

**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. Берсенов

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/м³), 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/м³), 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):

$q_{пр}$ - теплonaпряжение поверхности зоны активного горения, МВт/м²;

q_v - теплonaпряжение топочного объема, кВт/м³ (является проектной величиной, определяется из технической документации на котел);

α_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/м³);

B - расход топлива на котел, кг/с (м³/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", $b = 2,7$;

δ - доля воздуха, подаваемая во вторую ступень горения;

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

λ - 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/м³), 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;

α_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

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

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

В формулах (9) и (10):

D_f - фактическая нагрузка котла, кг/с;

D_n - номинальная нагрузка котла, кг/с;

η_{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 $M_{бп}$ в граммах в секунду рассчитывается по формуле:

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

где:

B - расход топлива, кг/с (m^3/c);

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

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

$$V_{cr} = V_r^0 + 0,984(\alpha - 1) \cdot V^0 - V_{H_2O}^0 \quad (12)$$

где:

V_r^0 , V^0 , $V_{H_2O}^0$ - соответственно объем дымовых газов, воздуха и водяных паров при стехиометрическом сжигании одного кг (m^3) топлив в m^3/kg (m^3/m^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 $\alpha = 1,4$, мкг/ m^3 , определяется по формуле:

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

где:

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

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

где:

Q_r - суммарное тепловыделение в топке, МВт;

B_i - расход каждого из видов топлива, кг/с (m^3/c);

Q_i^r - низшая теплота сгорания указанных топлив, МДж/кг (МДж/ m^3)

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

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

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

$$V_{cr} = V_r^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0 - V_{H_2O}^0 \quad (16)$$

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

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

$$V_{H_2O}^0 = \frac{(V_{H_2O}^0)_1 \cdot B_1 + (V_{H_2O}^0)_2 \cdot B_2 + \dots}{B_1 + B_2 + \dots} \quad (19)$$