

Утверждаю  
Председатель  
Государственного комитета  
Российской Федерации  
по охране окружающей среды  
В.И.ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН  
9 июля 1999 года

**МЕТОДИКА  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ  
ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА В КОТЛАХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ  
МЕНЕЕ 30 ТОНН ПАРА В ЧАС ИЛИ МЕНЕЕ 20 ГКАЛ В ЧАС**

Методика разработана научно-исследовательским институтом охраны атмосферного воздуха (НИИАтмосфера) при участии Госкомэкологии Пермской области, Всероссийского научно-исследовательского теплотехнического института (ВТИ), энергетического института им. Г.М. Кржижановского (ЭНИН) и ООО "Импульс-Холдинг".

**ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Настоящая Методика (далее - Методика) предназначена для определения выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ с дымовыми газами котлоагрегатов паропроизводительностью до 30 т/ч и водогрейных котлов мощностью до 25 МВт (20 Гкал/ч) по данным периодических измерений их концентраций в дымовых газах или расчетным путем при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива.

Методика применяется с начала отчетного периода - 1 января 2000 года для:  
составления статистической отчетности по форме 2-ТП (воздух);  
установления предельно допустимых и временно согласованных выбросов;  
планирования работ по снижению выбросов;  
контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.  
Периодичность проверки Методики - 5 лет.

При определении валовых выбросов загрязняющих веществ в тоннах в год значения исходных величин, входящих в расчетные формулы, принимаются по отчетным данным предприятия, с усреднением их за этот период.

При определении максимальных выбросов загрязняющих веществ в граммах в секунду значения расхода топлива принимаются исходя из наибольшей нагрузки 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), рассчитывается по уравнению:

$$M_j = c_j \cdot V_{ст} \cdot V_{рп} \cdot k, \quad (1)$$

где  $c_j$  - массовая концентрация загрязняющего вещества  $j$  в сухих дымовых газах при стандартном коэффициенте избытка воздуха  $\alpha = 1,4$  и нормальных условиях  $\langle 1 \rangle$ , мг/куб. м; определяется по п. 1.2;

-----  
 $\langle 1 \rangle$  Температура 273 К и давление 101,3 кПа.

$V_{ст}$  - объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании 1 кг (1 куб. м) топлива, при  $\alpha = 1,4$ , куб. м/кг топлива (куб. м/куб. м топлива);

$V_p$  - расчетный расход топлива; определяется по п. 1.3;  
 при определении выбросов в граммах в секунду  $V_p$  берется в т/ч  
 (тыс. куб. м/ч); при определении выбросов в тоннах в год  $V_p$   
 берется в т/год (тыс. куб. м/год);  
 $k_p$  - коэффициент пересчета;  
 при определении выбросов в граммах в секунду  $k_p = 0,278 \times 10^{-3}$ ;  
 при определении выбросов в тоннах в год  $k_p = 10^{-6}$ .

1.2. Массовая концентрация загрязняющего вещества  $j$  рассчитывается по измеренной  $c_{j, \text{изм}}$  концентрации, мг/куб. м, по соотношению:

$$c_j = c_{j, \text{изм}} \frac{\alpha_{\text{альфа}}}{\alpha_{\text{альфа}}}, \quad (2)$$

где  $\alpha_{\text{альфа}}$  - коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы.

$\langle 2 \rangle$  Измерение концентрации загрязняющих веществ регламентируется соответствующими положениями отраслевых методических документов по инвентаризации (нормированию, контролю) выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

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

$$c_j = I_{j, \text{ро}} \frac{\alpha_{\text{альфа}}}{\alpha_{\text{альфа}}}, \quad (3)$$

где:  $I_{j, \text{ро}}$  - измеренная объемная концентрация при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha_{\text{альфа}}$ , ppm  $\langle 1 \rangle$ ;

$\langle 1 \rangle 1 \text{ ppm} = 1 \text{ куб. см/куб. м} = 1 \text{ куб. нсм/куб. м} = 0,0001\% \text{ об.}$

$\rho_{j, \text{ро}}$  - удельная масса загрязняющего вещества, кг/куб. м.

Для основных газообразных загрязняющих веществ, содержащихся в выбрасываемых в атмосферу дымовых газах котельных установок (оксидов азота в пересчете на NO<sub>2</sub>, оксида углерода и диоксида серы), значения удельной массы  $\rho_{j, \text{ро}}$  составляют:

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{NO}_2, \text{ро}} &= 2,05 \text{ кг/куб. м} \\
 \rho_{\text{CO}, \text{ро}} &= 1,25 \text{ кг/куб. м} \\
 \rho_{\text{SO}_2, \text{ро}} &= 2,86 \text{ кг/куб. м.}
 \end{aligned} \quad (4)$$

Формулы (4) получены в предположении, что перечисленные газы являются идеальными <2>.

<2> Погрешность, вносимая этим предположением, значительно меньше погрешности измерений.

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

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

где:  $O_2$  - измеренная концентрация кислорода в месте отбора пробы дымовых газов, % <1>.

<1> Для более точного определения альфа в уравнение (5) следует подставить значение концентрации избыточного кислорода:

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

Однако, если обеспечен нормальный топочный режим, содержание CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> не превышает 0,01% по объему и можно считать, что:

$$O_2^{\text{изб}} \approx O_2.$$

При расчете максимальных выбросов загрязняющего вещества в граммах в секунду берутся максимальные значения массовой концентрации этого вещества при наибольшей нагрузке за отчетный период.

При определении валовых выбросов в тоннах в год используется среднее значение массовой концентрации загрязняющего вещества за год. Среднее значение массовой концентрации определяется 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 <2>.

<2> 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  $V$ , т/ч (тыс. куб. м/ч) или т/год (тыс. куб. м/год), определяется по соотношению:

$$V_p = \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \times V, \quad (6)$$

где  $V$ : - полный расход топлива на котел, т/ч (тыс. куб. м/ч) или т/год (тыс. куб. м/год);  
 $q_4$  - потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %.

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

1.4. Расчет объема сухих дымовых газов  $V_{ст}$  проводится по нормативному методу <1> по химическому составу сжигаемого топлива или табличным данным. Расчетные формулы приведены в Приложении А.

<1> Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. М., Энергия, 1973.

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

$$V_{\text{ст}} = K \frac{Q_{\text{н}}}{i} \quad (7)$$

где:  $Q_{\text{н}}$  - низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/куб. м);  
 $K$  - 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  $j$  (при использовании приборов, измеряющих объемную концентрацию в ppm) записывается в виде:

$$M_j = I_{\text{р}} \frac{15}{21 - \text{O}_2} K \frac{Q_{\text{н}}}{i} V_{\text{ст}} \quad (8)$$

С учетом (4) выбросы оксидов азота, оксида углерода и диоксида серы рассчитываются по соотношениям:

$$M_{\text{NO}_x} = 30,75 \frac{I_{\text{NO}_x}}{21 - \text{O}_2} K \frac{Q_{\text{н}}}{i} V_{\text{ст}} \quad (9)$$

$$M_{\text{CO}} = 18,75 \frac{I_{\text{CO}}}{21 - \text{O}_2} K \frac{Q_{\text{н}}}{i} V_{\text{ст}} \quad (10)$$

$$M_{\text{SO}_2} = 42,90 \frac{I_{\text{SO}_2}}{21 - \text{O}_2} K \frac{Q_{\text{н}}}{i} V_{\text{ст}} \quad (11)$$

1.6. В связи с установленными отдельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы оксидов азота разделяются на составляющие (с учетом различия в молекулярной массе этих веществ):

$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 M_{\text{NO}_x} \quad (12)$$

$$M_{\text{NO}} = (1 - 0,8) M_{\text{NO}_x} \frac{m_{\text{NO}}}{m_{\text{NO}_2}} = 0,13 M_{\text{NO}_x} \quad (13)$$

где:  $m_{\text{NO}}$  и  $m_{\text{NO}_2}$  - молекулярные массы NO и NO<sub>2</sub>, равные 30 и 46 соответственно;

0,8 - коэффициент трансформации оксида азота в диоксид <1>.

<1> Численное значение коэффициента трансформации может устанавливаться расчетно-экспериментальным методом, утверждаемым Госкомэкологией России.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ГАЗООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ РАСЧЕТНЫМИ МЕТОДАМИ

### 2.1. Оксиды азота

#### 2.1.1. Расчет выбросов оксидов азота при сжигании природного газа

Суммарное количество оксидов азота  $NO_x$  в пересчете на  $NO_2$  (в г/с, т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{NO_x} = V_p \cdot Q_i \cdot K_{NO_2} \cdot \beta_k \cdot \beta_t \cdot \beta_{\alpha} \cdot (1 - \beta_r) \cdot x_{\delta} \cdot (1 - \beta_p) \cdot k_p, \quad (14)$$

где:  $V_p$  - расчетный расход топлива, куб. м/с (тыс. куб. м/год);  
при работе котла в соответствии с режимной картой с достаточной степенью точности может быть принято  $V = V_p$  - фактическому расходу топлива на котел;

$Q_i$  - низшая теплота сгорания топлива, МДж/куб. м;

$K_{NO_2}$  - удельный выброс оксидов азота при сжигании газа, г/МДж.

Для паровых котлов:

$$K_{NO_2} = 0,01 \sqrt{D} + 0,03, \quad (15)$$

где:  $D$  - фактическая паропроизводительность котла, т/ч.

Для водогрейных котлов:

$$K_{NO_2} = 0,013 \sqrt{\frac{Q}{T}} + 0,03, \quad (16)$$

где:  $Q$  - фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, МВт, определяемая по формуле:

$$Q_T = V_p \cdot Q_i, \quad (17)$$

$\beta_k$  - безразмерный коэффициент, учитывающий принципиальную конструкцию горелки.

Для всех дутьевых горелок напорного типа (т.е. при наличии дутьевого вентилятора на котле) принимается  $\beta_k = 1,0$ .

Для горелок инжекционного типа принимается  $\beta_k = 1,6$ .

Для горелок двухступенчатого сжигания (ГДС)  $\beta_k = 0,7$ .

Бета<sub>t</sub> - безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения:

$$\beta_t = 1 + 0,002 (t_{гв} - 30), \quad (18)$$

где:  $t_{гв}$  - температура горячего воздуха, °С.

Бета<sub>альфа</sub> - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота.

В общем случае значение бета<sub>альфа</sub> = 1,225.

При работе котла в соответствии с режимной картой бета<sub>альфа</sub> =

1.

Для котлов с напорными (дутьевыми) горелками или горелками ГДС при наличии результатов испытаний котла с измерением O<sub>2</sub> и CO для более точного учета избытка воздуха используется формула <\*>:

-----  
 <\*> Снижение коэффициента бета<sub>альфа</sub> (т.е. уменьшение выбросов NO<sub>x</sub>) за счет снижения концентрации кислорода O<sub>2</sub> ограничивается ростом концентрации CO сверх 0,01%. Увеличивать концентрацию кислорода O<sub>2</sub> для снижения бета<sub>альфа</sub> не рекомендуется по причине роста потерь с уходящими газами  $q_2$ .

$$\beta_{\text{альфа}} = \beta_{\text{альфа}} = 1 - 0,1 \left( O_2 - \bar{O}_2 \right)^2 - 0,3 \left( O_2 - \bar{O}_2 \right)^5, \quad (19)$$

где: O<sub>2</sub> - концентрация кислорода в дымовых газах за котлом, %;

$\bar{Q}$  - относительная тепловая нагрузка котла, равная отношению

$$\bar{Q} = Q_{\text{ф}} / Q_{\text{н}} \text{ или } \bar{Q} = D_{\text{ф}} / D_{\text{н}},$$

где:  $Q_{\text{ф}}$ ,  $D_{\text{ф}}$ ,  $Q_{\text{н}}$  и  $D_{\text{н}}$  - соответственно фактические и номинальные тепловая нагрузка и паропроизводительность котла, МВт, т/ч.

Для котлов с инъекционными горелками влияние избытка воздуха учитывается коэффициентом бета<sub>альфа</sub>:

$$\beta_{\text{альфа}} = \beta_{\text{альфа}} = 0,577 \sqrt{S_{\text{т}} / n}, \quad (20)$$

где:  $S_{\text{т}}$  - разрежение в топке, кгс/кв. м (мм вод. ст.).

Бета<sub>г</sub> - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота.

При подаче газов рециркуляции в смеси с воздухом:

$$\beta_r = 0,16 \sqrt{r}, \quad (21)$$

где:  $r$  - степень рециркуляции дымовых газов, %.  
 $\beta_{\Delta}$  - безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру:

$$\beta_{\Delta} = 0,022 \Delta, \quad (22)$$

где:  $\Delta$  - доля воздуха, подаваемого в промежуточную зону факела (в процентах от общего количества организованного воздуха);  
 $k_{\Pi}$  - коэффициент пересчета;

при определении выбросов в граммах в секунду  $k_{\Pi} = 1$ ;

при определении выбросов в тоннах в год  $k_{\Pi} = 10^{-3}$ .

При определении максимальных выбросов оксидов азота в граммах в секунду по формуле (14) значения входящих в формулу величин определяются при максимальной тепловой мощности котла.

При определении валовых выбросов оксидов азота за год значения входящих в формулу (14) величин определяются по средней за рассматриваемый промежуток времени нагрузке котла.

#### 2.1.2. Расчет выбросов оксидов азота при сжигании мазута

Суммарное количество оксидов азота  $NO_x$  в пересчете на  $NO_2$  (в г/с, т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{NO_x} = V_p \cdot Q_i \cdot K_{NO_2} \cdot \beta_t \cdot \beta_{\Delta} \cdot (1 - \beta_r) \cdot k_{\Pi}, \quad (23)$$

где:  $V_p$  - расчетный расход топлива, кг/с (т/год), определяемый по формуле:

$$V_p = V_f \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (24)$$

где:  $V_f$  - фактический расход топлива на котел кг/с (т/год);  
 $q_4$  - потери тепла от механической неполноты сгорания, %;  
 $Q_i$  - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;  
 $K_{NO_2}$  - удельный выброс оксидов азота при сжигании мазута, г/МДж.

Для паровых котлов:

$$K_{NO_2} = 0,01 \sqrt{D} + 0,1, \quad (25)$$

NO2

где: D - фактическая паропроизводительность котла, т/ч.

Для водогрейных котлов:

$$K_{NO2}^M = 0,0113 \sqrt{\frac{Q}{t}} + 0,1, \quad (26)$$

где: Q<sub>т</sub> - фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, определяемая по формуле (17).

Приведенные зависимости K<sub>NO2</sub><sup>М</sup> от D и Q<sub>т</sub> справедливы для мазутов, поставляемых отечественными НПЗ.

Бета<sub>т</sub> - безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения; рассчитывается по формуле (18); бета<sub>альфа</sub> - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота при сжигании мазута.

В общем случае значение бета<sub>альфа</sub> = 1,113.

При работе котла в соответствии с режимной картой бета<sub>альфа</sub> = 1.

При наличии результатов испытаний котла с измерением O2 и CO для более точного учета избытка воздуха используют формулу <\*>:

<\*> Снижение коэффициента бета<sub>альфа</sub> (т.е. уменьшение выбросов NOx) за счет снижения концентрации кислорода O2 ограничивается ростом концентрации CO сверх 0,01%. Увеличивать концентрацию кислорода O2 для снижения бета<sub>альфа</sub> не рекомендуется по причине роста потерь с уходящими газами q<sub>2</sub>.

$$\beta_{\alpha} = 1 - 0,2 \left( O_2 - \bar{O}_2 \right) - 0,3 \left( O_2 - \bar{O}_2 \right)^2, \quad (27)$$

где: O2 - концентрация кислорода в дымовых газах за котлом, %;

$\bar{Q}$  - относительная тепловая нагрузка котла, равная отношению

$$\bar{Q} = \frac{Q_{\phi}}{Q_n} \text{ или } \bar{Q} = \frac{D_{\phi}}{D_n},$$

где: Q<sub>ф</sub>, D<sub>ф</sub>, Q<sub>н</sub> и D<sub>н</sub> - соответственно фактические и номинальные тепловая нагрузка и паропроизводительность котла, МВт, т/ч.

Бета<sub>г</sub> - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота.

При подаче газов рециркуляции в смеси с воздухом:

$$\beta_g = 0,17 \sqrt{\bar{r}}, \quad (28)$$



г

где: г - степень рециркуляции дымовых газов, %.  
Бета - безразмерный коэффициент, учитывающий  
дельта  
ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру:

$$\beta = 0,018 \delta, \quad (29)$$

где: дельта - доля воздуха, подаваемого в промежуточную зону  
факела (в процентах от общего количества организованного воздуха);  
к - коэффициент пересчета;

п  
при определении выбросов в граммах в секунду  $k = 1$ ;

при определении выбросов в тоннах в год  $k = 10^{-3}$ .

### 2.1.3. Расчет выбросов оксидов азота при слоевом сжигании твердого топлива

Для котлов, оборудованных топками с неподвижной, цепной решеткой, с пневмомеханическим забрасывателем и для шахтных топок с наклонной решеткой суммарное количество оксидов азота NOx в пересчете на NO2 (в г/с, т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$M_{NOx} = V_p \cdot Q_i \cdot K_{NO2} \cdot \beta \cdot k_p, \quad (30)$$

где: V - расчетный расход топлива, определяемый по формуле  
р  
(24), кг/с (т/год);

Q<sub>i</sub> - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

K<sub>NO2</sub> - удельный выброс оксидов азота при слоевом сжигании  
твердого топлива, г/МДж.

Величина K<sub>NO2</sub> рассчитывается по формуле:

$$K_{NO2} = 0,35 \times 10^{-3} \cdot \alpha \cdot \left(1 + 5,46 \cdot \frac{100 - R}{100} \sqrt{\frac{Q_i}{R}}\right), \quad (31)$$

где: альфа - коэффициент избытка воздуха в топке,  
т  
определяемый по формуле:

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}, \quad (32)$$

где: O2 - концентрация кислорода в дымовых газах за котлом, %;  
при отсутствии информации о концентрации кислорода в дымовых  
газах за котлом можно принимать альфа = 2,5;

т  
R - характеристика гранулометрического состава угля - остаток  
6

на сите с размером ячеек 6 мм, %; принимается по сертификату на топливо;

$q_R$  - тепловое напряжение зеркала горения, МВт/кв. м.

Величина  $q_R$  определяется по формуле:

$$q_R = Q / F, \quad (33)$$

где:  $F$  - зеркало горения (определяется по паспортным данным котельной установки), кв. м;

$\beta_r$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, подаваемых в смеси с дутьевым воздухом под колосниковую решетку, на образование оксидов азота;

$$\beta_r = 1 - 0,075 \sqrt{r}, \quad (34)$$

где:  $r$  - степень рециркуляции дымовых газов, %;

$k_p$  - коэффициент пересчета;

при определении выбросов в граммах в секунду  $k_p = 1$ ;

при определении выбросов в тоннах в год  $k_p = 10^{-3}$ .

В связи с установленными отдельными ПДК на оксид и диоксид азота и с учетом трансформации оксидов азота суммарные выбросы оксидов азота разделяются на составляющие, расчет которых проводится согласно п. 1.6 данной Методики.

## 2.2. Оксиды серы

Суммарное количество оксидов серы  $M_{SO_2}$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами (г/с, т/год), вычисляются по формуле:

$$M_{SO_2} = 0,02 B_S (1 - \text{эта}_{SO_2}') (1 - \text{эта}_{SO_2}''), \quad (35)$$

где:  $B_S$  - расход натурального топлива за рассматриваемый период, г/с (т/год);

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

$\text{эта}_{SO_2}'$  - доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле;

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

Ориентировочные значения  $\text{эта}_{SO_2}$  при сжигании различных видов топлива составляют:

Топливо

эта

SO2

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
для топок с жидким шлакоудалением	0,2
другие угли Канско-Ачинского бассейна	
для топок с твердым шлакоудалением	0,2
для топок с жидким шлакоудалением	0,05
угли других месторождений	0,1
мазут	0,02
газ	0.

''

Доля оксидов серы (эта), улавливаемых в сухих золоуловителях, принимается равной нулю. В мокрых золоуловителях эта доля зависит от общей щелочности орошающей воды и от приведенной сернистости топлива  $S_{pr}$ .

$$S_{pr} = \frac{r}{Q_i} \quad (36)$$

При характерных для эксплуатации удельных расходах воды на орошение золоуловителей 0,1 - 0,15 куб. дм/куб. м эта определяется по рисунку Б1 Приложения Б (рисунок не приводится).

При наличии в топливе сероводорода к значению содержания серы на рабочую массу  $S_r$  в формуле (35) следует прибавить величину:

$$\Delta S_r = 0,94 \times H_2S, \quad (37)$$

где:  $H_2S$  - содержание на рабочую массу сероводорода в топливе, %.

Примечание. При разработке нормативов предельно допустимых и временно согласованных выбросов (ПДВ, ВСВ) рекомендуется 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 граммах

в секунду используются максимальные значения  $S_r$  фактически использовавшегося топлива. При определении валовых выбросов в тоннах в год используются среднегодовые значения  $S_r$ .

### 2.3. Оксид углерода

Расчет количества выбросов CO выполняется по данным инструментальных замеров в соответствии с разделом 1 данной Методики.

При отсутствии данных инструментальных замеров оценка суммарного количества выбросов оксида углерода, г/с (т/год), может быть выполнена по соотношению:

$$M_{CO} = 10 \frac{V_{CO}}{CO} \left(1 - \frac{C_{CO}}{100}\right), \quad (38)$$

где:  $V$  - расход топлива, г/с (т/год);  
 $C_{CO}$  - выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг  
(г/куб. м) или кг/т (кг/тыс. куб. м). Рассчитывается по формуле:

$$C_{CO} = q_3 \frac{R}{3} \frac{Q_i}{i}, \quad (39)$$

где:  $q_3$  - потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %;

$R$  - коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода; принимается для:

твердого топлива	1,0
мазута	0,65
газа	0,5;

$Q_i$  - низшая теплота сгорания натурального топлива, МДж/кг  
(МДж/куб. м);

$q_4$  - потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %.

При отсутствии эксплуатационных данных значения  $q_3$ ,  $q_4$  принимаются по таблице В1 Приложения В.

Ориентировочная оценка суммарного количества выбросов оксида углерода  $M_{CO}$  (г/с, т/год) может проводиться по формуле:

$$M_{CO} = 10 \frac{V_{CO}}{CO} \frac{K}{i} \left(1 - \frac{C_{CO}}{100}\right), \quad (40)$$

где:  $K$  - количество оксида углерода, образующееся на единицу тепла, выделяющегося при горении топлива, кг/ГДж; принимается по таблице В2 Приложения В.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

#### 3.1. Определение выбросов твердых частиц по данным инструментальных замеров

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

$$M_{ТВ} = c_{\text{эксп}} \frac{P}{V_r}, \quad (41)$$

где:  $c_{\text{эксп}}$  - замеренная массовая концентрация твердых частиц в дымовых газах при работе котла на максимальной нагрузке, г/куб. м;

$V_r$  - реальный объем дымовых газов, замеренный в том же сечении газохода, где замерялась запыленность, или рассчитанный по составу топлива (ориентировочные данные приведены в Приложении 3) <1> при рабочих условиях и работе котла на максимальной нагрузке, куб. м/с.

-----  
 <1> Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод, М., Энергия, 1973.

В том случае, если замерить  $V_r$  не представляется возможным, а также при отсутствии данных по химическому составу топлива, для определения реального объема газов можно воспользоваться приближенным соотношением:

$$V_r = V \left[ k_1 + k_2 \frac{Q_r}{i} + (\alpha - 1) (k_3 + k_4 \frac{Q_r}{i}) \right] \frac{273 + t}{273}, \quad (42)$$

где:  $V$  - секундный расход натурального топлива, кг/с (куб. м/с);

$\alpha$  - коэффициент избытка воздуха, замеренный в том же сечении;

$t$  - температура дымовых газов в том же сечении, °С;

$k_i$  - численные коэффициенты, подобранные для каждого вида топлива методом наименьших квадратов:

Вид топлива	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$
Бурые угли	1,219	0,234	0,355	0,251
Каменные угли	0,403	0,265	0,0625	0,264
Природный газ	-0,739	0,278	0,0864	0,267
Мазут	-0,633	0,298	0,372	0,256

При совместном сжигании топлива разных видов расчет максимальных выбросов твердых частиц (г/с) проводится 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/год) за отчетный период следует определять расчетным методом.

### 3.2. Расчет выбросов твердых частиц

3.2.1. Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и негоревшего топлива)  $M_{ТВ}$ , поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов (г/с, т/год), вычисляются по одной из двух формул:

$$M_{ТВ} = V \frac{A}{100 - \Gamma_{УН}} a_{УН} (1 - \epsilon_{з}), \quad (43)$$

или

$\frac{r}{Q}$

$$M_{\text{ТВ}} = 0,01B \left( a_{\text{ун}}^{\text{г}} + q_{\text{4}}^{\text{и}} \frac{32,68}{\text{з}} \right) (1 - \text{эта}), \quad (44)$$

где: В - расход натурального топлива, г/с (т/год);

$a_{\text{ун}}^{\text{г}}$  - зольность топлива на рабочую массу, %;

$a_{\text{ун}}^{\text{г}}$  - доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе); при отсутствии данных замеров можно использовать ориентировочные значения, приведенные в нормативном методе "Тепловой расчет котельных агрегатов";

эта - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях <1>;

<1> В расчете не учитывается влияние сероулавливающих установок.

$\Gamma_{\text{ун}}$  - содержание горючих в уносе, %; при отсутствии данных замеров расчет  $M_{\text{ТВ}}$  ведется по формуле (44);

$q_{\text{4}}^{\text{и}}$  - потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %; при отсутствии данных можно использовать ориентировочные значения, приведенные в таблице В1 Приложения В;

Q - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

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

3.2.2. Количество летучей золы ( $M_{\text{з}}$ ) в г/с (т/год), входящее в суммарное количество твердых частиц, уносимых в атмосферу, вычисляют по формуле:

$$M_{\text{з}} = 0,01B a_{\text{ун}}^{\text{г}} (1 - \text{эта}). \quad (45)$$

3.2.3. Количество коксовых остатков при сжигании твердого топлива и сажи при сжигании мазута ( $M_{\text{к}}$ ) в г/с (т/год), образующихся в топке в результате механического недожога топлива и выбрасываемых в атмосферу, определяют по формуле:

$$M_{\text{к}} = M_{\text{ТВ}} - M_{\text{з}}. \quad (46)$$

Примечание. При определении максимальных выбросов в г/с используются максимальные значения  $A_{\text{г}}$  фактически использовавшегося топлива. При определении валовых выбросов в т/год используются среднегодовые значения  $A_{\text{г}}$ .

### 3.3. Расчет выбросов мазутной золы в пересчете на ванадий

Мазутная зола представляет собой сложную смесь, состоящую в основном из оксидов металлов. Биологическое ее воздействие 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 ( $M_{\text{з}}$ ) в пересчете на

ванадий, в г/с или т/год, поступающей в атмосферу с дымовыми газами котла при сжигании мазута, вычисляют по формуле:

$$M_{\text{мз}} = G_{\text{в}} (1 - \text{эта}_{\text{ос}}) (1 - \frac{\text{эта}_{\text{зу}}}{100}) k_{\text{п}}, \quad (47)$$

где:  $G_{\text{в}}$  - количество ванадия, находящегося в 1 т мазута, г/т.

$G_{\text{в}}$  в г/т может быть определено одним из двух способов:

- по результатам химического анализа мазута:

$$G_{\text{в}} = a_{\text{в}} 10^4, \quad (48)$$

где:  $a_{\text{в}}$  - фактическое содержание элемента ванадия в мазуте, %;

$10^4$  - коэффициент пересчета;

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

$$G_{\text{в}} = 2222 A_{\text{г}}, \quad (49)$$

где: 2222 - эмпирический коэффициент;

$A_{\text{г}}$  - содержание золы в мазуте на рабочую массу, %.

Примечание. При отсутствии данных химического анализа значения  $A_{\text{г}}$  принимаются по данным, опубликованным в справочнике "Энергетическое топливо СССР", М.: Энергоатомиздат, 1991, или по таблице Г1 Приложения Г.

$V$  - расход натурального топлива;

при определении выбросов в г/с  $V$  берется в т/ч;

при определении выбросов в т/год  $V$  берется в т/год;

$\text{эта}_{\text{ос}}$  - 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;

$\text{эта}_{\text{зу}}$  - степень очистки дымовых газов от мазутной золы в золоулавливающих установках, % (см. Приложение Д);

$k_{\text{п}}$  - коэффициент пересчета;

при определении выбросов в г/с  $k_{\text{п}} = 0,278 \times 10^{-3}$ ;

при определении выбросов в т/год  $k_{\text{п}} = 10^{-6}$ .

### 3.4. Расчетное определение выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми и водогрейными котлами

Выброс бенз(а)пирена, поступающего в атмосферу с дымовыми газами (г/с, т/год), рассчитывается по уравнению (1).

#### 3.4.1. Расчет концентрации бенз(а)пирена в дымовых газах промтеплоэнергетических котлов малой мощности

3.4.1.1. Концентрация бенз(а)пирена, мг/куб. м, в сухих продуктах сгорания мазута на выходе из топочной камеры определяется по формулам:

- для альфа  $\alpha_{\text{т}}$  = 1,08 - 1,25:

$$C_{\text{бп}} = 10^{-3} \times \frac{R (0,34 + 0,42 \times 10^{-3} q_{\text{т}})}{3,8 (\alpha_{\text{т}} - 1)} \cdot K_{\text{д}} K_{\text{р}} K_{\text{ст}}, \quad (50)$$

- для альфа  $\alpha_{\text{т}}$  > 1,25:

$$C_{\text{бп}} = 10^{-3} \times \frac{R (0,172 + 0,23 \times 10^{-3} q_{\text{т}})}{1,14 (\alpha_{\text{т}} - 1)} \cdot K_{\text{д}} K_{\text{р}} K_{\text{ст}}. \quad (51)$$

3.4.1.2. Концентрация бенз(а)пирена, мг/куб. м, в сухих продуктах сгорания природного газа на выходе из топочной зоны промтеплоэнергетических котлов малой мощности определяется по формулам:

- при альфа  $\alpha_{\text{т}}$  = 1,08 - 1,25:

$$C_{\text{бп}} = 10^{-3} \times \frac{0,059 + 0,079 \times 10^{-3} q_{\text{т}}}{3,8 (\alpha_{\text{т}} - 1)} \cdot K_{\text{д}} K_{\text{р}} K_{\text{ст}}, \quad (52)$$

- при альфа  $\alpha_{\text{т}}$  > 1,25:

$$C_{\text{бп}} = 10^{-3} \times \frac{0,032 + 0,043 \times 10^{-3} q_{\text{т}}}{1,14 (\alpha_{\text{т}} - 1)} \cdot K_{\text{д}} K_{\text{р}} K_{\text{ст}}. \quad (53)$$



$$1,14 (\alpha_T - 1)$$

В формулах (50) - (53):

R - коэффициент, учитывающий способ распыливания мазута:

для паромеханических форсунок R = 0,75;

для остальных случаев R = 1;

$\alpha_T$  - коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания на выходе из топки;

$q_v$  - теплонпряжение топочного объема, кВт/куб. м;

при сжигании проектного топлива величина  $q_v$  берется из технической документации на котельное оборудование;

при сжигании непроектного топлива величина  $q_v$  рассчитывается по соотношению:

$$q_v = V_r Q_{ri} / V_T$$

где:  $V_r$  =  $V_4 (1 - q / 100)$  - расчетный расход топлива на номинальной нагрузке, кг/с (куб. м/с);

$V$  - фактический расход топлива на номинальной нагрузке, кг/с (куб. м/с);

$Q_{ri}$  - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг (кДж/куб. м);

$V_T$  - объем топочной камеры, куб. м; берется из техдокументации на котел;

$K_p$  - коэффициент, учитывающий влияние нагрузки котла на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания (определяется по графику рис. Е1 Приложения Е (рисунки не приводятся));

$K_d$  - коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания (определяется по графику рис. Е2 Приложения Е);

$K_{ст}$  - коэффициент, учитывающий влияние ступенчатого сжигания на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания (определяется по графику рис. Е3 Приложения Е).

Для расчета максимальных и валовых выбросов по формуле (1) концентрации бенз(а)пирена, рассчитанные по формулам (50) - (53), приводятся к избыткам воздуха  $\alpha = 1,4$  по формуле (2) настоящей Методики.

### 3.4.2. Расчет концентрации бенз(а)пирена в дымовых газах водогрейных котлов

3.4.2.1. Концентрация бенз(а)пирена, мг/куб. м, в сухих продуктах сгорания мазута на выходе из топочной камеры водогрейных котлов определяется по формулам:

- для  $\alpha_T = 1,05 - 1,25$  и  $q_v = 250 - 500$  кВт/куб. м:

$$C_{м/с} = 10^{-6} \times \frac{R (0,445 q_v - 28,0)}{K_K K_K K_K K_K}, \quad (54)$$

$$C_{\text{бп}} = 10^{-6} \times \frac{R(0,52q - 32,5)}{3,5(\alpha - 1) \cdot e} \quad \text{д р ст о}$$

- для альфа > 1,25 и q = 250 - 500 кВт/куб. м:

$$C_{\text{бп}} = 10^{-6} \times \frac{R(0,52q - 32,5)}{3,5(\alpha - 1) \cdot e} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{ст}} \cdot K_{\text{о}} \quad (55)$$

3.4.2.2. Концентрация бенз(а)пирена, мг/куб. м, в сухих продуктах сгорания природного газа на выходе из топочной зоны водогрейных котлов малой мощности определяется по формулам:

- для альфа = 1,05 - 1,25 и q = 250 - 500 кВт/куб. м:

$$C_{\text{бп}} = 10^{-6} \times \frac{R(0,11q - 7,0)}{3,5(\alpha - 1) \cdot e} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{ст}} \quad (56)$$

- для альфа > 1,25 и q = 250 - 500 кВт/куб. м:

$$C_{\text{бп}} = 10^{-6} \times \frac{R(0,13q - 5,0)}{3,5(\alpha - 1) \cdot e} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{ст}} \quad (57)$$

В формулах (54) - (57) обозначения те же, что и в формулах (50) - (53); коэффициенты K<sub>д</sub>, K<sub>р</sub>, K<sub>ст</sub> принимаются по графикам рисунков Е1 - Е3 Приложения Е.

Коэффициент K<sub>о</sub>, учитывающий влияние дробевой очистки конвективных поверхностей нагрева на работающем котле, принимается:

при периоде между очистками 12 ч	1,5
при периоде между очистками 24 ч	2,0
при периоде между очистками 48 ч	2,5.

Для расчета максимальных и валовых выбросов по формуле (1) концентрации бенз(а)пирена, рассчитанные по формулам (54) - (57), приводятся к избыткам воздуха альфа = 1,4 по формуле (2) настоящей Методики.

3.4.3. Расчет концентраций бенз(а)пирена в уходящих газах котлов малой мощности при сжигании твердых топлив

Концентрацию бенз(а)пирена в сухих дымовых газах котлов малой мощности при слоевом сжигании твердых топлив  $c_{\text{бп}}$  (мг/куб. м), приведенную к избытку воздуха в газах  $\alpha = 1,4$ , рассчитывают по формуле:

$$c_{\text{бп}} = 10^{-3} \times \left( \frac{A Q_{\text{н}}}{2,5 \alpha e} + \frac{R}{t_{\text{н}}} \right) K_{\text{д}} K_{\text{з}}, \quad (58)$$

где: A - коэффициент, характеризующий тип колосниковой решетки и вид топлива.

Коэффициент A принимают равным:

для углей и сланцев	2,5
для древесины и торфа	1,5;

$Q_{\text{н}}$  - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;  
 $R$  - коэффициент, характеризующий температурный уровень экранов;

для  $t_{\text{н}} \geq 150 \text{ } ^\circ\text{C}$   $R = 350$

для  $t_{\text{н}} < 150 \text{ } ^\circ\text{C}$   $R = 290,$

где:  $t_{\text{н}}$  - температура насыщения при давлении в барабане паровых котлов или на выходе из котла для водогрейных котлов (см. нормативный метод "Тепловой расчет котельных агрегатов");

$K_{\text{д}}$  - коэффициент, учитывающий нагрузку котла:

$$K_{\text{д}} = \left( \frac{D_{\text{н}}}{D_{\text{ф}}} \right)^{1,2}, \quad (59)$$

где:  $D_{\text{н}}$  - номинальная нагрузка котла, кг/с;

$D_{\text{ф}}$  - фактическая нагрузка котла, кг/с;

$K_{\text{з}}$  - коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителем и определяемый по соотношению:

$$K_{\text{з}} = 1 - \text{эта}_{\text{з}}, \quad (60)$$

где:  $\text{эта}_{\text{з}}$  - степень очистки газов в золоуловителе по золе, %;

$z$  - коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности золоуловителем бенз(а)пирена:

при температуре газов перед золоуловителем  $t_{\text{з}} \geq 185 \text{ } ^\circ\text{C}$ :

z = 0,8 - для сухих золоуловителей  
z = 0,9 - для мокрых золоуловителей;

при температуре газов перед золоуловителем  $t_{з\text{у}} < 185 \text{ }^\circ\text{C}$ :

z = 0,7 - для сухих золоуловителей  
z = 0,8 - для мокрых золоуловителей.

Методика разработана по материалам экспериментов на котлах типа ДКВР-10, КЕ-10, ДКВР-4, КВТС-20, КС и КЧМ-3.

Примеры расчета концентрации бенз(а)пирена в продуктах сгорания различных видов топлива приведены в Приложении Ж.

Приложение А  
(справочное)

### РАСЧЕТ ОБЪЕМА СУХИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

А1. Объем сухих дымовых газов при нормальных условиях рассчитывается по уравнению:

$$V_{\text{сг}}^0 = V_{\text{r}}^0 + (\alpha - 1)V_{\text{г}}^0 - V_{\text{H}_2\text{O}}^0, \quad (\text{A1})$$

где  $V_{\text{r}}^0$ ,  $V_{\text{г}}^0$  и  $V_{\text{H}_2\text{O}}^0$  - соответственно объемы воздуха, дымовых газов и водяных паров при стехиометрическом сжигании одного килограмма (1 куб. м) топлива, куб. м/кг (куб. м/куб. м).

А2. Для твердого и жидкого топлива расчет выполняют по химическому составу сжигаемого топлива по формулам

$$V_{\text{ор+к}}^0 = 0,0889 (C_{\text{r}} + 0,375S_{\text{r}}) + 0,265H_{\text{r}} - 0,0333O_{\text{r}}, \quad (\text{A2})$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,111H_{\text{r}} + 0,0124W_{\text{r}} + 0,0161V_{\text{г}}^0, \quad (\text{A3})$$

$$V_{\text{r}}^0 = V_{\text{RO}_2}^0 + V_{\text{N}_2}^0 + V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 1,866 \frac{C_{\text{r}} + 0,375S_{\text{r}}}{100} +$$

$$+ 0,79V_{\text{г}}^0 + 0,8 \frac{N_{\text{r}}}{100} + V_{\text{H}_2\text{O}}^0, \quad (\text{A4})$$

где  $C_{\text{r}}$ ,  $S_{\text{r}}$ ,  $H_{\text{r}}$ ,  $O_{\text{r}}$ ,  $N_{\text{r}}$  - соответственно содержание углерода, серы (органической и колчеданной), водорода, кислорода и

азота в рабочей массе топлива, %;

$r$   
 $W$  - влажность рабочей массы топлива, %.

А3. Для газообразного топлива расчет выполняется по формулам:

$$V^0 = 0,0476 [0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \sum \frac{(m + -) C_m H_n - O_2}{4}], \quad (A5)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 [H_2 + H_2S + 0,5 \sum n C_m H_n + 0,124d] + 0,0161V^0, \quad (A6)$$

г. тл.

$$V_r^0 = 0,01 [CO_2 + CO + H_2S + \sum m C_m H_n] + 0,79V^0 + \frac{N}{100} + V_{H_2O}^0, \quad (A7)$$

где: CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> - соответственно, содержание оксида углерода, диоксида углерода, водорода, сероводорода, углеводородов, азота и кислорода в исходном топливе, %;

$m$  и  $n$  - число атомов углерода и водорода соответственно;

$d$  - влагосодержание газообразного топлива, отнесенное к г. тл.

1 куб. м сухого газа, г/куб. м.

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

Приложение Б

**Рисунок Б1. СТЕПЕНЬ УЛАВЛИВАНИЯ ОКСИДОВ СЕРЫ  
 В МОКРЫХ ЗОЛОУЛОВИТЕЛЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИВЕДЕННОЙ  
 СЕРНИСТОСТИ ТОПЛИВА И ЩЕЛОЧНОСТИ ОРОШАЮЩЕЙ ВОДЫ**

Рисунок не приводится.

Приложение В

Таблица В1

**ХАРАКТЕРИСТИКА ТОПОК КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

Вид топок и котлов	Топливо	$q_3$ , %	$q_4$ , %	Примечание
--------------------	---------	-----------	-----------	------------

С неподвижной решеткой и ручным забросом топлива	Бурые угли Каменные угли Антрациты АМ и АС	2,0 2,0 1,0	8,0 7,0 10,0	
Топки с цепной решеткой	Донецкий антрацит	0,5	13,5/10	Большие значения $q_4$ - при отсутствии средств уменьшения уноса;
Шахтно-цепные топки	Торф кусковой	1,0	2,0	
Топки с пневмомеханическим забрасывателем и цепной решеткой прямого хода	Угли типа кузнецких	0,5 - 1,0	5,5/3	меньшие значения $q_4$ - при остром дутье и наличии возврата уноса, а также для котлов производительностью 25, 35 т/ч
	Угли типа донецкого	0,5 - 1,0	6/3,5	
	Бурые угли	0,5 - 1,0	5,5/4	
Топки с пневмомеханическими забрасывателями и цепной решеткой обратного хода	Каменные угли	0,5 - 1,0	5,5/3	
	Бурые угли	0,5 - 1,0	6,5/4,5	
Топки с пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	Донецкий антрацит	0,5 - 1,0	13,5/10	
	Бурые угли типа подмосковных, бородинских	0,5 - 1,0	9/7,5	
	Угли типа кузнецких	0,5 - 1,0	6/3	
	Угли типа кузнецких	0,5 - 1,0	5,5/3	
Шахтные топки с наклонной решеткой	Дрова, дробленые отходы, опилки, торф кусковой	2	2	
Топки скоростного горения	Дрова, щепа, опилки	1	4/2	
Слоевые топки котлов паропроизводительностью более 2 т/ч	Эстонские сланцы	3	3	
Камерные топки с твердым шлакоудалением	Каменные угли	0,5	5/3	
	Бурые угли	0,5	3/1,5	
	Фрезерный торф	0,5	3/1,5	
Камерные топки	Мазут	0,2	0,1	
	Газ (природный, попутный)	0,2	0	
	Доменный газ	1,0	0	

Таблица В2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА К<sub>СО</sub> В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА  
ТОПКИ И ВИДА ТОПЛИВА

Тип топки	Вид топлива	К <sub>СО</sub> , кг/ГДж
С неподвижной решеткой и ручным забросом топлива	Бурые угли	2,0
	Каменные угли	2,0
	Антрациты АМ и АС	1,0
С пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	Бурые и каменные угли	0,7
	Антрацит АРШ	0,6
С цепной решеткой прямого хода	Антрацит АС и АМ	0,4
С забрасывателями и цепной решеткой	Бурые и каменные угли	0,7
Шахтная	Твердое топливо	2,0
Шахтно-цепная	Торф кусковой	1,0
Наклонно-переталкивающая	Эстонские сланцы	2,9
Слоевые топки бытовых теплогенераторов	Дрова	14,0
	Бурые угли	16,0
	Каменные угли	7,0
	Антрацит, тощие угли	3,0
Камерные топки	Мазут	0,13
Паровые и водогрейные котлы	Газ природный, попутный и коксовый	0,1
Бытовые теплогенераторы	Газ природный	0,05
	Легкое жидкое (печное) топливо	0,08

Приложение Г  
(справочное)

Таблица Г1

ЗОЛЬНОСТЬ И ОБЩАЯ ВЛАГА МАЗУТОВ

Завод-изготовитель	Марка мазута	Зольность, г А, %	Содержание влаги, г W, %
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
Салаватнефтеорг- синтез	40	0,06	следы
	40	0,05	следы
	100	0,05	следы
Сызранский	100	0,09	0,50
	100	0,11	0,50
Горькнефтеоргсинтез	40В	0,023	0,05
	40 высоко- сернистый	0,023	0,06
	100В	0,027	0,05
	100 высоко- сернистый	0,033	0,07
Саратовский	40В	0,04	0,19
	40В	0,04	0,12
Уфимский ордена Ленина	40	0,07	отсутствует
	100	0,08	отсутствует
Новоуфимский	100	0,05	следы
	100	0,04	следы
Ишимбайский	40	0,05	0,25
	40	0,06	0,39
	100	0,06	0,13
	100	0,07	0,12
Ярославнефтеорг- синтез	40	0,02	0,16
	100	0,02	0,10
	40В	0,02	следы
Орский	40 сернистый	0,05	0,34
	40 высоко- сернистый	0,05	0,33
	100 сернистый	0,05	0,30
	100 высоко- сернистый	0,05	0,33
Новополоцкнефтеорг- синтез	40В	0,018	отсутствует
	100В	0,017	следы
	100В	0,02	0,01
	100 высоко- сернистый	0,03	0,02
	100	0,02	0,01
	100 высоко- сернистый	0,03	0,05
Новокуйбышевский	40В	0,03	отсутствует
	40 сернистый	0,03	отсутствует
	100	0,04	отсутствует
Куйбышевский	40	0,12	следы
	100	0,13	следы
	100	0,13	0,20
Пермьнефтеоргсинтез	40	0,02	отсутствует
	100	0,03	отсутствует



	100	0,02	отсутствует
Ухтинский	40	0,02	0,02
Рязанский	40В 40 40В 40 100	0,03 0,04 0,06 0,04 0,04	следы 0,09 отсутствует 0,06 0,12
Гурьевский	100В 100В	0,028 0,039	следы 0,21
Красноводский	100В 100В	0,036 0,035	0,17 0,23
Комсомольский	40 40В 100 100В	0,019 0,014 0,019 0,015	0,28 0,25 0,41 0,23
Кременчугский	100В 100В	0,031 0,029	0,06 0,09
Заводы Баку	40МС 40МС 40В 40В 100 100	0,085 0,095 0,038 0,037 0,059 0,070	0,64 0,46 0,20 0,17 0,60 0,43
Заводы Грозного	40В 40В	0,030 0,034	следы следы

## Приложение Д

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ УЛАВЛИВАНИЯ МАЗУТНОЙ ЗОЛЫ В ПЕРЕСЧЕТЕ НА ВАНАДИЙ В ЗОЛОУЛАВЛИВАЮЩИХ УСТАНОВКАХ

Д1. Степень очистки газов от мазутной золы (в пересчете на ванадий), эта, %, в специально применяемых для этого батарейных зу циклонах определяют по формуле:

$$\text{эта зу} = 0,076 \left( \frac{\text{эта зу. общ.}}{1,85} \right) - 2,32 \text{ эта зу. общ.}, \quad (Д1)$$

где:

0,076 и 2,32 – эмпирические коэффициенты;

1,85 – эмпирический показатель степени;

эта зу. общ. – общая степень улавливания твердых частиц, зу. общ.

образующихся при сжигании мазута в котлах ТЭС и котельных, %.

Зависимость (Д1) действительна при выполнении условия:

$$65\% < \text{эта зу} < 85\%.$$

зу. общ.

Д2. При совместном сжигании мазута и твердого топлива в пылеугольных котлах степень улавливания мазутной золы в пересчете на ванадий, эта<sub>зу</sub>, %, в золоулавливающих установках определяется по формуле:

$$\text{эта}_{зу} = \text{эта}_у \cdot C, \quad (\text{Д2})$$

где: эта<sub>у</sub> - 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.

Приложение Е

#### КОЭФФИЦИЕНТЫ, УЧИТЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ПРОДУКТАХ СГОРАНИЯ

Рисунки не приводятся.

Приложение Ж

#### ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ПРОДУКТАХ СГОРАНИЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ, РАБОТАЮЩИХ НА МАЗУТЕ И ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

Ж1. Промтеплоэнергетические котлы малой мощности  
Ж1.1. Топливо - мазут

Исходные данные:

Тип котла	ДЕ-10-14ГМ
Нагрузка котла	принимается 0,8 от D H
Теплонапряжение топочного объема	q <sub>v</sub> = 440,7 кВт/куб. м (расчетная величина; берется для номинальной нагрузки из описания котла или справочной литературы)
Коэффициент избытка воздуха	α = 1,15 n т

Тип форсунок	паромеханические (R = 0,75)
Степень рециркуляции газов в дутьевой воздух	r = 0,2

Концентрация бенз(а)пирена в сухих продуктах сгорания на выходе из топочной камеры определяется по формуле (50):

$$\begin{aligned}
 c_{\text{бп}} &= 10^{-3} \times \frac{0,75 (0,34 + 0,42 \times 10^{-3} \times 440,7)}{3,8 (1,15 - 1)} \times \frac{K_{\text{д}} K_{\text{р}}}{K_{\text{ст}}} = \\
 &= 0,59 \times 10^{-3} \text{ мг/куб. м},
 \end{aligned}$$

где:  $K_{\text{д}} = 1,5$  - определяется по графику рис. Е1;

$K_{\text{р}} = 1,78$  - определяется по графику рис. Е2.

### Ж1.2. Топливо - природный газ

Исходные данные:

Тип котла	ДЕ-25-14ГМ
Нагрузка котла	принимается $D = D_{\text{н}}$
Теплонапряжение топочного объема	$q_v = 637,2$ кВт/куб. м
Коэффициент избытка воздуха	$\alpha_{\text{т}} = 1,10$
Степень рециркуляции газов	r = 0,15 - в щлицы под горелками
Доля воздуха, подаваемого помимо горелок	0,1

Концентрация бенз(а)пирена в сухих продуктах сгорания на выходе из топочной камеры определяется по формуле (52):

$$\begin{aligned}
 c_{\text{бп}} &= 10^{-3} \times \frac{0,059 + 0,079 \times 10^{-3} \times 637,2}{3,8 (1,1 - 1)} \times \frac{K_{\text{д}} K_{\text{р}} K_{\text{ст}}}{K_{\text{ст}}} = \\
 &= 0,17 \times 10^{-3} \text{ мг/куб. м},
 \end{aligned}$$

где:  $K_{\text{д}} = 1,0$  - определяется по графику рис. Е1;

$K_{\text{р}} = 1,35$  - определяется по графику рис. Е2;

$K_{ст} = 1,35$  - определяется по графику рис. Е3.

**Ж2. Водогрейные котлы**  
**Ж2.1. Топливо - мазут**

Исходные данные:

Тип котла	КВ-ГМ-20
Нагрузка котла	принимается 0,7 от $\frac{D}{H}$
Теплонапряжение топочного объема	$q_v = 432,6$ кВт/куб. м
Коэффициент избытка воздуха	$\alpha_t = 1,20$
Тип форсунок	паромеханические ( $R = 0,75$ )

Концентрация бенз(а)пирена в сухих продуктах сгорания на выходе из топочной камеры определяется по формуле (54):

$$C_{бп} = 10^{-3} \times \frac{0,75 (0,445 \times 432,6 - 28) 10^{-3}}{3,5 (1,20 - 1)} \cdot K_{д} \cdot K_{р} = 0,169 \times 10^{-3} \text{ мг/куб. м,}$$

где:  $K_{д} = 1,85$  - определяется по графику рис. Е1;

$K_{р} = 1,5$  - при периоде между очистками конвективных поверхностей нагрева на работающем котле, равном 12 ч.

**Ж2.2. Топливо - природный газ**

Исходные данные:

Тип котла	КВ-ГМ-100
Нагрузка котла	принимается 0,7 от $\frac{D}{H}$
Теплонапряжение топочного объема	$q_v = 322,5$ кВт/куб. м
Коэффициент избытка воздуха	$\alpha_t = 1,05$
Степень рециркуляции газов в дутьевой воздух	$r = 0,1$
Доля воздуха, подава-	0,15

емого помимо горелок

Концентрация бенз(а)пирена в сухих продуктах сгорания на выходе из топочной камеры определяется по формуле (56):

$$C_{\text{бп}} = 10^{-3} \times \frac{(0,11 \times 322,5 - 7) \cdot 10^{-3}}{3,5 (1,05 - 1)} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{ст}} =$$

$$= 0,164 \times 10^{-3} \text{ мг/куб. м,}$$

где:  $K_{\text{д}} = 1,85$  - определяется по графику рис. Е1;

$K_{\text{р}} = 1,8$  - определяется по графику рис. Е2;

$K_{\text{ст}} = 2,1$  - определяется по графику рис. Е3.

Приложение 3  
(справочное)

Таблица 31

#### РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

N	Уголь	Марка	Класс	W раб %	A раб %	S колч %	S орг %	S раб %	C раб %	H раб %	N раб %	O раб %
1.	Донецкий	Д	Р	13,0	21,8	1,5	1,5	3,0	49,3	3,6	1,0	8,3
2.	Донецкий	Д	Отсев	14,0	25,8	2,5	1,4	3,9	44,8	3,4	1,0	7,1
3.	Донецкий	Г	Р	8,0	23,0	2,0	1,2	3,2	55,2	3,8	1,0	5,8
4.	Донецкий	Г	Отсев	11,0	26,7	1,9	1,2	3,1	49,2	3,4	1,0	5,6
5.	Донецкий	Г	Пром- про- дукт	9,0	34,6		3,2	3,2	44,0	3,1	0,8	5,3
6.	Донецкий	Т	Р	5,0	23,8	2,0	0,8	2,8	62,7	3,1	0,9	1,7
7.	Донецкий	А	Ш, СШ	8,5	22,9	1,0	0,7	1,7	63,8	1,2	0,6	1,3
8.	Донецкий	ПА	Р, отсев	5,0	20,9	1,7	0,7	2,4	66,6	2,6	1,0	1,5
9.	Донецкий	Ж, К, ОС	Пром- про- дукт	9,0	35,5	1,9	0,6	2,5	45,5	2,9	0,9	3,7
10.	Кузнецкий	Д	Р, СШ	12,0	13,2		0,3	0,3	58,7	4,2	1,9	9,7
11.	Кузнецкий	Г	Р, СШ	8,5	11,0		0,5	0,5	66,0	4,7	1,8	7,5

12.	Кузнецкий	1СС	Р, отсев	9,0	18,2	0,3	0,3	61,5	3,7	1,5	5,8	
13.	Кузнецкий	2СС	Р, С, Ш, отсев	9,0	18,2	0,4	0,4	64,1	3,3	1,5	3,5	
14.	Кузнецкий	Г	Р, отсев	6,5	16,8	0,4	0,4	68,6	3,1	1,5	3,1	
15.	Кузнецкий	Ж, К, ОС	Пром- про- дукт	7,0	30,7	0,7	0,7	53,6	3,0	1,6	3,4	
16.	Грамоте- инский	Г	Р, окис- лен- ный	14,0	9,5	0,5	0,5	59,5	4,0	1,5	11,0	
17.	Кедровский	1СС, 2СС	Р, окис- лен- ный	10,0	11,3	0,5	0,5	67,7	3,6	1,6	5,3	
18.	Красно- бродский	Г	Р, окис- лен- ный	10,0	16,2	0,3	0,3	65,7	3,0	1,7	3,1	
19.	Томусин- ский	1СС, 2СС	Р, окис- лен- ный	12,0	18,9	0,4	0,4	59,1	3,4	1,7	4,5	
20.	Караган- динский	К	Р	8,0	27,6	0,8	0,8	54,7	3,3	0,8	4,8	
21.	Караган- динский	К	Пром- про- дукт	10,0	38,7	0,9	0,9	42,1	2,7	0,7	4,9	
22.	Экибастуз- ский	СС	Р	7,0	38,1	0,4	0,4	0,8	43,4	2,9	0,8	7,0
23.	Экибастуз- ский	СС	Р	7,0	40,9	0,4	0,4	0,8	41,1	2,8	0,8	6,6
24.	Куучекин- ский	СС	Р	7,0	40,9	0,7	0,7	42,5	2,6	0,7	5,6	
25.	Ленгерский	БЗ	Р, отсев	29,0	11,4	1,2	0,5	1,7	45,0	2,6	0,4	9,9
26.	Подмосков- ный	Б2	Р, ОМСШ	32,0	25,2	1,5	1,2	2,7	28,7	2,2	0,6	8,6

Продолжение таблицы 31

N	Уголь	Q раб ккал/кг	Q раб МДж/кг	V о куб. нм/	VRO2 куб. нм/кг	V N2 о куб.	V H2O о куб.	V оr куб.
---	-------	---------------------	--------------------	--------------------	-----------------------	-------------------	--------------------	-----------------

				к		нм/кг	нм/кг	нм/кг
1.	Донецкий	4680	19,60	5,16	0,94	4,08	0,64	5,67
2.	Донецкий	4240	17,75	4,78	0,86	3,78	0,63	5,27
3.	Донецкий	5260	22,02	5,83	1,05	4,61	0,61	6,28
4.	Донецкий	4730	19,80	5,19	0,94	4,11	0,60	5,65
5.	Донецкий	4190	17,54	4,66	0,84	3,69	0,53	5,06
6.	Донецкий	5780	24,20	6,43	1,19	5,09	0,51	6,79
7.	Донецкий	5390	22,57	6,00	1,20	4,75	0,34	6,28
8.	Донецкий	6030	25,25	6,64	1,26	5,25	0,46	6,97
9.	Донецкий	4300	18,00	4,77	0,87	3,78	0,51	5,16
10.	Кузнецкий	5450	22,82	6,02	1,10	4,77	0,71	6,58
11.	Кузнецкий	6240	26,13	6,88	1,24	5,45	0,74	7,42
12.	Кузнецкий	5700	23,87	6,26	1,15	4,96	0,62	6,73
13.	Кузнецкий	5870	24,58	6,47	1,20	5,12	0,58	6,90
14.	Кузнецкий	6250	26,17	6,83	1,28	5,41	0,53	7,23
15.	Кузнецкий	5000	20,94	5,47	1,01	4,33	0,51	5,85
16.	Грамоте- инский	5450	22,82	6,00	1,11	4,75	0,71	6,58
17.	Кедровский	6180	25,88	6,81	1,27	5,39	0,63	7,29
18.	Красно- бродский	5900	24,70	6,54	1,23	5,18	0,56	6,97
19.	Томусин- ский	5390	22,57	6,02	1,11	4,77	0,62	6,50
20.	Караган- динский	5090	21,31	5,60	1,03	4,43	0,56	6,02
21.	Караган- динский	3880	16,25	4,33	0,79	3,42	0,49	4,71
22.	Экибастуз- ский	4000	16,75	4,42	0,82	3,50	0,48	4,79
23.	Экибастуз- ский	3790	15,87	4,20	0,77	3,33	0,47	4,56
24.	Куучекинс- ский	3910	16,37	4,30	0,80	3,41	0,44	4,65
25.	Ленгерский	3850	16,12	4,42	0,85	3,49	0,72	5,06
26.	Подмосков- ный	2490	10,43	2,94	0,55	2,33	0,69	3,57

N	Уголь	Марка	Класс	W раб %	A раб %	S колч %	S орг %	S раб %	C раб %	H раб %	N раб %	O раб %
27.	Подмосков- ный	Б2	Р, ОМСШ	31,0	29,0	1,2	0,9	2,1	26,0	2,2	0,4	9,3
28.	Воркутин- ский	Ж	Р, отсев	5,5	23,6	0,8	0,8	59,6	3,8	1,3	5,4	
29.	Интинский	Д	Р, отсев	11,0	25,4	2,0	0,6	2,6	47,7	3,2	1,3	8,8
30.	Волынский	Г	Р	10,0	19,8	1,8	0,8	2,6	55,5	3,7	0,9	7,5
31.	Межречен- ский	Г	Р	8,0	25,8	2,3	0,8	3,1	53,7	3,6	0,7	5,1
32.	Бабаевский	Б1	Р	56,5	7,0	0,5	0,5	25,4	2,4	0,2	8,0	
33.	Кизелов- ский	Г	Р, от- сев, К, М	6,0	31,0	6,1	6,1	48,5	3,6	0,8	4,0	
34.	Кизелов- ский	Г	Пром- про- дукт	6,5	39,0	6,8	1,6	8,4	37,4	2,9	0,7	5,1
35.	Челябин- ский	Б3	Р, МСШ	18,0	29,5	1,0	1,0	37,3	2,8	0,9	10,5	
36.	Егоршин- ский	ПА	Р	8,0	23,9	0,4	0,4	60,3	2,5	0,9	4,0	
37.	Волчанский	Б3	Р	22,0	33,2	0,2	0,2	28,7	2,3	0,5	13,1	
38.	Веселов- ский и Бо- гословский	Б3	Р	24,0	30,4	0,4	0,4	29,9	2,3	0,5	12,5	
39.	Ткварчель- ский	Ж	Пром- про- дукт	11,5	35,0	0,9	0,4	1,3	42,5	3,2	0,8	5,7
40.	Ткибуль- ский	Г	Пром- про- дукт	13,0	27,0	0,7	0,6	1,3	45,4	3,5	0,9	8,9
41.	Ангренский	Б2	ОМСШ	34,5	13,1	1,3	1,3	39,8	2,0	0,2	9,1	
42.	Кок-Янбак- ский	Д	Р, ОМ, СШ	10,5	17,9	1,7	1,7	55,8	3,7	0,6	9,8	
43.	Таш-Кумыр- ский	Д	Р, СШ	14,5	21,4	1,2	1,2	48,4	3,3	0,8	10,4	
44.	Сулуктин- ский	Б3	ОМ, СШ	22,0	13,3	0,2	0,3	0,5	50,1	2,6	0,5	11,0



45.	Кызыл-Кийский	Б3	ОМ, СШ	28,0	14,4	0,6	0,3	0,9	44,4	2,4	0,5	9,4
46.	Кара-Кичский	Б3	ОМ, СШ	19,0	8,1		0,7	0,7	55,0	3,1	0,6	13,5
47.	Шурабский	Б2	К, ОМ, СШ	29,5	9,2	0,6	0,4	1,0	47,2	2,2	0,5	10,4
48.	Шурабский	Б3	Р	21,5	14,1	0,8	0,4	1,2	47,3	3,0	0,6	12,3
49.	Ирша-Бородинский	Б2	Р	33,0	6,0		0,2	0,2	43,7	3,0	0,6	13,5
50.	Назаровский	Б2	Р	39,0	7,3		0,4	0,4	37,6	2,6	0,4	12,7
51.	Березовский	Б2	Р	33,0	4,7		0,2	0,2	44,3	3,0	0,4	14,4

Продолжение таблицы 31

№	Уголь	Q раб ккал/кг	Q раб МДж/кг	V о куб. нм/ кг	VRO2 куб. нм/кг	V N2 о куб. нм/кг	V H2O о куб. нм/кг	V ор куб. нм/кг
27.	Подмосковный	2220	9,30	2,65	0,50	2,10	0,67	3,27
28.	Воркутинский	5650	23,66	6,15	1,12	4,87	0,59	6,58
29.	Интинский	4370	18,30	4,88	0,91	3,87	0,57	5,35
30.	Волынский	5250	21,98	5,75	1,05	4,55	0,63	6,23
31.	Межреченский	5150	21,56	5,66	1,02	4,48	0,59	6,09
32.	Бабаевский	2090	8,75	2,64	0,48	2,09	1,01	3,58
33.	Кизеловский	4700	19,68	5,34	0,95	4,22	0,56	5,73
34.	Кизеловский	3810	15,95	4,20	0,76	3,33	0,47	4,55
35.	Челябинский	3330	13,94	3,74	0,70	2,96	0,59	4,26
36.	Егоршинский	5350	22,40	5,90	1,13	4,67	0,47	6,27
37.	Волчанский	2380	9,97	2,73	0,54	2,16	0,57	3,27
38.	Веселовский и Богословский	2480	10,38	2,86	0,56	2,27	0,60	3,43
39.	Ткварчель-	4000	16,75	4,48	0,80	3,55	0,57	4,92

	ский											
40.	Ткибуль-ский	4280	17,92	4,71	0,86	3,73	0,63	5,21				
41.	Ангренский	3300	13,82	3,81	0,75	3,01	0,71	4,47				
42.	Кок-Янгак-ский	5140	21,52	5,67	1,05	4,49	0,63	6,17				
43.	Таш-Кумыр-ский	4380	18,34	4,87	0,91	3,85	0,62	5,39				
44.	Сулжуктин-ский	4270	17,88	4,79	0,94	3,79	0,64	5,37				
45.	Кызыл-Кийский	3770	15,78	4,30	0,83	3,40	0,68	4,92				
46.	Кара-Кичский	4370	19,80	5,28	1,03	4,18	0,66	5,88				
47.	Шурабский	3870	16,20	4,47	0,89	3,53	0,68	5,10				
48.	Шурабский	4120	17,25	4,63	0,89	3,66	0,67	5,23				
49.	Ирша-Бор-родинский	3740	15,66	4,24	0,82	3,35	0,81	4,98				
50.	Назаров-ский	3110	13,02	3,62	0,70	2,86	0,83	4,40				
51.	Березов-ский	3740	15,66	4,26	0,83	3,37	0,81	5,01				

Продолжение таблицы 31

N	Уголь	Марка	Класс	W раб %	A раб %	S колч %	S орг %	S раб %	C раб %	H раб %	N раб %	O раб %
52.	Боготоль-ский	Б1	Р	44,0	6,7	0,5	0,5	34,3	2,4	0,4	11,7	
53.	Абанский	Б2	Р	33,5	8,0	0,4	0,4	41,5	2,9	0,6	13,1	
54.	Итатский	Б1	Р	40,5	6,8	0,4	0,4	36,6	2,6	0,4	12,7	
55.	Барандат-ский	Б2	Р	37,0	4,4	0,2	0,2	41,9	2,9	0,4	13,2	
56.	Минусин-ский	Д	Р	14,0	15,5	0,5	0,5	54,9	3,7	1,4	10,0	
57.	Черемхов-ский	Д	Р, отсев	13,0	27,0	1,1	1,1	45,9	3,4	0,7	8,9	
58.	Азейский	Б3	Р	25,0	12,8	0,4	0,4	46,0	3,3	0,9	11,6	
59.	Мугунский	Б3	Р	22,0	14,8	0,9	0,9	46,6	3,7	0,9	11,1	
60.	Гусино-	Б3	Р	23,5	16,8	0,5	0,5	43,9	3,2	0,7	11,4	

	озерский											
61.	Холболь- джинский	Б3		22,0	12,5	0,3	0,3	46,5	3,3	0,7	14,7	
62.	Баянголь- ский	Д	Р	23,0	15,4	0,5	0,5	47,5	3,4	0,9	9,3	
63.	Букачачин- ский	Г	Р	8,0	9,2	0,6	0,6	67,9	4,7	0,8	8,8	
64.	Черновский	Б2	Р	33,5	9,6	0,5	0,5	42,7	2,8	0,9	10,0	
65.	Татауров- ский	Б2	Р	33,0	10,0	0,2	0,2	41,6	2,8	0,7	11,7	
66.	Харанор- ский	Б1	Р	40,5	8,6	0,3	0,3	36,4	2,3	0,5	11,4	
67.	Райчихин- ский	Б2	К, О, МСШ, Р	37,5	9,4	0,3	0,3	37,7	2,3	0,6	12,2	
68.	Райчихин- ский	Б1	Р, окис- лен- ный	47,0	7,9	0,3	0,3	30,4	1,7	0,5	12,2	
69.	Ургальский	Г	Р	7,5	29,6	0,4	0,4	50,9	3,6	0,6	7,4	
70.	Липовецкий	Д	Р, СШ	6,0	33,8	0,4	0,4	46,1	3,6	0,5	9,6	
71.	Сучанский	Г6	Р	5,5	34,0	0,4	0,4	49,8	3,2	0,8	6,3	
72.	Сучанский	Ж6	Р	5,5	32,1	0,4	0,4	52,7	3,2	0,7	5,4	
73.	Сучанский	Т	Р	5,0	22,8	0,5	0,5	64,6	2,9	0,8	3,4	
74.	Подгород- ненский	Т	Р	4,0	40,3	0,4	0,4	48,7	2,6	0,3	3,7	
75.	Артемов- ский	Б3	Р, СШ	24,0	24,3	0,3	0,3	35,7	2,9	0,7	12,1	
76.	Тавричан- ский	Б3	ОМ, СШ	14,0	24,9	0,4	0,4	44,6	3,5	1,0	11,3	
77.	Реттихов- ский	Б1	К, ОМ, СШ	42,5	17,3	0,2	0,2	27,3	2,3	0,3	10,1	

Продолжение таблицы 31

N	Уголь	Q раб ккал/кг	Q раб МДж/кг	V о куб. нм/ кг	VRO2 куб. нм/кг	V N2 о куб. нм/кг	V H2O о куб. нм/кг	V ог куб. нм/кг
52.	Боготоль- ский	2820	11,81	3,31	0,64	2,62	0,87	4,13
53.	Абанский	3520	14,74	4,03	0,78	3,19	0,80	4,77

54.	Итатский	3060	12,81	3,53	0,69	2,79	0,85	4,33
55.	Барандатский	3540	14,82	4,06	0,78	3,21	0,85	4,84
56.	Минусинский	5030	21,06	5,54	1,03	4,39	0,67	6,09
57.	Черемховский	4270	17,88	4,72	0,86	3,74	0,61	5,21
58.	Азейский	4140	17,33	4,59	0,86	3,63	0,75	5,25
59.	Мугунский	4190	17,54	4,78	0,88	3,79	0,76	5,42
60.	Гусино-озерский	3910	16,37	4,39	0,82	3,47	0,72	5,01
61.	Холбольджинский	3950	16,54	4,53	0,87	3,58	0,71	5,17
62.	Баянгольский	4310	18,05	4,83	0,89	3,82	0,74	5,45
63.	Букачачинский	6380	26,71	7,01	1,27	5,54	0,73	7,55
64.	Черновский	3460	14,49	4,22	0,80	3,34	0,79	4,94
65.	Татауровский	3550	14,86	4,06	0,78	3,21	0,79	4,77
66.	Харанорский	2980	12,48	3,48	0,68	2,75	0,81	4,24
67.	Райчихинский	3040	12,73	3,56	0,71	2,82	0,78	4,30
68.	Райчихинский	2270	9,50	2,76	0,57	2,18	0,82	3,57
69.	Ургальский	4790	20,06	5,25	0,95	4,15	0,58	5,68
70.	Липовецкий	4360	18,26	4,75	0,86	3,75	0,55	5,17
71.	Сучанский	4650	19,47	5,08	0,93	4,02	0,51	5,46
72.	Сучанский	4900	20,52	5,37	0,99	4,25	0,51	5,74
73.	Сучанский	5790	24,24	6,41	1,21	5,07	0,49	6,77
74.	Подгородненский	4390	18,38	4,91	0,91	3,88	0,42	5,21
75.	Артемовский	3180	13,31	3,55	0,67	2,81	0,68	4,15
76.	Гавричанский	4080	17,08	4,53	0,84	3,59	0,64	5,06
77.	Реттиховский	2400	10,05	2,71	0,51	2,14	0,83	3,48

Продолжение таблицы 31

N	Уголь	Марка	Класс	W	A	S	S	S	C	H	N	O
				раб %	раб %	колч %	орг %	раб %	раб %	раб %	раб %	раб %
78.	Чихезский	Б1	Р	43,0	12,5	0,2	0,2	30,3	2,5	0,4	11,1	
79.	Бикинский	Б2	Р	37,0	22,1	0,3	0,3	26,8	2,3	0,7	10,8	
80.	Джебарики-Хаяйский	Д	Р	11,0	11,1	0,2	0,2	60,5	4,2	0,5	12,5	
81.	Нерюнгринский	СС	Р	9,5	12,7	0,2	0,2	66,1	3,3	0,7	7,5	
82.	Сангарский	Д	Р	10,0	13,5	0,2	0,2	61,2	4,7	0,8	9,6	
83.	Чульмаканский	Ж	Р	7,5	23,1	0,3	0,3	59,0	4,1	1,0	5,0	
84.	Нижне-Аркагалинский	Д	Р	16,5	9,2	0,3	0,3	59,1	4,1	1,0	9,8	
85.	Верхне-Аркагалинский	Д	Р	19,0	13,0	0,1	0,1	50,1	3,4	0,7	13,7	
86.	Анадырский	Б3	Р	21,0	11,9	0,1	0,1	50,1	4,0	0,7	12,2	
87.	Южно-Сахалинский	Д	Р, ОМ, СШ	11,5	22,1	0,4	0,4	51,5	4,0	1,0	9,5	
88.	Южно-Сахалинский	Г	Р, КО, МСШ	9,5	12,7	0,5	0,5	63,9	4,7	1,4	7,3	
89.	Южно-Сахалинский	Б3	Р	20,0	20,0	0,2	0,2	43,4	3,4	0,8	12,2	

Продолжение таблицы 31

N	Уголь	Q	Q	V	VRO2	V N2	V H2O	V
		раб ккал/кг	раб МДж/кг	о куб. нм/ кг	куб. нм/кг	о куб. нм/кг	о куб. нм/кг	ор куб. нм/кг
78.	Чихезский	2560	10,72	2,99	0,57	2,37	0,86	3,79
79.	Бикинский	2160	9,04	2,64	0,50	2,09	0,76	3,35
80.	Джебарики-Хаяйский	5500	23,03	6,08	1,13	4,81	0,70	6,64
81.	Нерюнгринский	5895	24,68	6,51	1,23	5,15	0,59	6,97
82.	Сангарский	5790	24,24	6,37	1,14	5,04	0,75	6,93

83.	Чульмакан-ский	5550	23,24	6,18	1,10	4,89	0,65	6,64
84.	Нижне-Ар-кагалин-ский	5480	22,94	6,02	1,10	4,77	0,76	6,63
85.	Верхне-Ар-кагалин-ский	4420	18,51	4,90	0,94	3,88	0,69	5,51
86.	Анадырский	4590	19,22	5,11	0,94	4,04	0,79	5,77
87.	Южно-Саха-линский	5470	22,90	5,34	0,96	4,22	0,67	5,86
88.	Южно-Саха-линский	6110	25,58	6,70	1,20	5,30	0,75	7,25
89.	Южно-Саха-линский	3920	16,41	4,36	0,81	3,45	0,70	4,96

Таблица 32

РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА  
РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Газопровод	CH <sub>4</sub> , %	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , %	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , %	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , %	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> , %	N <sub>2</sub> , %	CO <sub>2</sub> , %	H <sub>2</sub> , %
1. Саратов - Москва	84,5	3,8	1,9	0,9	0,3	7,8	0,8	
2. Первомайск - Стороховка	62,4	3,6	2,6	0,9	0,2	30,2	0,1	
3. Саратов - Горький	91,9	2,1	1,3	0,4	0,1	3,0	1,2	
4. Ставрополь - Москва (1)	93,8	2,0	0,8	0,3	0,1	2,6	0,4	
5. Ставрополь - Москва (2)	92,8	2,8	0,9	0,4	0,1	2,5	0,5	
6. Ставрополь - Москва (3)	91,2	3,9	1,2	0,5	0,1	2,6	0,5	
7. Серпухов - Ленинград	89,7	5,2	1,7	0,5	0,1	2,7	0,1	
8. Гоголево - Полтава	85,8	0,2	0,1	0,1	0,0	13,7	0,1	
9. Дашава - Киев	98,9	0,3	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	
10. Рудки - Минск - Вильнюс Рудки - Самбор	95,6	0,7	0,4	0,2	0,2	2,8	0,1	
11. Угерско - Стрый	98,5	0,2	0,1	0,0	0,0	1,0	0,2	

Угерско - - Гнездици - Киев Угерско - Львов								
12. Брянск - Москва	92,8	3,9	1,1	0,4	0,1	1,6	0,1	
13. Шебелинка - Острогожск Шебелинка - Днепропетровск Шебелинка - Харьков	92,8	3,9	1,0	0,4	0,3	1,5	0,1	
14. Шебелинка - Брянск - Москва	94,1	3,1	0,6	0,2	0,8	1,2		
15. Кумертау - Ишимбай - Магнитогорск	81,7	5,3	2,9	0,9	0,3	8,8	0,1	
16. Промысловка - Астрахань	97,1	0,3	0,1	0,0	0,0	2,4	0,1	
17. Газли - Коган	95,4	2,6	0,3	0,2	0,2	1,1	0,1	
18. Хаджи-Абад - Фергана	85,9	6,1	1,5	0,8	0,6	5,0	0,1	
19. Джаркак - Ташкент	95,5	2,7	0,4	0,2	0,1	1,0	0,1	
20. Газли - Коган - Ташкент	94,0	2,8	0,4	0,3	0,1	2,0	0,4	

Продолжение таблицы 32

Газопровод	Q раб ккал/ куб. нм	Q раб МДж/ куб. нм	V о куб. нм/ куб. нм	VRO2 куб. нм/ куб. нм	V N2 о куб. нм/ куб. нм	V H2O о куб. нм/ куб. нм	V ог куб. нм/ куб. нм	Плот- ность сухо- го газа кг/ куб. нм
1. Саратов - Москва	8550	35,80	9,52	1,04	7,60	2,10	10,73	0,838
2. Первомайск - Сторожовка	6760	28,30	7,51	0,82	6,24	1,64	8,70	0,954
3. Саратов - Горький	8630	36,13	9,57	1,03	7,59	2,13	10,76	0,785
4. Ставрополь - Москва (1)	8620	36,09	9,58	1,02	7,60	2,14	10,76	0,764
5. Ставрополь - Москва (2)	8730	36,55	9,68	1,04	7,67	2,16	10,86	0,773
6. Ставрополь - Москва (3)	8840	37,01	9,81	1,06	7,78	2,18	11,01	0,786

7. Серпухов - Ленинград	8940	37,43	10,00	1,08	7,93	2,21	11,22	0,796
8. Гоголево - Полтава	7400	30,98	8,26	0,87	6,66	1,86	9,39	0,793
9. Дашава - Киев	8750	35,88	9,52	1,00	7,52	2,15	10,68	0,724
10. Рудки - Минск - Вильнюс Рудки - Самбор	8480	35,51	9,45	1,00	7,49	2,12	10,62	0,749
11. Угерско - Стрый Угерско - Гнездици - Киев Угерско - Львов	8480	35,51	9,43	0,99	7,46	2,13	10,59	0,725
12. Брянск - Москва	8910	37,31	9,91	1,06	7,84	2,20	11,11	0,772
13. Шебелинка - Острогожск - Шебелинка - Днепропетровск - Шебелинка - Харьков	8910	37,31	9,96	1,07	7,88	2,21	11,16	0,775
14. Шебелинка - Брянск - Москва	9045	37,87	9,98	1,07	7,90	2,22	11,19	0,771
15. Кумертау - Ишимбай - Магнитогорск	8790	36,80	9,74	1,06	7,79	2,13	10,98	0,856
16. Промысловка - Астрахань	8370	35,05	9,32	0,98	7,38	2,11	10,47	0,731
17. Газли - Коган	8740	36,59	9,72	1,04	7,69	2,18	10,91	0,751
18. Хаджи-Абад - Фергана	9160	38,35	10,03	1,09	7,97	2,20	11,26	0,829
19. Джаркак - Ташкент	8760	36,68	9,74	1,04	7,70	2,18	10,92	0,749
20. Газли - Коган - Ташкент	8660	36,26	9,64	1,03	7,64	2,16	10,82	0,761

Продолжение таблицы 32

Газопровод	CH <sub>4</sub> , %	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , %	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , %	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , %	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> , %	N <sub>2</sub> , %	CO <sub>2</sub> , %	H <sub>2</sub> , %
21. Ставрополь - Невинномыск - Грозный	98,2	0,4	0,1	0,1	0,0	1,0	0,2	
22. Карабулак - Грозный	68,5	14,5	7,6	3,5	1,0	3,5	1,4	



23. Саушино - Лог - Волгоград	96,1	0,7	0,1	0,1	0,0	2,8	0,2	
24. Коробки - Лог - Волгоград	93,2	1,9	0,8	0,3	0,1	3,0	0,7	
25. Коробки - Жирное - Камыши	81,5	8,0	4,0	2,3	0,5	3,2	0,5	
26. Карадаг - Тбилиси - Ереван	93,9	3,1	1,1	0,3	0,1	1,3	0,2	
27. Бухара - Урал	94,9	3,2	0,4	0,1	0,1	0,9	0,4	
28. Урицк - Сторожовка	91,9	2,4	1,1	0,8	0,1	3,2	0,5	
29. Линево - Кологривовка - Вольск	93,2	2,6	1,2	0,7		2,0	0,3	
30. Средняя Азия - Центр	93,8	3,6	0,7	0,2	0,4	0,7	0,6	
31. Ингрим-Пунга - Серов - Нижний Тагил	95,7	1,9	0,5	0,3	0,1	1,3		0,2
32. Оренбург - Совхозное	91,4	4,1	1,9	0,6		0,2	0,7	1,1

Продолжение таблицы 32

Газопровод	Q раб ккал/ куб. нм	Q раб МДж/ куб. нм	V о куб. нм/ куб. нм	VRO2 куб. нм/ куб. нм	V N2 о куб. нм/ куб. нм	V H2O о куб. нм/ куб. нм	V ог куб. нм/ куб. нм	Плот- ность сухо- го газа кг/ куб. нм
21. Ставрополь - Невинномыск - Грозный	8510	35,63	9,47	1,00	7,49	2,14	10,63	0,728
22. Карабулак - Грозный	10950	45,85	12,21	1,41	9,68	2,54	13,63	1,027
23. Саушино - Лог - Волгоград	8390	35,15	9,32	0,98	7,39	2,10	10,48	0,739
24. Коробки - Лог - Волгоград	8560	35,84	9,51	1,02	7,54	2,13	10,69	0,769
25. Коробки - Жирное - Камыши	9900	41,45	10,95	1,22	8,68	2,35	12,25	0,893
26. Карадаг - Тбилиси - Ереван	8860	37,10	9,85	1,05	7,79	2,19	11,04	0,765
27. Бухара - Урал	8770	36,72	9,73	1,04	7,70	2,18	10,91	0,753

28. Урицк - Сторожовка	8710	36,47	9,70	1,04	7,69	2,16	10,89	0,784
29. Линево - Кологривовка - Вольск	8840	37,01	9,81	1,05	7,77	2,18	11,00	0,773
30. Средняя Азия - Центр	8970	37,56	9,91	1,07	7,84	2,21	11,11	0,770
31. Игрим-Пунга - Серов - Нижний Тагил	8710	36,47	9,68	1,03	7,66	2,17	10,86	0,746
32. Оренбург - Совхозное	9080	38,02	10,05	1,08	7,94	2,23	11,25	0,778

Таблица 33

РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЗУТА РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ

Класс мазута	W раб %	A раб %	S раб %	C раб %	H раб %	N раб %	O раб %	Q раб ккал/ кг	Q раб МДж/ кг	V о куб. нм/кг	VRO2 куб. нм/кг	V N2 о куб. нм/кг	V H2O о куб. нм/кг	V ог куб. нм/кг
Малосернистый	3,0	0,05	0,3	84,65	11,7		0,3	9620	40,28	10,63	1,58	8,39	1,51	11,48
Сернистый	3,0	0,10	1,4	83,80	11,2		0,5	9490	39,73	10,45	1,57	8,25	1,45	11,28
Высокосернистый	3,0	0,10	2,8	83,00	10,4		0,7	9260	38,77	10,20	1,57	8,06	1,36	10,99