

Задание 2. Расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлоагрегатах котельной

Выбросы загрязняющих веществ зависят от количества и вида топлива, а также от типа котлоагрегата. Загрязняющими веществами, выделяющимися при сжигании топлива являются твердые частицы, оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, оксид ванадия (V).

1.1 Валовый выброс твердых частиц определяется по формуле (т/год):

$$M_r = m \cdot \varepsilon_r \cdot \left(1 - \frac{\eta_r}{100}\right) \cdot \chi \quad (1)$$

где m – количество израсходованного топлива, т/год;

ε_r – зольность топлива, масс. % (среднее значение зольности составляет для углей – 10 ... 30 %, мазута – 0,1 %, природного газа – 0,0 %);

η_r – эффективность золоуловителей, % (среднее значение которого составляет 80 ... 90 %);

χ – безразмерный коэффициент, зависящий от типа и вида топлива (среднее значение составляет для газа – 0,0; для мазута – 0,01; для углей – 0,02).

1.2 Валовый выброс оксида углерода определяется по формуле (т/год):

$$M_{CO} = m \cdot C_{CO} \cdot \left(1 - \frac{D_1}{100}\right) \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

где D_1 – потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, % (среднее значение составляет для газа и мазута 0,5 %; для углей 4,5 %);

C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, значение которого определяется по формуле (кг/т):

$$C_{CO} = q_r \cdot R \cdot Q_r^H \quad (3)$$

где q_r – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания, % (среднее значение для газа и мазута 0,5 %; для угля 0,75 %);

R – коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива (среднее значение составляет для газа 0,5 %; для мазута 0,65 %; для угля 1,0 %);

Q_r^H – низшая теплота сгорания топлива (среднее значение составляет для газа и мазута 30 МДж/кг; для угля 15 МДж/кг).

1.3 Валовый выброс оксидов азота определяется по формуле (т/год):

$$M_{NO_2} = m \cdot Q_r^H \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - \beta) \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

где β – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов NO_2 в результате применения технических решений (для котлов производительностью до 30 т/час, значение $\beta = 0$);

K_{NO_2} – параметр, характеризующий количество NO_2 в кг, образующихся на 1 ГДж тепла (с ростом паропроизводительности котлоагрегата от 0,5 до 30 т/час значение K_{NO_2} возрастает для газа и мазута от 0,08 до 0,12; для угля от 0,10 до 0,25 кг/ГДж).

1.4 Валовый выброс оксидов серы определяется по формуле (т/год):

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot m \cdot S_r \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}) \quad (5)$$

где S_r – содержание серы в топливе, % масс. (среднее значение составляет для природного газа 0,0 %; для мазута малосернистого 0,5 %, мазута сернистого 1,9 %, мазута высокосернистого 4,1 %; для угля 0,5 ... 2,5 %);

η'_{SO_2} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива (среднее значение составляет для газа 0,0; для мазута 0,02; для угля 0,1 ... 0,2);

η''_{SO_2} – доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителях (для сухих золоуловителей принимается равной нулю).

1.5 Валовый выброс пятиоксида ванадия определяется по формуле (оксид ванадия образуется только при сжигании мазута) (кг/год):

$$M_{V_2O_5} = B' \cdot Q_{V_2O_5} \cdot (1 - \eta_{OC}) \cdot \left(1 - \frac{\eta_r}{100}\right) \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

где B' – количество израсходованного мазута, т/год;

$Q_{V_2O_5}$ – содержание оксидов ванадия в мазуте (г/т), которое определяется путем лабораторного анализа или рассчитывается по формуле:

$$Q_{V_2O_5} = 95,4 \cdot S_r - 31,6 \quad (7)$$

η_{OC} – коэффициент оседания ванадия на поверхности нагрева котлов (составляет 0,07 – для котлов с промежуточным паронагревателем, очистка которых производится при остановке агрегата; 0,05 – для котлов без промежуточного паронагревателя при тех же условиях очистки; 0,0 – для остальных случаев);

η_r – доля твердых частиц в продуктах сгорания мазута, улавливаемых в устройствах для очистки газов, % (среднее значение составляет 80 – 90 %).

1.6 Максимально разовый выброс загрязняющих веществ определяется перерасчетом, исходя из среднемесячного расхода топлива за самый холодный месяц года (г/с):

$$M_i^{\max} = \left(\frac{M_i}{m}\right) \cdot \left(\frac{m_x}{n_x}\right) \cdot k \quad (8)$$

где M_i – валовый выброс i -го загрязняющего вещества, т/год;

m_x – расход топлива за самый холодный месяц года, т;

n_x – количество дней в самом холодном месяце года;

k – коэффициент перерасчета, $k \approx 11,6$ (перевод размерности т/год в г/с).

Задание. Рассчитать валовые и максимальные разовые выбросы загрязняющих веществ (твердых частиц, оксида углерода, оксидов серы, оксидов азота и оксидов ванадия), образующихся при сжигании данного вида топлива в котлоагрегатах котельной по известным исходным данным (таблица 7). Недостающие значения принимаются самостоятельно исходя из физического смысла параметра.

Исходные данные к заданию 2

Таблица 7

№ варианта	Q пара, т/час	Вид топлива	m, т/год	m _х , т/мес.	n _х , дней
1	10	газ	6000	720	30
2	15	газ	7000	1020	30
3	20	газ	8200	1280	30
4	25	газ	10300	1500	30
5	30	газ	12600	1680	30
6	10	мазут	6200	880	30
7	15	мазут	9600	1200	30
8	20	мазут	12100	1520	30
9	25	мазут	13900	1800	30
10	30	мазут	15400	2040	30
11	10	уголь	8200	1200	30
12	15	уголь	11900	1680	30
13	20	уголь	15100	2080	30
14	25	уголь	19300	2400	30
15	30	уголь	20500	2640	30

16	30	уголь	28000	2800	30
17	17	уголь	23000	2100	30
18	23	газ	17500	1720	30
19	28	газ	19300	2020	30
20	32	мазут	9000	2280	30

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ

За основу расчета принимаются исходные данные варианта № 16.

2.1 Валовый выброс твердых веществ определяем по формуле (1); согласно рекомендации

п. 1.1 принимаем: $\epsilon_r = 20\%$; $\eta_r = 85\%$; $\chi = 0,02$, тогда:

$$M_r = m \cdot \epsilon_r \cdot \left(1 - \frac{\eta_r}{100}\right) \cdot \chi = 28000 \cdot 20 \cdot \left(1 - \frac{85}{100}\right) \cdot 0,02 = 1680$$

[т/год]

2.2 Валовый выброс оксида углерода (CO) определяем по формуле (2), для этого вначале определяем удельный выход оксида углерода по формуле (№):

$$C_{CO} = q_r \cdot R \cdot Q_r^H = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,15 = 11,25 \text{ кг/т.}$$

Согласно рекомендациям пункта 1.2 для угля принимаем $q_r = 0,75\%$; $R = 1\%$; $Q_r^H = 1$:
МДж/кг, $d_1 = 4,5\%$.

Валовый выброс CO:

$$M_{CO} = m \cdot C_{CO} \cdot \left(1 - \frac{d_1}{100}\right) \cdot 10^{-3} = 2800 \cdot 11,25 \cdot \left(1 - \frac{4,5}{100}\right) \cdot 10^{-3} =$$

$$= 300,8 \text{ [т/год]}$$

2.3 Валовый выброс оксидов азота (в пересчете на NO₂) определяем по формуле (4).
Согласно рекомендациям п. 1.3 принимаем значение $\beta = 0$; $K_{NO_2} = 0,25$ кг/ГДж.

Валовый выброс оксидов азота:

$$M_{NO_2} = m \cdot Q_r^H \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - \beta) \cdot 10^{-3} = 2800 \cdot 11,25 \cdot 0,25 \cdot$$

$$\cdot (1 - 0) \cdot 10^{-3} = 105 \text{ [т/год]}$$

2.4 Валовый выброс оксидов серы определяем по формуле (5). Согласно рекомендациям п. 1.4 принимаем $S_r = 1,5\%$; $\eta_{SO_2} = 0,15$; $\eta_{SO_2} = 0$.

Валовые выбросы оксида серы:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot m \cdot S_r \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta^*_{SO_2}) = 0,02 \cdot 28000 \cdot 1,5 \cdot$$

$$\cdot (1 - 0,15) \cdot (1 - 0) = 714 \text{ [т/год]}$$

2.5 Выбросы оксидов ванадия для углей не определяются.

2.6 Максимальные выбросы загрязняющих веществ определяем по формуле (8):

$$M_r^{\max} = \left(\frac{1680}{28000}\right) \cdot \left(\frac{2800}{30}\right) \cdot 11,6 = 64,96 \text{ г/с;}$$

$$M_{CO}^{\max} = \left(\frac{300,8}{28000}\right) \cdot \left(\frac{2800}{30}\right) \cdot 11,6 = 11,63 \text{ г/с;}$$

$$M_{NO_2}^{\max} = \left(\frac{105}{28000}\right) \cdot \left(\frac{2800}{30}\right) \cdot 11,6 = 4,06 \text{ г/с;}$$

$$M_{SO_2}^{\max} = \left(\frac{714}{28000}\right) \cdot \left(\frac{2800}{30}\right) \cdot 11,6 = 27,61 \text{ г/с.}$$