

**НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ  
ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И КОТЕЛЬНЫХ  
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ БЕНЗ(А)ПИРЕНА  
В АТМОСФЕРУ ПАРОВЫМИ КОТЛАМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**РД 153-34.1-02.316-99**

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

РАЗРАБОТЧИКИ С.И. Аничков, А.Ф. Гаврилов, О.В. Морозов

УТВЕРЖДЕН Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО "ЕЭС России" 14.05.99 г.

Первый заместитель начальника Департамента стратегии развития и научно-технической политики РАО "ЕЭС России"

А.И. Берсенева

СОГЛАСОВАН Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды (письмо № 05-19/35-42 от 29.03.99)

Заместитель Председателя Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды

А.А. Соловьянов

ВЗАМЕН РТМ ВТИ 02.003-88

Периодичность проверки - 5 лет

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бенз(а)пирен, оксиды азота, твердые частицы, выброс вредных веществ, котлы, топочная камера, топливо

**ОТРАСЛЕВОЙ РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ**

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В  
АТМОСФЕРУ ПАРОВЫМИ КОТЛАМИ ТЕПЛОВЫХ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**РД 153-34.1-02.316-99**

Взамен  
РТМ ВТИ 2.003.88.

Дата введения с 01.06.99 г.

Настоящая методика устанавливает правила расчета выбросов бенз(а)пирена с дымовыми газами паровых котлов тепловых электростанций при факельном сжигании жидкого, газообразного и твердого топлив, а также смеси указанных топлив.

Методика дает возможность рассчитывать как удельный выброс бенз(а)пирена, так и валовой.

Методика предназначена для расчета выбросов бенз(а)пирена при проведении инвентаризации выбросов, при оценке воздействия тепловых электростанций на окружающую природную среду и в научно - исследовательских целях.

**1. Расчет концентрации бенз(а)пирена в уходящих газах котлов при сжигании мазута и природного газа**

1.1. Концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах котлов при сжигании мазута  $C_m$  (мкг/м<sup>3</sup>), приведенная к избытку воздуха в газах  $\alpha = 1,4$ , рассчитывается по формуле:

$$C_m = \frac{q_{nz}^{-0,53} (0,232 + 0,606 \cdot 10^{-1} \cdot q_v)}{e^{-25(\alpha_r'' - 1)}} K_r \cdot K_d \cdot K_{ct} \cdot K_{пл} \cdot K_{оч} \quad (1)$$

1.2. Концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах котлов при сжигании природного газа  $C_r$  (мкг/м<sup>3</sup>), приведенная к избытку воздуха в дымовых газах  $\alpha = 1,4$ , рассчитывается по формуле:

$$C_r = \frac{q_{nz}^{-1,26} (0,0356 + 0,163 \cdot 10^{-3} \cdot q_v)}{e^{-25(\alpha_r'' - 1)}} K_r \cdot K_d \cdot K_{ct} \cdot K_{пл} \quad (2)$$

В формулах (1) и (2):

$q_{пр}$  - теплонапряжение поверхности зоны активного горения, МВт/м<sup>2</sup>;

$q_v$  - теплонапряжение топочного объема, кВт/м<sup>3</sup> (является проектной величиной, определяется из технической документации на котел);

$\alpha_r''$  - коэффициент избытка воздуха в дымовых газах на выходе из топки (при  $\alpha_r'' > 1,08$  в формулах (1) и

(2) принимать  $e^{-25(\alpha_r'' - 1)} = 0,135$ );

$K_r$  - коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции;

$K_d$  - коэффициент, учитывающий нагрузку котла;

$K_{ct}$  - коэффициент, учитывающий ступенчатое сжигание топлива;

$K_{пл}$  - коэффициент учитывающий подачу влаги;

$K_{оч}$  - коэффициент, учитывающий увеличение выброса бенз(а)пирена при очистке конвективных поверхностей нагрева на ходу котла;

(принимается по табл.1).

$$q_{пр} = \frac{Q_i^r \cdot B}{2(a_T + b_T) \cdot z_{яр} \cdot h_{яр} + 1,5 \cdot a_T \cdot b_T} \quad (3)$$

$$K_r = 1 + d \cdot r \quad (4)$$

$$K_d = (2 - D_{ф}/D_n)^{2,4} \quad (5)$$

$$K_{ст} = 1 + b \cdot \delta \quad (6)$$

$$K_{пл} = \exp(-\lambda \cdot g) \quad (7)$$

В формулах (3) - (7):

$Q_i^r$  - низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/м<sup>3</sup>);

$B$  - расход топлива на котел, кг/с (м<sup>3</sup>/с) (при наличии в точке двухсветного экрана  $B$  принимается на одну ячейку);

$z_{яр}$  - число ярусов горелок;

$h_{яр}$  - расстояние по высоте между осями соседних горелок м;

(для топок с однорядным расположением горелок единичной мощностью от 30 до 60 МВт произведение  $z_{яр} \cdot h_{яр} = 3$  м);

$a_T$  - ширина топки (в свету), м (при наличии двухсветного экрана - ширина одной ячейки);

$b_T$  - глубина топки (в свету), м;

$r$  - степень (доля) рециркуляции дымовых газов;

$d$  - коэффициент, характеризующий влияние рециркуляции дымовых газов на выброс бенз(а)пирена:

- при вводе в "под" топочной камеры  $d = 1$ ;
- при вводе в воздух или отдельный канал горелки  $d = 4$ ;
- при вводе в шлицы (сопла) напротив горелок  $d = 2$ ;
- при вводе в шлицы под горелками  $d = 2,7$ ;

$D_{ф}$  - фактическая паропроизводительность (нагрузка) котла, кг/с;

$D_n$  - номинальная паропроизводительность котла, кг/с;

$b$  - коэффициент, учитывающий воздействие воздуха, подаваемого во вторую ступень горения:

- при отключении половины горелок верхнего яруса по топливу  $b = -1$  (для мазута) и  $b = -0,2$  (для газа);
- для схемы, реализующей ступенчатое сжигание по "вертикали",  $b = 7$ ;
- для схемы, реализующей ступенчатое сжигание по "горизонтали",  $b = 2,7$ ;

$\delta$  - доля воздуха, подаваемая во вторую ступень горения;

$g$  - водо-топливное отношение при подаче влаги в зону горения;

$\lambda$  - коэффициент, учитывающий воздействие влаги при вводе ее:

- и пристенную зону топки II зональном впрыске  $\lambda = 15$ ;
- и дутьевой воздух  $\lambda = 2$ .

Таблица 1

Значения  $K_{оч}$

Период между очистками, ч	При дробевой очистке конвективных поверхностей нагрева	При обдувах регенеративных воздухоподогревателей
12-24	1,2	1,1
40-48	1,5	1,25
72	2,0	1,5

Погрешность расчетного определения концентрации бенз(а)пирена в дымовых газах по формулам (1) и (2) составляет  $\approx 20\%$ ; большая точность обеспечивается при температуре дутьевого (горячего) воздуха 280 - 350 °С.

## II. Расчет концентрации бенз(а)пирена при сжигании твердого топлива

2.1. Концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах котлов за золоуловителями при факельном сжигании углей  $C_T$  (мкг/м<sup>3</sup>), приведенная к избытку воздуха в газах  $\alpha = 1,4$ , рассчитывается по формуле:

$$C_T = \frac{A \cdot Q_i^r}{e^{1,5\alpha r}} \cdot K_d \cdot K_{зг} \quad (8)$$

где:

$A$  - коэффициент, характеризующий конструкцию нижней части топки:

- при жидком шлакоудалении  $A = 0,378$ ;
- при твердом шлакоудалении  $A = 0,521$ ;

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

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

$K_d$  - коэффициент, учитывающий нагрузку котла;

$K_{zy}$  - коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителями

$$K_d = (D_{\phi}/D_n)^{1,1} \quad (9)$$

$$K_{zy} = 1 - \eta_{zy} \cdot Z/100 \quad (10)$$

В формулах (9) и (10):

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

$D_n$  - номинальная нагрузка котла, кг/с;

$\eta_{zy}$  - КПД золоуловителя (по золе), %;

$Z$  - коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности бенз(а)пирена золоуловителями:

- для сухих аппаратов  $Z = 0,7$ ;
- для мокрых аппаратов  $Z = 0,8$ .

### III. Расчет выбросов бенз(а)пирена

3.1. Масса выброса бенз(а)пирена  $M_{\text{бп}}$  в граммах в секунду рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{бп}} = B \cdot V_{\text{cr}} \cdot C_{\text{бп}} \cdot 10^6 \quad (11) *$$

где:

$B$  - расход топлива, кг/с ( $\text{м}^3/\text{с}$ );

$C_{\text{бп}}$  - концентрация бенз(а)пирена в сухом дымовом газе, приведенная к  $\alpha = 1,4$ ,  $\text{мкг}/\text{м}^3$ , определяется по формулам (1), (2), (8) в зависимости от вида сжигаемого топлива;

$V_{\text{cr}}$  - объем сухих дымовых газов при  $\alpha = 1,4$ ,  $\text{м}^3/\text{кг}$  ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ )

$$V_{\text{cr}} = V_r^0 + 0,984(\alpha - 1) \cdot V^0 - V_{\text{H}_2\text{O}}^0 \quad (12)$$

где:

$V_r^0$ ,  $V^0$ ,  $V_{\text{H}_2\text{O}}^0$  - соответственно объем дымовых газов, воздуха и водяных паров при стехиометрическом сжигании одного кг ( $\text{м}^3$ ) топлив в  $\text{м}^3/\text{кг}$  ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ). Если в топку или горячий воздух вводится дополнительно влага, она также должна учитываться.

\* Примечание: По формуле (11) могут рассчитываться и валовые выбросы бенз(а)пирена, г/год.

### IV. Расчет выбросов бенз(а)пирена при совместном сжигании разных топлив

4.1. При совместном сжигании различных топлив концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, приведенная к  $\alpha = 1,4$ ,  $\text{мкг}/\text{м}^3$ , определяется по формуле:

$$C_{\text{бп}}^{\text{см}} = q_1 \cdot (C_{\text{бп}})_1 + q_2 \cdot (C_{\text{бп}})_2 + \dots \quad (13)$$

где:

$q_1, q_2 \dots$  - доля тепловыделения в топке каждого из видов топлива:

$$q_i = Q_i^r \cdot V_i/Q_r \quad (14)$$

где:

$Q_r$  - суммарное тепловыделение в топке, МВт;

$V_i$  - расход каждого из видов топлива, кг/с ( $\text{м}^3/\text{с}$ );

$Q_i^r$  - низшая теплота сгорания указанных топлив, МДж/кг ( $\text{МДж}/\text{м}^3$ )

$(C_{\text{бп}})_1, (C_{\text{бп}})_2 \dots$  - концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, формируемая каждым из видов топлива определяется по формулам (1), (2), (8),  $\text{мкг}/\text{м}^3$

4.2. Масса выброса бенз(а)пирена при совместном сжигании разных топлив  $M_{\text{бп}}$ , г/с, определяется по формуле (11) по значениям  $V_{\text{cr}}$ ,  $\text{м}^3/\text{кг}$  ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ) и  $B$ , кг/с ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

$$B = B_1 + B_2 + \dots \quad (15)$$

$$V_{\text{cr}} = V_r^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0 - V_{\text{H}_2\text{O}}^0 \quad (16)$$

$$V_r^0 = \frac{(V_r^0)_1 \cdot B_1 + (V_r^0)_2 \cdot B_2 + \dots}{B_1 + B_2 + \dots} \quad (17)$$

$$V^0 = \frac{V_1^0 \cdot B_1 + V_2^0 \cdot B_2 + \dots}{B_1 + B_2 + \dots} \quad (18)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = \frac{(V_{\text{H}_2\text{O}}^0)_1 \cdot B_1 + (V_{\text{H}_2\text{O}}^0)_2 \cdot B_2 + \dots}{B_1 + B_2 + \dots} \quad (19)$$