по формуле

$$M_{SO_2} = 0{,}02BS^{т}\left(1-\eta'_{SO_2}\right)\left(1-\eta''_{SO_2}\right)\left(1-\eta^{c}_{SO_2}\frac{n_o}{n_к}\right), \qquad (33)$$

где B — расход топлива за рассматриваемый период, г/с (т/год и т.д.);

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

η'_{SO_2} — доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле;

η''_{SO_2} — доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с твердыми частицами;

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

n_o и $n_к$ — длительность работы сероулавливающей установки и котла соответственно, ч/год.

Ориентировочные значения η'_{SO_2} при факельном сжигании различных видов топлива приведены ниже.

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

Доля оксидов серы η''_{SO_2}, улавливаемых в сухих золоуловителях (электрофильтрах, батарейных циклонах), принимается равной нулю. В мокрых золоуловителях МС и МВ эта доля зависит от общей щелочности орошающей воды и от приведенной сернистости топлива $S^{пр}$.

$$S^{пр} = S^r / Q_i^r \quad . \tag{34}$$

При принятых на тепловых электростанциях удельных расходах воды на орошение золоуловителей 0,1—0,15 дм^3/м^3 η''_{SO_2} определяется по графику рисунка Д.5 Приложения Д.

При совместном сжигании топлива различных видов выбросы оксидов серы рассчитываются отдельно для топлива каждого вида и результаты суммируются.

Примечание — При разработке нормативов предельно допустимых и временно согласованных выбросов (ПДВ и ВСВ) следует применять балансово-расчетный метод, позволяющий более точно учесть выбросы диоксида серы. Это связано с тем, что сера распределена в топливе неравномерно. При определении максимальных выбросов в г/с используются максимальные значения содержания серы в топливе S^r за прошедший год, валовых выбросов в т/год — среднегодовые значения S^r.

2.3 Оксид углерода

Концентрацию оксида углерода в дымовых газах расчетным путем определить невозможно. Расчет выбросов CO следует выполнять по данным инструментальных замеров в соответствии с п. 1 данного руководящего документа.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

3.1 Определение выбросов твердых частиц по данным инструментальных замеров

Максимальный выброс твердых частиц $M_{тв}$ (г/с), поступающих в атмосферу с дымовыми газами, определяется по формуле:

$$M_{тв} = c_{эксп} V_г^р, \qquad (35)$$

где $c_{эксп}$ — замеренная массовая концентрация твердых частиц в дымовых газах при работе котла на максимальной нагрузке, г/м^3;

$V_г^р$ — реальный объем дымовых газов, замеренный в том же сечении газохода или рассчитанный по составу топлива при рабочих условиях и работе котла на максимальной нагрузке, м^3/с.

При совместном сжигании топлив разных видов максимальные выбросы твердых частиц (г/с) рассчитывают по данным инструментальных замеров, сделанных при работе котла на максимальной нагрузке и максимальной доле (по теплу) наиболее зольного вида топлива.

Валовые выбросы твердых частиц (т за отчетный период) следует определять расчетным методом.

3.2 Расчет выбросов твердых частиц

3.2.1 Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива) $M_{тв}$, поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов (г/с, т/год, т/квартал, т/мес), вычисляют по одной из двух формул:

$$M_{тв} = B\frac{A^r}{100 - Г_{ун}} a_{ун}(1 - \eta_з) \qquad (36)$$

или

$$M_{тв} = 0{,}01B\left(a_{ун}A^r + q_4\frac{Q_i^r}{32{,}68}\right)(1 - \eta_з), \qquad (37)$$

где B — расход топлива, г/с (т/год, т/квартал, т/мес);

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

$\Gamma_{ун}$ — содержание горючих в уносе, %;

$a_{ун}$ — доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе);

$\eta_з$ — доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях, с учетом залповых выбросов[1];

q_4 — потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %;

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

32,68 — теплота сгорания углерода, МДж/кг.

3.2.2 Количество летучей золы $M_з$, г/с (т/год, т/квартал, т/мес), входящее в суммарное количество твердых частиц, уносимых в атмосферу, вычисляют по формуле

$$M_з = 0{,}01 B a_{ун} A^r (1 - \eta_з). \qquad (38)$$

3.2.3 Количество твердых частиц $M_к$, г/с (т/год, т/квартал, т/мес), образующихся в топке в результате механического недожога топлива и выбрасываемых в атмосферу в виде коксовых остатков, при сжигании твердого топлива определяют по формуле

$$M_к = M_{тв} - M_з. \qquad (39)$$

Примечание — При определении максимальных выбросов в г/с используются максимальные значения A^r за прошедший год, валовых выбросов в т — средние за отчетный период значения A^r.

3.3 Расчет выбросов мазутной золы в пересчете на ванадий

Мазутная зола представляет собой сложную смесь, состоящую в основном из оксидов металлов. Биологическое воздействие ее на окружающую среду рассматривается как воздействие единого целого. В качестве контролирующего показателя принят ванадий, по содержанию которого в золе установлен санитарно-гигиенический норматив (ПДК).

Суммарное количество мазутной золы $M_{м.з}$, г/с (т/год, т/квартал, т/мес) в пересчете на ванадий, поступающей в атмосферу с дымовыми газами котла при сжигании мазута, вычисляют по формуле

$$M_{м.з} = G_v B (1 - \eta_{ос}) \left(1 - \frac{\eta_{зу}^{(v)}}{100}\right) k_п, \qquad (40)$$

где G_v — количество ванадия, содержащегося в 1 т мазута, г/т, может быть определено одним из двух способов:

- по результатам химического анализа мазута:

---

[1] В расчете не учитывается влияние сероулавливающих установок

$$G_v = a_v 10^4, \quad (41)$$

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

10^4 — коэффициент пересчета;

- по приближенной формуле (при отсутствии данных химического анализа):

$$G_v = 2222 A^r, \quad (42)$$

где 2222 — эмпирический коэффициент;

A^r — содержание золы в мазуте на рабочую массу, %.

Примечание — При отсутствии результатов химического анализа значения A^r принимаются по данным, опубликованным в справочнике "Энергетическое топливо СССР". — М.: Энергоатомиздат, 1991 (см. Приложение Е данной методики);

B — расход топлива; при определении выбросов в г/с берется в т/ч, в т за отчетный период — в т/год, т/квартал, т/мес;

η_{oc} — доля ванадия, оседающего с твердыми частицами на поверхности нагрева мазутных котлов, которую принимают равной

0,07 — для котлов с промпароперегревателями, очистка поверхностей которых производится в остановленном состоянии,

0,05 — для котлов без промпароперегревателей при тех же условиях очистки,

0 — для остальных случаев;

$\eta_{зу}^{(v)}$ — степень очистки дымовых газов от мазутной золы в золоулавливающих установках, % (см. Приложение Ж);

$k_п$ — коэффициент пересчета; при определении выбросов в г/с $k_п = 0{,}278 \cdot 10^{-3}$; в т — $k_п = 10^{-6}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Расчет объема сухих дымовых газов

А.1 Объем сухих дымовых газов при нормальных условиях рассчитывается по уравнению

$$V_{сг} = V_г^0 + (\alpha - 1)V^0 - V_{H_2O}^0, \qquad (А.1)$$

где V^0, $V_г^0$ и $V_{H_2O}^0$ — соответственно объем воздуха, дымовых газов и водяных паров при стехиометрическом сжигании одного килограмма (1 м^3) топлива, м^3/кг (м^3/м^3).

А.2 Для твердого и жидкого топлива расчет выполняют по химическому составу сжигаемого топлива по формулам:

$$V^0 = 0{,}0889\left(C^r + 0{,}375S^r_{ор+к}\right) + 0{,}265H^r - 0{,}0333O^r; \qquad (А.2)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0{,}111H^r + 0{,}0124W^r + 0{,}0161V^0; \qquad (А.3)$$

$$V_г^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 = 1{,}866\frac{C^r + 0{,}375S^r_{ор+к}}{100} + 0{,}79V^0 + $$

$$+ 0{,}8\frac{N^r}{100} + V_{H_2O}^0, \qquad (А.4)$$

где C^r, $S^r_{ор+к}$, H^r, O^r и N^r — соответственно содержание углерода, серы (органической и колчеданной), водорода, кислорода и азота в рабочей массе топлива, %;

W^r — влажность рабочей массы топлива, %.

А.3 Для газообразного топлива расчет выполняется по формулам

$$V^0 = 0{,}0476\left[0{,}5CO + 0{,}5H_2 + 1{,}5H_2S + \sum\left(m + \frac{n}{4}\right)C_mH_n - O_2\right], \qquad (А.5)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0{,}01\left[H_2 + H_2S + 0{,}5\sum nC_mH_n + 0{,}124d_{г.т.}\right] + 0{,}0161V^0, \qquad (А.6)$$

$$V_г^0 = 0{,}01\left[CO_2 + CO + H_2S + \sum mC_mH_n\right] + 0{,}79V^0 + \frac{N_2}{100} + V_{H_2O}^0, \qquad (А.7)$$

где CO, CO_2, H_2, H_2S, C_mH_n, N_2 и O_2 — соответственно содержание оксида углерода, диоксида углерода, водорода, сероводорода, углеводородов, азота и кислорода в исходном топливе, %;

m и n — число атомов углерода и водорода соответственно;

$d_{г.т.т.}$ — влагосодержание газообразного топлива, отнесенное к 1 $м^3$ сухого газа, $г/м^3$.

Химический состав твердого, жидкого и газообразного топлива может быть определен по справочнику "Энергетическое топливо СССР" (М.: Энергоатомиздат, 1991) или по аналогичным справочникам.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

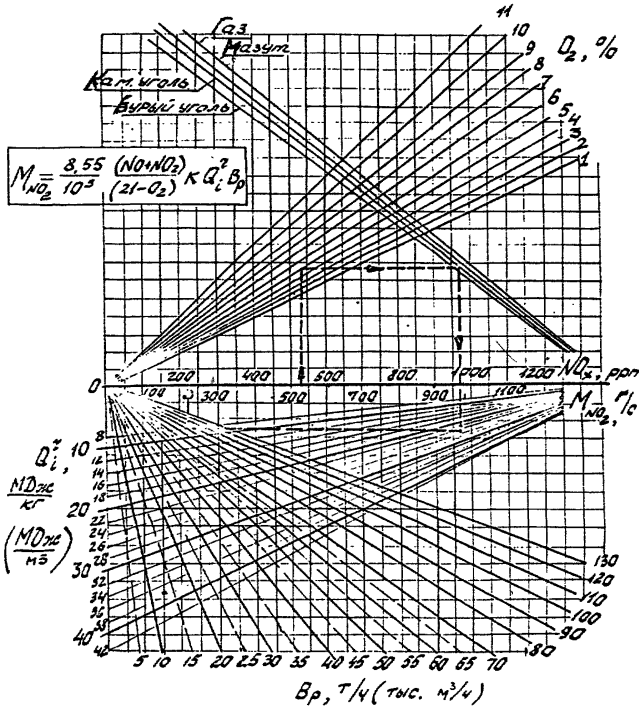


Рисунок Б.1 — Оценка выбросов NO_x (номограмма)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

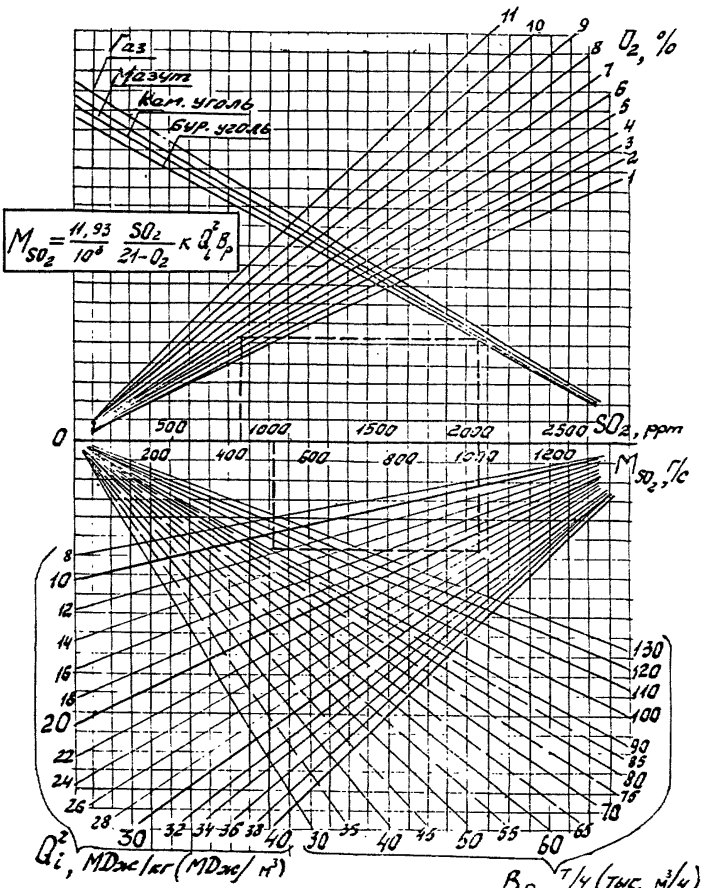


Рисунок Б.2 — Оценка выбросов SO_2 (номограмма)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

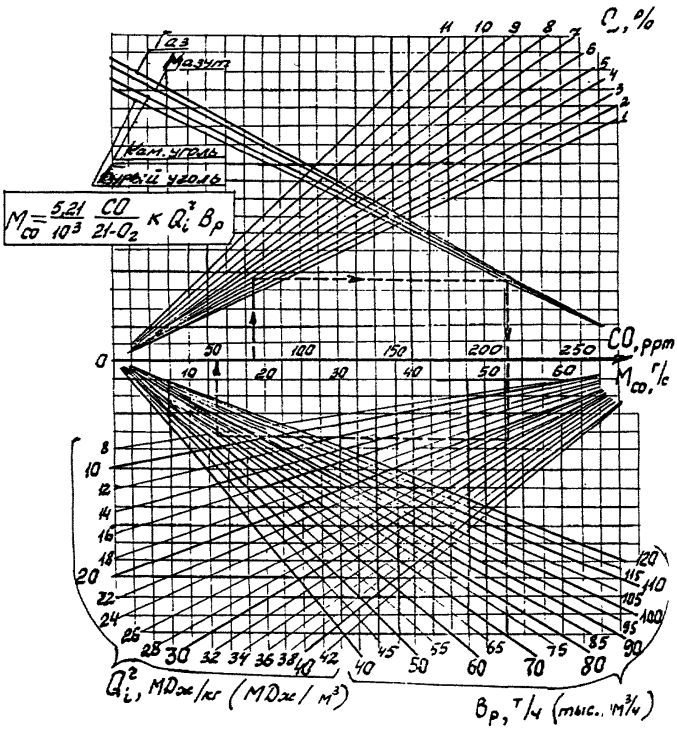


Рисунок Б.3 — Оценка выбросов CO (номограмма)

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)

Пример расчета выбросов вредных веществ для котла БКЗ-320-140ГМ при сжигании сернистого мазута

Расход мазута В, т/ч	21
Объем сухих дымовых газов (расчет по нормативному методу "Тепловой расчет котельных агрегатов") $V_{сг}$, $м^3/кг$	13,91
Теплота сгорания мазута Q_i^r, МДж/кг	39,0
Измеренный состав дымовых газов за дымососом:	
кислород O_2, %	7,6
оксиды азота I_{NOx}, ppm	196
оксид углерода I_{CO}, ppm	57
диоксид серы I_{SO_2}, ppm	1125
Массовые концентрации, $мг/м^3$:	
оксиды азота c_{NOx}	450
оксид углерода c_{CO}	80
диоксид серы c_{SO_2}	3600
Суммарное количество загрязняющих веществ, г/с:	
оксиды азота M_{NO_x}, в том числе:	36,5
диоксид азота M_{NO_2}	29,2
оксид азота M_{NO}	4,75
оксид углерода M_{CO}	6,5
диоксид серы M_{SO_2}	292,3

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(рекомендуемое)

Пример расчета максимальных (г/с) и валовых (т) выбросов оксидов азота при совместном сжигании газа и угля

Исходные данные:

Тип котла ТП-87
Максимальная нагрузка, т/ч 420
Средняя нагрузка в течение года, т/ч 370
Сжигаемое топливо ..... Природный газ, уголь
Сорт угля ..... Кузнецкий тощий
Максимальная доля угля по теплу при максимальной нагрузке ... 0,2
Средняя в течение года доля угля (по теплу) 0,08
Расход топлива при максимальной нагрузке, т усл. топл./ч 40
Расход топлива при средней нагрузке, т усл. топл./ч 35,5
Годовой расход топлива на котел, т усл. топл. 213000

Расчет ведется по формуле (1), при этом расход топлива $B_р$ берется в т усл. топл./ч (для определения максимальных выбросов) и в т усл. топл. за отчетный период (для определения валовых выбросов).

Экспериментальные зависимости концентрации NO_x от нагрузки котла $c_{NO_x} = f(D)$ для случаев раздельного сжигания угля и газа представлены на рисунках Г.1 и Г.2.

По этим рисункам определяются концентрации NO_x при максимальной и средней нагрузках (пунктирные линии) и раздельном сжигании угля (топливо первого вида) и газа (топливо второго вида):

$$c_{max1} = 1430 \text{ мг/м}^3, \qquad c_{ср1} = 1190 \text{ мг/м}^3;$$

$$c_{max2} = 290 \text{ мг/м}^3, \qquad c_{ср2} = 208 \text{ мг/м}^3.$$

Максимальная концентрация NO_x при сжигании смеси топлива рассчитывается по формуле (14):

$$c_{max} = 0{,}2 \cdot 1430 + 0{,}8 \cdot 290 = 518 \text{ мг/м}^3.$$

Средняя концентрация NO_x при сжигании смеси топлива рассчитывается по формуле (17):

$$c_{ср} = 0{,}08 \cdot 1190 + 0{,}92 \cdot 208 = 287 \text{ мг/м}^3.$$

Объем сухих дымовых газов при совместном сжигании и максимальной нагрузке котла рассчитывается по формуле (15) в пересчете на условное топливо, при этом объемы сухих дымовых газов для угля и природного газа (также на условное топливо) могут быть определены по п. 1.4 данной методики:

$$V_{с.г1} = 0{,}365 \cdot 29{,}33 = 10{,}705 \text{ м}^3/\text{кг усл. топл.};$$

$$V_{с.г2} = 0{,}345 \cdot 29{,}33 = 10{,}119 \text{ м}^3/\text{кг усл. топл.};$$

$$V_{с.г} = 0{,}2 \cdot 10{,}705 + 0{,}8 \cdot 10{,}119 = 10{,}236 \text{ м}^3/\text{кг усл. топл.}$$

Объем сухих дымовых газов при совместном сжигании и средней нагрузке котла рассчитывается по формуле (18) в пересчете на условное топливо, при этом объемы сухих дымовых газов для угля и природного газа остаются теми же, что и в предыдущем случае. Поэтому

$$V_{с.г} = 0{,}08 \cdot 10{,}705 + 0{,}92 \cdot 10{,}119 = 10{,}166 \text{ м}^3/\text{кг усл. топл.}$$

Максимальные выбросы M_{NO_x} определяются по соотношению

$$M_{NO_x} = 518 \cdot 10{,}236 \cdot 40 \cdot 0{,}278 \cdot 10^{-3} = 58{,}96 \text{ г/с.}$$

Валовые выбросы M_{NO_x} определяются по соотношению

$$M_{NO_x} = 287 \cdot 10{,}166 \cdot 213000 \cdot 10^{-6} = 621{,}5 \text{ т.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(рекомендуемое)

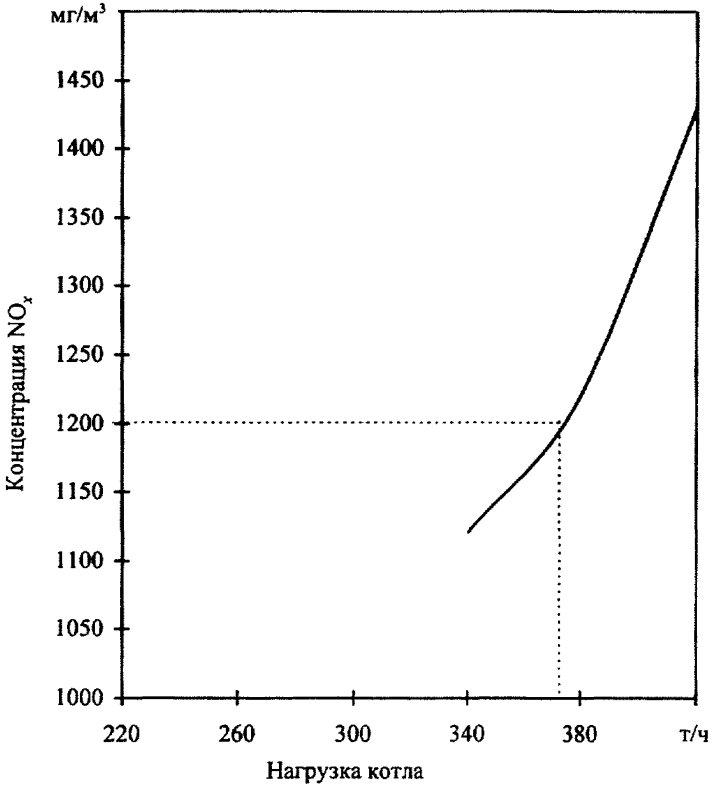


Рисунок Г.1 — Зависимость концентрации оксидов азота от нагрузки котла при сжигании угля

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(рекомендуемое)

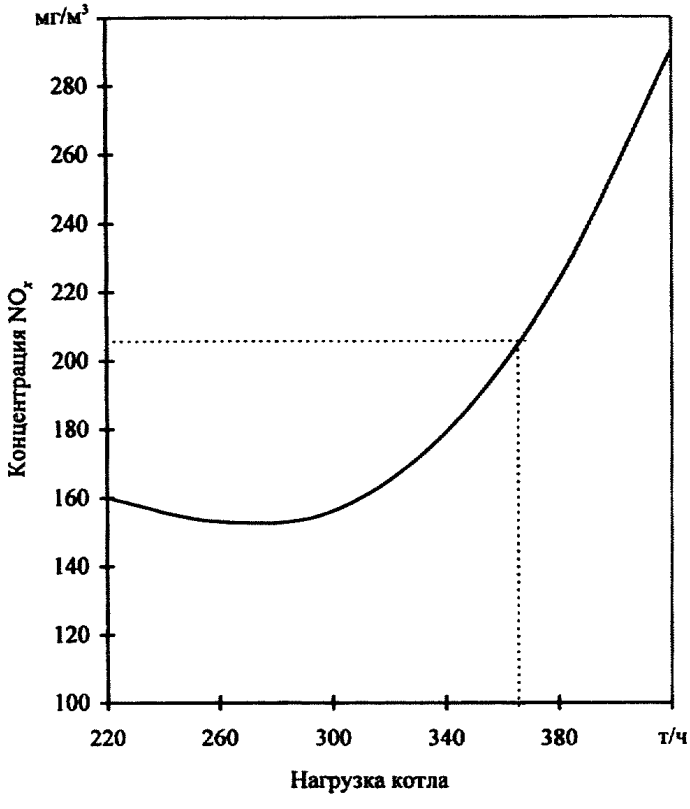


Рисунок Г.2 — Зависимость концентрации оксидов азота от нагрузки котла при сжигании газа

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

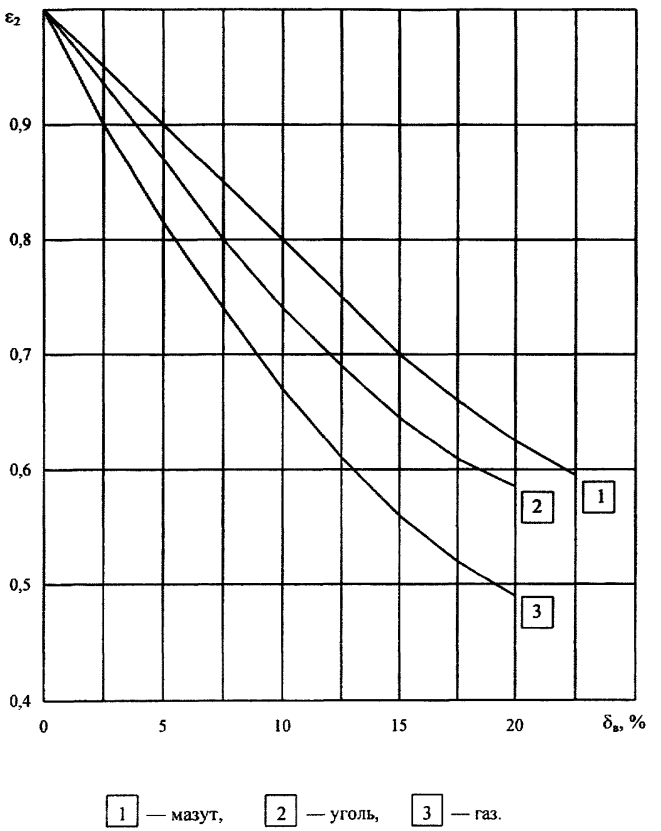


Рисунок Д.1 — Значение коэффициента ε_2 в зависимости от доли воздуха, подаваемого помимо основных горелок

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

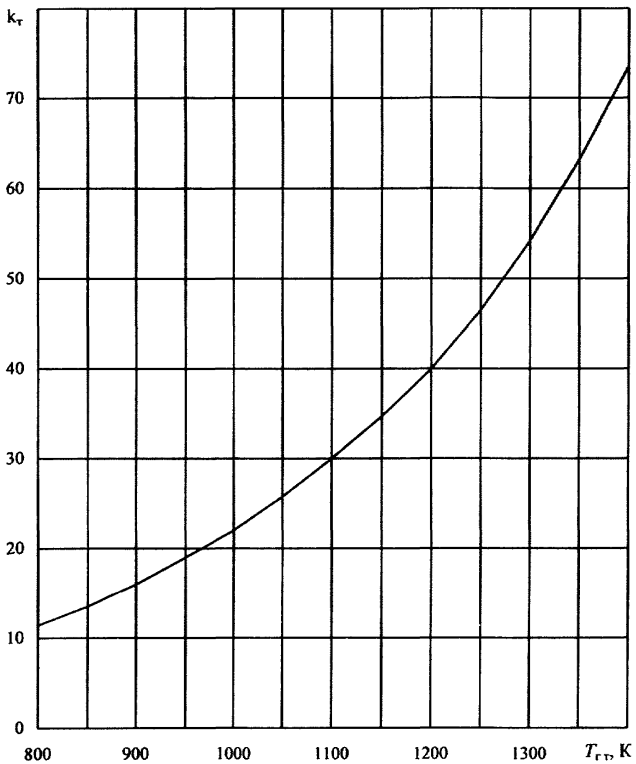


Рисунок Д.2 — Зависимость коэффициента $k_т$ от температуры газов перед турбиной для высокофорсированных камер сгорания

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

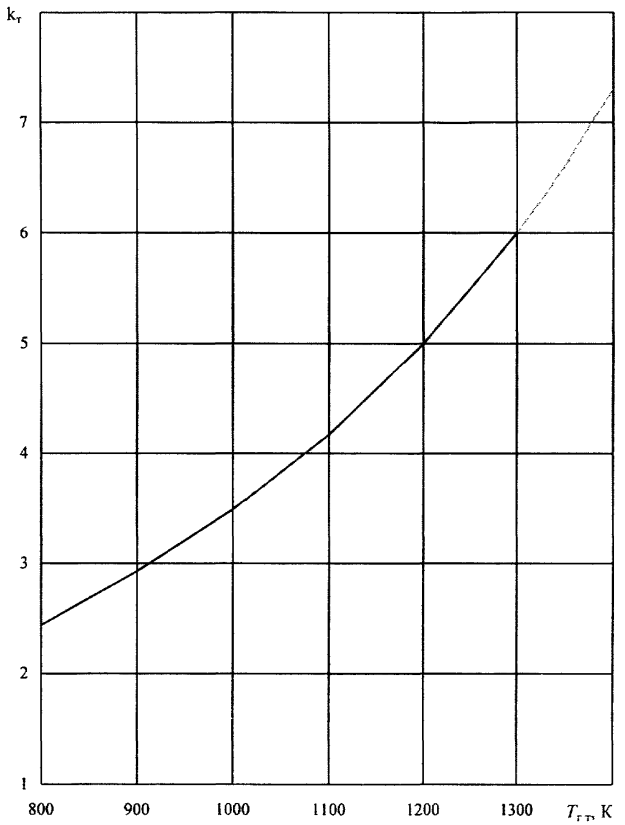


Рисунок Д.3 — Зависимость коэффициента $k_т$ от температуры газов перед турбиной для микрофакельных камер сгорания

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

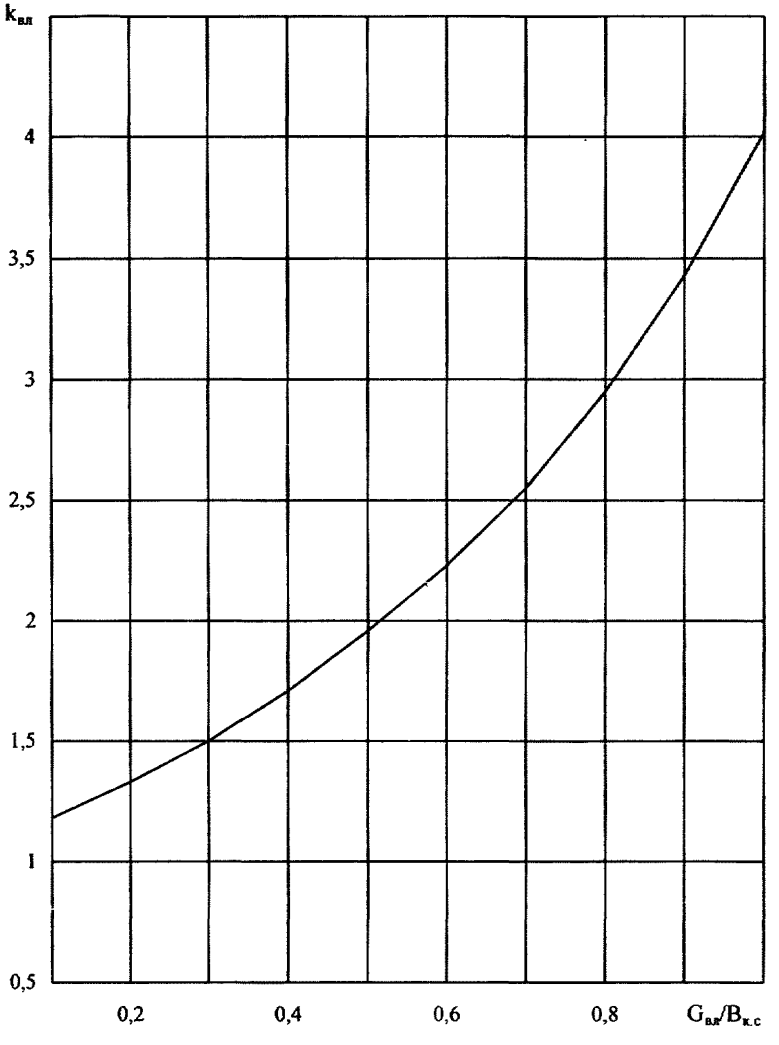
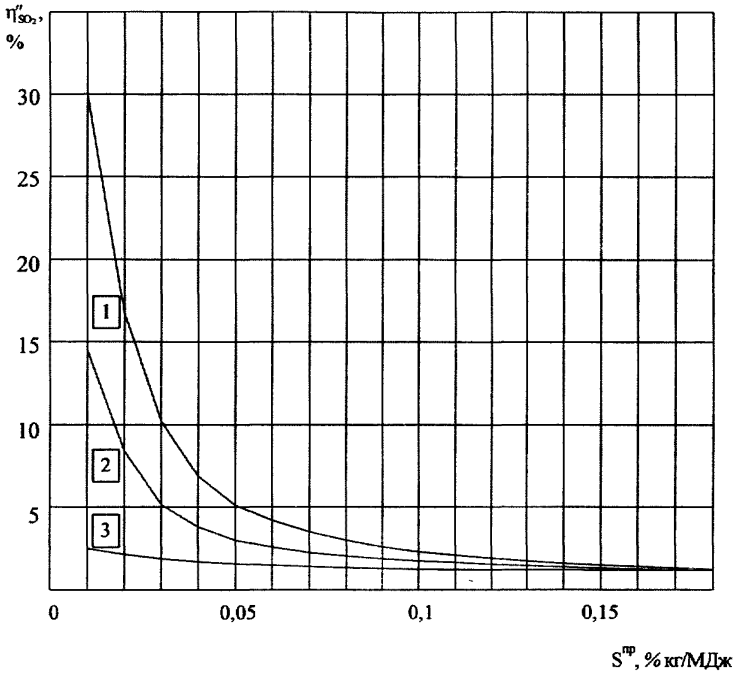


Рисунок Д.4 — Зависимость коэффициента $k_{вл}$ от относительного расхода влаги (пара или воды) в камере сгорания

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)



Щелочность орошающей воды, мг-экв/дм^3: 1 — 10
2 — 5
3 — 0

Рисунок Д.5 — Степень улавливания оксидов серы в мокрых золоуловителях в зависимости от приведенной сернистости топлива и щелочности орошающей воды

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(справочное)

Таблица Е.1 — **Зольность и общая влага мазутов**

Нефтеперерабатывающий завод	Марка мазута	Зольность A^r, %	Содержание влаги W^r, %
Московский	40	0,054	0,27
	40	0,031	0,13
	100	0,033	0,12
Ангарский	40	0,022	0,01
	40	0,027	0,02
	100	0,020	0,01
	100	0,020	0,02
Салаватнефтеоргсинтез	40	0,06	Следы
	40	0,05	— " —
	100	0,05	— " —
Сызранский	100	0,09	0,50
	100	0,11	0,50
Горькнефтеоргсинтез	40В	0,023	0,05
	40 высокосернистый	0,023	0,06
	100В	0,027	0,05
	100 высокосернистый	0,033	0,07
Саратовский	40В	0,04	0,19
	40В	0,04	0,12
Уфимский	40	0,07	Отсутствует
	100	0,08	— " —
Новоуфимский	100	0,05	Следы
	100	0,04	— " —
Ишимбайский	40	0,05	0,25
	40	0,06	0,39
	100	0,06	0,13
	100	0,07	0,12
Ярославнефтеоргсинтез	40	0,02	0,16
	100	0,02	0,10
	40В	0,02	Следы

Продолжение таблицы Е.1

Нефтеперерабатывающий завод	Марка мазута	Зольность A^r, %	Содержание влаги W^r, %
Орский	40 сернистый	0,05	0,34
	40 высокосернистый	0,05	0,33
	100 сернистый	0,05	0,30
	100 высокосернистый	0,05	0,33
Новополоцкнефтеоргсинтез	40В	0,018	Отсутствует
	100В	0,017	Следы
	100В	0,02	0,01
	100 высокосернистый	0,03	0,02
	100	0,02	0,01
	100 высокосернистый	0,03	0,05
Новокуйбышевский	40В	0,03	Отсутствует
	40 сернистый	0,03	— " —
	100	0,04	— " —
Куйбышевский	40	0,12	Следы
	100	0,13	— " —
	100	0,13	0,20
Пермьнефтеоргсинтез	40	0,02	Отсутствует
	100	0,03	— " —
	100	0,02	— " —
Ухтинский	40	0,02	0,02
Рязанский	40В	0,03	Следы
	40	0,04	0,09
	40В	0,06	отс.
	40	0,04	0,06
	100	0,04	0,12
Гурьевский	100В	0,028	Следы
	100В	0,039	0,21
Красноводский	100В	0,036	0,17
	100В	0,035	0,23
Комсомольский	40	0,019	0,28
	40В	0,014	0,25
	100	0,019	0,41
	100В	0,015	0,23

Окончание таблицы Е 1

Нефтеперерабатывающий завод	Марка мазута	Зольность A^r, %	Содержание влаги W^r, %
Кременчугский	100В	0,031	0,06
	100В	0,029	0,09
Заводы Баку	40МС	0,085	0,64
	40МС	0,095	0,46
	40В	0,038	0,20
	40В	0,037	0,17
	100	0,059	0,60
	100	0,070	0,43
Заводы Грозного	40В	0,030	Следы
	40В	0,034	— " —

Примечание — Данные за 1985—1986 гг. опубликованы в справочнике "Энергетическое топливо СССР" (М.: Энергоатомиздат, 1991).

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(обязательное)

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

Ж.1 Степень очистки газов от мазутной золы (в пересчете на ванадий) $\eta_{зу}^{(v)}$, %, в специально применяемых для этого батарейных циклонах определяют по формуле

$$\eta_{зу}^{(v)} = 0{,}076\left(\eta_{зу\ общ}\right)^{1{,}85} - 2{,}32\eta_{зу\ общ}, \qquad (Ж.1)$$

где 0,076 и 2,32 — эмпирические коэффициенты;

1,85 — эмпирический показатель степени;

$\eta_{зу\ общ}$ — общая степень улавливания твердых частиц, образующихся при сжигании мазута в котлах ТЭС и котельных, %.

Зависимость (Ж.1) действительна при выполнении условия

$$65\ \% < \eta_{зу.общ.} < 85\ \%.$$

Ж.2 При совместном сжигании мазута и твердого топлива в пылеугольных котлах степень улавливания мазутной золы в пересчете на ванадий $\eta_{зу}^{(v)}$, %, в золоулавливающих установках вычисляется по формуле

$$\eta_{зу}^{(v)} = \eta_{у}C, \qquad (Ж.2)$$

где $\eta_{у}$ — общая степень улавливания твердых частиц при сжигании угля, %;

C — коэффициент, равный

0,6 — для электрофильтров,

0,5 — для мокрых аппаратов,

0,3 — для батарейных циклонов.

Подписано в печать 21.12.98. Печать офсетная. Формат 60×90/16.
Уч.-изд. л 2,25. Тираж 550 экз. Зак. № 134. Заказное.

ПМБ ВТИ. 109280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23.

gost.e-ecolog.ru