

# **Загрязнение атмосферы точечным источником выбросов**

# Источники

- организованные (выброс производится через специально сооруженные газоходы, воздуховоды и трубы);
- неорганизованные (выброс производится при нарушении герметичности оборудования, неэффективной работе местных отсосов);
- по степени подвижности (на стационарные и подвижные);
- по характеру выброса (на постоянные, залповые, переменные);
- оснащенности газоочистными устройствами (на оснащенные и не оснащенные);
- геометрическим параметрам (на точечные, линейные, площадные);
- в зависимости от высоты источника выброса над уровнем земной поверхности  $H$ :
  - высокие источники,  $H > 50$  м;
  - источники средней высоты,  $H = 10\text{--}50$  м;
  - низкие источники,  $H = 2\text{--}10$  м;
  - наземные источники,  $H < 2$  м;
- по условиям выброса (холодные, нагретые, высокоскоростные, низкоскоростные);
- по агрегатному состоянию – на классы:
  - I класс – газообразные и парообразные;
  - II класс – жидкие;
  - III класс – твердые;
  - IV класс – смешанные.

# Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельной и склада угля

## Окислы азота

$$\bullet \quad B_p = B \cdot (1 - q_4/100)$$

- $B$  – расход натурального топлива, кг/с (т/г при определении валовых выбросов);
- $q_4$  – потеря теплоты от механического недожога.

### • Выброс оксидов азота:

$$\bullet \quad M_{\text{NO}_x} = B_p \cdot Q_{H^r} \cdot K_{\text{NO}_x} \cdot \beta_r \cdot K_{\text{п}},$$

- $B_p$  – расчетный расход топлива, кг/с (т/год);
- $Q_{H^r}$  – низшая теплота сгорания, МДж/кг;
- $K_{\text{NO}_x}$  – удельный выброс оксидов азота (в пересчете на диоксид азота) при слоевом сжигании твердого топлива, г/МДж;
- $\beta_r$  – коэффициент влияния рециркуляции дымовых газов, подаваемых в смеси с дутьевым воздухом под колосниковую решетку, на образование оксидов азота;
- $K_{\text{п}}$  – коэффициент пересчета;
  - при определении выбросов в граммах в секунду  $K_{\text{п}} = 1$ ;
  - при определении выбросах в тоннах в год  $K_{\text{п}} = 10^{-3}$ .

- ПДК для монооксида азота и диоксида азота установлены отдельно.
- Содержание составляющих:
- $M_{\text{NO}} = 0,13 M_{\text{NOX}}$ ;  $M_{\text{NO}_2} = 0,8 M_{\text{NOX}}$

# Окислы серы

- Объем выбросов диоксида серы:
  - $M = 0,02 * B * S^r (1 - \eta_{SO_2})$ ,
  - $B$  – расход натурального топлива за рассматриваемый период, г/с (т/год при вычислении валовых);
  - $S^r$  – содержание серы в топливе на рабочую массу, %;
  - $\eta_{SO_2}$  – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле, принята 0,2.

# Оксид углерода (угарный газ)

- Объем выбросов оксида углерода:

- $M_{CO} = 10^{-3} \cdot B \cdot C_{CO} \cdot (1 - q_4/100),$

- $B$  – расход топлива, г/с (т/год при расчете валовых выбросов);
- $C_{CO}$  – выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг.

- Рассчитывается по формуле:

- $C_{CO} = q^3 \cdot R \cdot Q_H^r,$

- $q_3$  – потеря теплоты из-за неполноты сгорания топлива, %;
- $R$  – коэффициент потерь теплоты из-за неполноты сгорания топлива;
  - для твердого топлива  $R = 1.$

# Выбросы бензапирена

- Концентрация бензапирена в сухих дымовых газах котлов малой мощности при слоевом сжигании твердых топлив СБП (мг/м<sup>3</sup>), приведенная к избытку воздуха в газах  $\alpha = 1,4$ :

- $$C_{БП} = 10^{-3} \cdot [A \cdot Q_H^r / e^{2,5\alpha} + (R/t_H)] \cdot K_D \cdot K_{3y}$$

- $A$  – к-т типа колосниковой решетки и вид топлива; для углей  $A = 2,5$ ;
- $R$  – к-т температурного уровня экранов (290);
- $K_D$  – к-т нагрузки котла;
- $K_{3y}$  – к-т степени улавливания бензапирена золоуловителем.
- $K_{3y}$  определяют по соотношению:

- $$K_{3y} = 1 \eta_{3y} z,$$

- $\eta_{3y}$  – степень очистки в золоуловителе;
- $z$  – коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности золоуловителем бензапирена.
- Объемы сухих газов при  $\alpha = 1,4$ :

- $$V_{сг} = V_{г}^0 + (\alpha - 1) V_0 - V_{H_2O}^0$$

- $V_{H_2O}^0$  – теоретический объем водяных паров, нм<sup>3</sup>/кг ( $V_{H_2O}^0 = 0,81$ );
- $V_{г}^0$  – теоретический объем газов, нм<sup>3</sup>/кг (4, 98);
- $V_0$  – теоретический объем воздуха, нм<sup>3</sup>/кг (4, 24).

# Выбросы твердых частиц со склада

- Количество твердых частиц, т/год, выделяющихся при формировании открытых складов угля:

$$M^{\Phi}_{СК} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot q^{ск}_{уд} \cdot П \cdot (1 - \acute{h}) \cdot 10^{-6},$$

- $K_0$  – к-т влажности угля;
- $K_1$  – к-т скорости ветра;
- $K_4$  – к-т местных условий, защищенности склада от внешних воздействий;
- $K_5$  – к-т высоты пересыпки материала;
- $q^{ск}_{уд}$  – выделение твердых частиц с 1 т угля, поступающего на склад, т/год;
- $П$  – количество угля, поступающего на склад, т/год;
- $\acute{h}$  – эффективность средств пылеподавления, в долях единицы.



- Для расчета рассеивания определяют максимально-разовые выбросы, г/с:

$$G_{ск}^{\phi} = K_o \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot q_{уд}^{ск} \cdot \Pi_r \cdot (1 - \eta) / 3600,$$

–  $\Pi_r$  – максимальное количество угля, поступающее на склад, т/час.

- Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности открытых складов угля, т/год:

$$M_{ск}^c = 31,5 \cdot K_o \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot S_{ш} \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-4},$$

–  $K_6$  – к-т профиля поверхности складированного материала;

–  $S_{ш}$  – площадь основания штабеля, м<sup>2</sup>.

- Максимально-разовый выброс, г/с, за счет сдувания:

$$G_{ск}^c = K_o \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot S_{ш} \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-4}$$

- Суммарный валовый выброс, т/год:

$$M_{ск} = M_{ск}^{\phi} + M_{ск}^c$$

- Суммарный максимально-разовый выброс, г/с:

$$G_{ск} = G_{ск}^{\phi} + G_{ск}^c$$

# Пример расчета

- Предприятие имеет отопительную котельную с одним котлом, с годовым расходом угля 150 т.
- Топливо - уголь с характеристиками:
- низшая теплота сгорания  $Q_H^r = 15503$  кДж/кг;
- $A^r = 6,7$  %;
- $S^r = 6,7$  %;
- $V^0 = 0,81$  нм<sup>3</sup>/кг,
- $V_{\Gamma}^0 = 4,98$  нм<sup>3</sup>/кг,
- $V_0 = 4,24$  нм<sup>3</sup>/кг.
- Потери теплоты  $q_3 = 2$  %,  $q_4 = 8$  %.
- Котел расходует 30 кг/ч топлива.

- Расход топлива расчетный
- $V_p = 30 \cdot (1 - 8/100) = 27,6$  кг/ч.
- Выброс оксидов азота
- $G_{NO} = (30/3600) \cdot 15,503 \cdot 0,16 = 0,0207$  г/с
- Монооксида азота
- $G_{NO} = 0,0027$  г/с,
- Диоксида азота
- $G_{NO_2} = 0,0165$  г/с,
- Валовые объемы
- $M_{NOx} = 150 (1 - 0,08) \cdot 15,503 \cdot 0,16 \cdot 10^{-3} = 0,3423$  т/год
- $M_{NO} = 0,0445$  т/год
- $M_{NO_2} = 0,2738$  т/год

- Максимально-разовый выброс диоксида серы:
- $G = 0,02 \cdot (30/3,6) \cdot 0,2 \cdot (1 - 0,2) = 0,0267 \text{ г/с}$
- Валовый выброс диоксида серы:
- $M_{\text{SO}_2} = 0,02 \cdot 150 \cdot 0,2 \cdot 0,8 = 0,48 \text{ т/год}$
- Максимально-разовый выброс оксида углерода:
- $C_{\text{CO}} = 2 \cdot 15,503 = 31,0 \text{ г/кг (кг/т)}$
- $G_{\text{CO}} = 10^{-3} \cdot 31 \cdot (30/3,6) \cdot (1 - 8/100) = 0,2377 \text{ г/с}$
- Валовый выброс оксида углерода:
- $M_{\text{CO}} = 10^{-3} \cdot 31 \cdot 150 \cdot (1 - 8/100) = 4,278 \text{ т/год}$
- Объемы сухих газов
- $V_{\text{сг}} = 4,98 + 0,4 \cdot 4,24 - 0,81 = 5,866 \text{ нм}^3/\text{кг.}$
- Содержание бензапирена
- $C_{\text{БП}} = 10^{-3} \cdot [2,5 \cdot 15,503/2,78^{2,5} \cdot 1,4 + 290/95] = 0,0042 \text{ мг/м}^3.$

- Максимально-разовый выброс бензапирена:
- $G = 0,0042 \cdot 5,866 \cdot 0,0276 \cdot 0,278 \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 10^{-6}$  г/с
- Валовый выброс бензапирена:
- $M = 0,0042 \cdot 5,866 \cdot 150 \cdot (1 - 0,08) \cdot 10^{-6} = 0,0000034$  т/год
  - $K_0$  – к-т влажности угля, 0,1;
  - $K_1$  – к-т скорости ветра, 1,2;
  - $K_4$  – к-т местных условий, защищенности склада от внешних воздействий, 0,8;
  - $K_5$  – к-т высоты пересыпки материала, 1,5;
- Удельное выделение твердых частиц с тонны угля, поступающего на склад –  $q_{уд}^{СК}$  3,0 г/т
- Количество угля, поступающего на склад,  $\Pi_r = 150,0$  т/год
- Максимальное количество угля, поступающее на склад за час,  $\Pi_{ч} = 10,0$  т/ч
- Эффективность применяемых средств пылеподавления –  $\eta = 0$
- Количество твердых частиц, выделяющихся при формировании склада:
- $M_{СК}^{\Phi} = 0,1 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 150 \cdot 10^{-6} = 0,000065$  т/год
- $G_{СК}^{\Phi} = 0,1 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 10/3600 = 0,0012$  г/с

- Коэффициент, учитывающий профиль поверхности складированного угля  $K_6 = 1,5$
- Площадь основания склада  $S_{\text{ш}} = 60 \text{ м}^2$
- Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности открытого склада угля:

- $M_{\text{СК}}^{\text{с}} = 31,5 \cdot 0,1 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 60 \cdot 10^{-4} = 0,027216 \text{ т/год}$

- $G_{\text{СК}}^{\text{с}} = 0,1 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 60 \cdot 10^{-4} = 0,000864 \text{ г/с}$

- Количество твердых частиц, выделяющихся от открытого склада угля:

- $M_{\text{СК}} = 0,000065 + 0,027216 = 0,0273 \text{ т/год}$

- $G_{\text{СК}} = 0,0012 + 0,000864 = 0,0021 \text{ г/с}$