

Министерство энергетики
Российской Федерации

Российское акционерное общество
энергетики и электрификации
«ЕЭС России»

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



СО 153-34.02.316–2003
(РД 153-34.1-02.316–2003)

ОАО «ВТИ»
Москва 2007

Министерство энергетики
Российской Федерации

Российское акционерное общество
энергетики и электрификации
«ЕЭС России»

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

СО 153-34.02.316–2003
(РД 153-34.1-02.316–2003)

ОАО «ВТИ»
Москва 2007

Разработано Открытым акционерным обществом «Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»)

Исполнитель *С. Н. АНИЧКОВ* (ОАО «ВТИ»)

Утверждено Министерством энергетики Российской Федерации приказом № 286 от 30.06.2003

Министр энергетики

И. Х. Юсуфов

**Срок первой проверки настоящего СО – 2609 г.,
периодичность проверки – один раз в 5 лет.**

Ключевые слова: бенз(а)пирен, оксиды азота, твердые частицы, выброс вредных веществ, котлы, топочная камера, топливо.

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

СО 153-34. 02.316–2003
(РД 153-34.1-02.316–2003)
Введено взамен
РД 153-34.1-02.316–99

Дата введения 2003–07–01

Настоящая методика устанавливает правила расчета выбросов бенз(а)пирена с дымовыми газами котлов паропроизводительностью свыше 30 т/ч 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 валовый.

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.

Издание официальное

Настоящий руководящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения ОАО РАО «ЕЭС России» или ОАО «ВТН»

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^3), приведенная к избытку воздуха в газах $\alpha = 1,4$, рассчитывается по формуле:

$$c_m = q_{\text{лг}}^{-0,53} (0,232 + 0,606 \cdot 10^{-3} \cdot q_v) K_\alpha \cdot K_r \cdot K_d \cdot K_{\text{ст}} \cdot K_{\text{вл}} \cdot K_{\text{оч}} \quad (1)$$

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

$$c_r = q_{\text{лг}}^{-1,26} (0,0536 + 0,163 \cdot 10^{-3} \cdot q_v) K_\alpha \cdot K_r \cdot K_d \cdot K_{\text{ст}} \cdot K_{\text{вл}} \quad (2)$$

В формулах (1) и (2):

$q_{\text{лг}}$ – теплонпряжение поверхности зоны активного горения, МВт/м^2 ,

$$q_{\text{лг}} = \frac{Q_i^f \cdot B}{2(a_r + b_r) \cdot z_{\text{зр}} \cdot h_{\text{зр}} + 1,5a_r \cdot b_r} \quad (3)$$

q_v – теплонпряжение топочного объема, кВт/м^3 (является проектной величиной, определяется из технической документации на котел);

K_α – коэффициент, учитывающий влияние коэффициента избытка воздуха в дымовых газах на выходе из топки α_r^* (принимается по таблице 1, при $\alpha_r^* > 1,08$ в формулах (1) и (2) $K_\alpha = 0,135$);

Таблица 1

α_r^*	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08
K_α	0,779	0,606	0,472	0,368	0,286	0,223	0,174	0,135

K_r – коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции,

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

K_d – коэффициент, учитывающий нагрузку котла,

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

$K_{\text{ст}}$ – коэффициент, учитывающий ступенчатое сжигание топлива,

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

$K_{\text{вл}}$ – коэффициент, учитывающий подачу влаги,

$$K_{\text{вл}} = \exp(-\lambda \cdot g); \quad (7)$$

$K_{оч}$ – коэффициент, учитывающий увеличение выброса бенз(а)пирена при очистке конвективных поверхностей нагрева на ходу котла (принимается по таблице 2).

Таблица 2 – Значения $K_{оч}$

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

В формулах (3) – (7):

Q_i^f – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг (МДж/м³);

B – расход топлива на котел, кг/с (м³/с) (при наличии в топке двухсветного экрана B принимается на одну ячейку);

$z_{гр}$ – число ярусов горелок ;

$h_{гр}$ – расстояние по высоте между осями соседних горелок, м (для топок с однорядным расположением горелок единичной мощностью от 30 до 60 МВт произведение $z_{гр} \cdot h_{гр} = 3$ м);

a_r – ширина топки (в свету), м (при наличии двухсветного экрана – ширина одной ячейки);

b_r – глубина топки (в свету), м;

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 щлицы (сопла) напротив горелок $d = 2$;
- при вводе в щлицы под горелками $d = 2,7$;

g – степень (доля) рециркуляции дымовых газов.

При содержании СО в уходящих газах котла менее 20 мг/м³ (при $\alpha = 1,4$) и $g < 0,2$ принимать в формулах (1) и (2) значение $K_r = 1,2$.

При содержании СО в уходящих газах котла более 20 мг/м³ (при $\alpha = 1,4$) расчет K_r проводить по формуле (4) независимо от степени рециркуляции g ;

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

$D_{н}$ – 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.

При содержании CO в уходящих газах котла менее 20 мг/м^3 (при $\alpha = 1,4$) для схемы, реализующей ступенчатое сжигание по «вертикали» и $\delta < 0,25$ принимать в формулах (1) и (2) значение $K_{ст} = 1,25$. Во всех остальных случаях $K_{ст}$ рассчитывается по формуле (6).

При совместном применении рециркуляции дымовых газов ($\gamma < 0,2$), ступенчатого сжигания по «вертикали» ($\delta < 0,25$) и содержании CO в уходящих газах котла менее 20 мг/м^3 (при $\alpha = 1,4$) принимать в формулах (1) и (2) $K_r \cdot K_{ст} = 1,25$;

- λ – коэффициент, учитывающий воздействие влаги при вводе ее:
- в пристенную зону топки и при зональном впрыске $\lambda = 15$;
 - в дутьевой воздух $\lambda = 2$;

g – водотопливное отношение при подаче влаги в зону горения.

2 РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНА ПРИ СЖИГАНИИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

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

$$c_T = \frac{A \cdot Q^r}{e^{1,5\alpha_T^r}} \cdot K_d \cdot K_{зy}, \quad (8)$$

где A – коэффициент, характеризующий конструкцию нижней части топки:

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

Q^r – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

α_T^r – коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания на выходе из топки;

K_d – коэффициент, учитывающий нагрузку котла,

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

$K_{зy}$ – коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителями,

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

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 $Z = 0,8$.

3 РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ БЕНЗ(А)ПИРЕНА

3.1 Масса выброса бенз(а)пирена $M_{БП}$ (г/с) 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);

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

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

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

$$c_{БП}^{см} = q_1 (c_{БП})_1 + q_2 (c_{БП})_2 + \dots + q_i (c_{БП})_i, \quad (12)$$

где q_1, q_2, \dots, q_i – доля тепловыделения в топке каждого из видов топлив,

$$q_i = Q_i^r \cdot B_i / Q_r, \quad (13)$$

Q_i^r – низшая теплота сгорания указанных топлив, МДж/кг ($МДж/м^3$);

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

Q_r – суммарное тепловыделение в топке, МВт;

$(c_{БП})_1, (c_{БП})_2, \dots, (c_{БП})_i$ – концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, формируемая каждым из видов топлив, определяется по формулам (1), (2), (8), $мкг/м^3$.

$$\text{Тогда } V_{icr} = V_{ir}^0 + 0,984 (\alpha - 1) \cdot V_i^0 - V_{iH_2O}^0, \quad (14)$$

где $V_{ir}^0, V_i^0, V_{iH_2O}^0$ – соответственно, объем дымовых газов, воздуха и водяных паров при стехиометрическом сжи-

гании 1 кг (м³) топлив, м³/кг (м³/м³). Если в топку или горячий воздух вводится дополнительно влага, она также должна учитываться.

3.3 При совместном сжигании различных топлив масса выброса бенз(а)пирена М_{БП} (г/с) рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{БП}} = \sum V_i \cdot V_{i\text{а}} \cdot c_{\text{БП}}^{\text{см}} \cdot 10^{-6}. \quad (15)^*$$

Примечание – По формулам (11)* и (15)* могут рассчитываться и валовые выбросы бенз(а)пирена, т/год.