

Самбаева Д.А.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ РАЗЛИЧНЫХ КОТЛОАГРЕГАТОВ СРЕДНЕЙ И МАЛОЙ МОЩНОСТИ

D.A. Sambaeva

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF DAMAGE FROM POLLUTION OF ENVIRONMENTAL CARBON DIOXIDE FLUE GAS OF VARIOUS BOILERS MEDIUM AND SMALL POWER

УДК: 66.063.61

В работе приведены данные расчета ущерба от загрязнения атмосферы диоксидом углерода дымовых газов и предложены способы минимизации концентраций оксидов углерода в приземном слое атмосферного воздуха

This paper presents data of calculation of atmosphere pollution damage by carbon dioxide and suggests minimization ways of carbon oxides concentration in bottom layer of atmosphere.

Введение. Эколого-экономические основы природопользования и взимание платы за техногенную нагрузку загрязняющих веществ на окружающую природную среду в настоящее время основаны на использовании временных типовых методологий расчета экологических и производственных стандартов и отдельных нормативных положений. Научные основы используемых временных типовых методик построены на ряде допущений и приближений, и соответственно они нуждаются в систематическом изучении и модификации на реальных объектах с учетом физико-химических, гидродинамических, тепло-массообменных и техногенных характеристик газожидкостных потоков [1-4]. Данные обстоятельства проявляются особенно остро в экстремальных условиях, например, при оценке ущерба от загрязнения окружающей среды токсичными, газообразными, жидкими и твердыми веществами, а также физических воздействий, обусловленные аварийными ситуациями. При оценке указанных техногенных нагрузок имеются разные, и диаметрально противоречивые точки зрения и научно-производственные результаты. В связи с этим научный поиск и разработка эколого-экономических основ оценки ущерба от загрязнения компонентов окружающей природной среды токсичными загрязняющими веществами, особенно газовых их составляющих определяет актуальность исследований [3,4]. Соответственно, в настоящей статье рассмотрены эколого-экономические основы оценки ущерба от загрязнения окружающей природной среды диоксидом углерода дымовых газов промышленных котельных установок средней и

малой мощности на основе экспериментального определения концентрации оксида углерода в дымовых газах. В работе рассчитаны величины ущерба от загрязнения территорий компонентами дымовых газов, а именно диоксидом углерода и установлены площади зон активного загрязнения. Предложен способ минимизации выбросов загрязняющих веществ на основе модификации жидкого топлива в виде водотопливных эмульсий.

Методика исследований. Определение концентрации диоксида углерода в производственных условиях осуществлено на основе газоанализатора Visit 01-L/LR, которой является мульти функциональным инструментом, и соответственно в экспериментах был использован для определения физико-химических параметров (t_r , t_b , t_g , DQ , $t_r.p.$) и содержания CO_2 в дымовых газах котельных установок средней и малой мощности. Прибор позволил определить фоновую и рабочую концентрацию CO_2 и CO , а звуковой сигнал облегчил поиск определяемых компонентов в основном потоке дымовых газов. Наряду с концентрацией газа осуществлено непосредственное измерение температуры дымовых газов. Основные режимные параметры газоанализатора изменялись в пределах: температура окружающего воздуха, °C (-30+200); температура газа в дымоходе, °C (-30+800); CO измерение в стандартных условиях, млн.часть (0-4000); CO измерение в рабочих условиях, млн.часть (0-100000); CO_2 измерение в рабочих условиях, % (0-25); давление, гектопаскаль (hPa) (-100+100); вторичное давление, (hPa) (-250+250); эффективность, % (0-120); потери дымовых газов, % (20-100); $l(1-9,99)$; точки росы, °C (20-80) [1,2].

Расчет величины CO , CO_2 (%) проводили на основании формул [3]:

$$\tilde{N}I_2 = CO_{2max}^* / \lambda$$

$$\text{где } \lambda = \frac{CO_{2max}^*}{CO_2} = \frac{21}{21 - O_2}$$

$$CO_2 = \frac{CO_{2max}^*(21 - O_2)}{21} = CO_{2max}^* \left(1 - \frac{O_2}{21}\right), \%$$

Расчет эффективности измерения

(ae): $ae = 100 - \Delta$, %, где, Δ – потери дымового газа по формуле Сегерта:

$$\Delta = (\dot{O}_{AA} - \dot{O}_{LU}) * \left(\frac{A_1}{21 - O_2} + B\right), \%$$

где, T_{AB} – температура дымовых газов, К; T_{LU} – температура окружающего воздуха, К; A_1 , B – определяется из справочных данных [3].

Расчет концентрации оксида углерода:

$$\tilde{N}I = \tilde{N}I^* \cdot \lambda, \%$$

$$\tilde{N}I = \tilde{N}I^* \cdot \frac{21}{21 - \tilde{I}_2}, \%$$

где, CO^* – экспериментальная величина CO по показаниям газоанализатора; O_2 – экспериментальная величина O_2 по показаниям газоанализатора.

Результаты исследований. Рассчитаны зоны активного загрязнения (ЗАЗ) источника, величины ущерба от загрязнения атмосферы, суммы платы за загрязнения атмосферы. При этом источником загрязнения является дымовая труба котельной. Для подобных источников ЗАЗ представляет собой кольцо, заключенное между окружностями с радиусами:

$$r_{\zeta\acute{a}\zeta}^{\acute{a}i\acute{o}\acute{o}\delta} = 2\phi h(M),$$

$$R_{\zeta\acute{a}\zeta}^{\acute{a}i\acute{a}\phi} = 20\phi h(M).$$

$$\phi = \frac{1 + \Delta\dot{O}}{75^\circ \tilde{N}},$$

где, ΔT – разность температур, град, h – высота источника, м; j – безразмерная поправка.

Вычислив радиусы, находим площадь зоны активного загрязнения ($S_{\zeta\acute{a}\zeta}$, м²) по формуле:

$$S_{\zeta\acute{a}\zeta} = \pi(R_{\acute{a}i\acute{a}\phi}^2 - r_{\acute{a}i\acute{o}\acute{o}\delta}^2).$$

Определение ущерба от загрязнения атмосферы диоксидом углерода осуществлено по формуле:

$$U = g \cdot 6 \cdot M \cdot f.$$

Численное значение удельного ущерба от загрязнения атмосферы (g) принималось с учетом текущего курса сома. Показатель относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над зоной активного загрязнения (d) рассчитано по формуле:

$$\delta = \sum_{i=1}^5 \frac{S_i}{S_{\zeta\acute{a}\zeta}} \cdot \delta_i$$

где, d – показатель относительной опасности загрязнения атмосферы над всей зоной активного загрязнения; $S_{\zeta\acute{a}\zeta}$ – общая площадь ЗАЗ (га), величина вычисленная; i – номер части ЗАЗ, относящийся к одному из типов территорий; S_i – площадь одного из типов территорий (га); δ_i – показатель относительной опасности загрязнения атмосферы над i -м типом территории.

Приведенная масса годового выброса загрязняющих веществ (ЗВ) рассчитана как сумма газообразных и аэрозольных примесей, усл.т/год:

$$M = M_{\text{газ}} + M_{\text{аэр}}$$

а) значение приведенной массы годового выброса газообразных примесей ($M_{\text{газ}}$) определено по формуле:

$$\dot{I}_{\acute{a}\acute{a}\zeta} = \sum_{j=1}^6 A_j \cdot m_j$$

б) значение приведенной массы годового выброса аэрозольных примесей ($M_{\text{аэр}}$) определено по аналогичной формуле:

$$\dot{I}_{\acute{a}\acute{y}\delta} = \sum_{j=1}^2 A_j \cdot m_j, \text{ где, } M_{\text{газ}} \text{ и } M_{\text{аэр}} -$$

приведенные массы годовых газообразных и аэрозольных выбросов (усл.т/год); j – вид загрязняющего вещества; A_j – показатель относительной агрессивности примеси j -го вида (усл.т/т). Значение множителя f -поправки, учитывающий характер рассеивания примесей в атмосфере, определяли следующим образом:

а) для газообразных примесей с очень малой скоростью оседания (менее 1 см/с) принято, что

$$f1 = f_{\acute{a}\acute{a}\zeta} = \frac{100(i)}{100(i) + \phi h} \cdot \frac{4(i/\tilde{n})}{1(i/\tilde{n}) + \acute{o}};$$

б) для частиц, оседающих со скоростью от 1 до 20 м/с (в данной задаче группа аэрозольных примесей) принято, что

$$f2 = f_{\acute{a}\acute{y}\delta} = \sqrt{\frac{(1000(i))}{60(i) + h\phi}} \cdot \frac{4(i/\tilde{n})}{1(i/\tilde{n}) + \acute{o}};$$

где, u – среднегодовое значение модуля скорости ветра (м/с), j – безразмерная поправка, h – высота трубы. Общий ущерб есть сумма ущербов от выбросов двух видов примесей ($M_{\text{газ}}$ и $M_{\text{аэр}}$) с двумя различными параметрами f ($f_{\text{газ}}$ и $f_{\text{аэр}}$), поэтому $u = u_1 + u_2 = j\delta M_{\text{газ}} f_{\text{газ}} + j\delta M_{\text{аэр}} f_{\text{аэр}} = j\delta (M_{\text{газ}} f_{\text{газ}} + M_{\text{газ}} f_{\text{аэр}})$.

Определение платы, вносимой котельной установки за загрязнение атмосферы осуществлено по формуле:

$$P_{\text{общ}} = P_1 + P_2 + P_3,$$

где, P_1 - плата за допустимый выброс (в пределах ПДВ); P_2 - плата за выброс ЗВ сверх ПДВ, но в пределах временно согласованного выброса (ВСВ); P_3 - плата за выброс ЗВ сверх ВСВ. Значения P_1, P_2, P_3 рассчитываются по формулам: $P_1 = P M_1$; $P_2 = 5 P M_2$; $P_3 = 25 P M_3$, где, P - норматив платы (сом/усл.т); M_1 - масса допустимого выброса (усл.т); M_2 - масса сверх ПДВ, но в пределах ВСВ (усл.т); M_3 - масса выбросов сверх ВСВ (усл.т).

Ниже приводятся данные котлоагрегатов: технические характеристики и марки котлоагрегатов (табл.1-2), например, в городе Бишкек работает, примерно 70 предприятий, вырабатывающих тепло и пара. В этих предприятиях сжигаются такие топлива, как древесина, уголь, мазут и газ. В топливе содержатся как минеральные, так и органические вещества. При сжигании топлива выделяются твердые и газообразные вещества, в частности оксиды углерода и др.газы, которые в свою очередь загрязняют воздух, воду и почву.

Определение концентрации диоксида углерода осуществлено в млн^{-1} , затем была найдена связь в $\text{мг}/\text{м}^3$. Расчет концентрации диоксида углерода в дымовых газах производилось относительно оксида углерода (СО), поскольку содержание CO_2 в отходящих газах незначительное и составляет от 8 до 20%. Например, количественное соотношение

приведенных выше газов в процессе горения топлива приведено на рис.1.

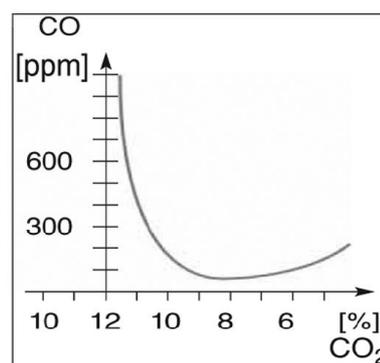


Рис. 1. Количественное соотношение CO и CO_2 в дымовых газах в процессе горения топлива

Из графических зависимостей видно, что при CO_2 равном 10% оксид углерода (СО- высокотоксичный газ, предельно-допустимые концентрации: в рабочей зоне $20 \text{ мг}/\text{м}^3$ (17 млн^{-1}); в атмосферном воздухе $3 \text{ мг}/\text{м}^3$ ($2,6 \text{ млн}^{-1}$); среднесуточное $1 \text{ мг}/\text{м}^3$ ($0,86 \text{ млн}^{-1}$) составляет 170 ppm. При переводе 170 ppm СО в $\text{мг}/\text{м}^3$ получено $197,2 \text{ мг}/\text{м}^3$. Далее определена концентрация CO_2 по СО: $\text{CO}_2 = 19,72 \text{ мг}/\text{м}^3$. Далее определены концентрационные характеристики диоксида углерода для различных котельных установок средней и малой мощности.

В качестве примера, ниже приведены концентрации CO_2 найденного расчетно-экспериментальным путем в дымовых газах Кыргызского горно-металлургического комбината, пгт.Орловка (табл.1).

Таблица 1

Технические характеристики промышленных котлоагрегатов и расчет ущерба

котлоагрегаты	H(м)	D(м)	V (м ³ /с)	T _{гг} (°C)	U (м/с)	ССO ₂ (м ³ /с)	ССO ₂ (т/год)	У (сом/год)
ДЕ-25-14-ГМ	80	3,0	9,92	130	1,5	32	10,017	19,37

приведенная годовая масса диоксида углерода: $m = CQ$	расчет градиента температуры
а) $C_{\text{CO}_2} = 32 \text{ мг}/\text{м}^3$, $m = CQ = 32 \text{ мг}/\text{м}^3 \cdot 9,92 \text{ м}^3/\text{сек} = 317,44 \text{ мг}/\text{сек}$ $m = 317,44 \text{ мг}/\text{сек} \cdot 60 \text{ мин} \cdot 60 \text{ час} \cdot 24 \text{ сут} = 365,25 \text{ сут} / 10^9 \text{ тонна} = 10,017 \text{ т}/\text{год}$ б) $C_{\text{CO}_2} = 10 \text{ мг}/\text{м}^3$, $m = CQ = 10 \text{ мг}/\text{м}^3 \cdot 9,92 \text{ м}^3/\text{сек} = 99,2 \text{ мг}/\text{сек}$ $m = 99,2 \text{ мг}/\text{сек} \cdot 60 \text{ мин} \cdot 60 \text{ час} \cdot 24 \text{ сут} = 365,25 \text{ сут} / 10^9 \text{ тонна} = 3,1305 \text{ т}/\text{год}$	$T_{\text{гг}} = 130^\circ\text{C}$ $\Delta T = T_{\text{гг}} - T_{\text{о.ср.}} = 130 - 13 = 117^\circ\text{C}$

расчет: $\varphi = 1 + (T/75^\circ\text{C})$	расчет внутреннего и внешнего радиуса загрязнения: $r_{\text{в}} = 2 \varphi h$; $r_{\text{вн}} = 20 \varphi h$	расчет внутреннего и внешнего площади загрязнения: $S = \pi d^2/4$; $S_{\text{в}} = \pi(2 r_{\text{в}})^2/4$ $S_{\text{вн}} = \pi(2 r_{\text{вн}})^2/4$
$\varphi = 1 + (T/75^\circ\text{C}) = 1 + (117/75) = 1 + 1,56 = 2,56$	$r_{\text{в}} = 2 \varphi h = 2 \cdot 2,56 \cdot 80 = 409 \text{ м}$ $r_{\text{вн}} = 20 \varphi h = 20 \cdot 2,56 \cdot 80 = 4096 \text{ м}$	$S_{\text{в}} = \pi(2 r_{\text{в}})^2/4 = 3,14 \cdot (2 \cdot 409,6)^2/4 = 0,5268 \text{ км}^2$ $S_{\text{вн}} = \pi(2 r_{\text{вн}})^2/4 = 3,14 \cdot (2 \cdot 4096)^2/4 = 52,68 \text{ км}^2$

На основании экспериментально-расчетных данных составлена сводная таблица 2, где указаны концентрации диоксида углерода в дымовых газах

различных промышленных котельных установок с различными котлоагрегатами и величины ущерба от загрязнения окружающей среды CO₂.

Таблица 2

Концентрация диоксида углерода в дымовых газах промышленных котлоагрегатов и расчет ущерба от загрязнения окружающей среды CO₂

Котлоагрегаты	H (м)	D (м)	V (м ³ /сек)	T _{г.г.} (°C)	τ (год)	U (м/с)	C _{со2} (мг/м ³)	C _{со2} (т/год)	У (сом/год)
ДКВР- 2,5- В ДКВР- 6,5- В ДЕ- 10-14	32	0,6	14,86	120	0,33	3,4	14,4	2,28	4,223
							125		
ДЕ- 25 -14 (ГМ)	80	3,0	9,92	130	-	1,5	32,0	10,017	19,37
							27,2		
ГМ- 50 (2) ДКВР- 6,5/13 (2) Б- 25- 15 (ГМ)	83	3,0	110,86	130	-	4,3	12,5	43,73	39,04
							10,6		
Е- 1/9- 1М (2М) ДКВР- 4/В	22	0,6	0,833	135	-	2,7	6,5	0,17	0,4307
							31,0		
ДКВР- 4/В	40	2	2,5	185	-	3,7	31,0	2,44	3,33
							29,5		
ПТВМ- 30М	40	2	39,72	185	0,58	3,7	29,5	21,44	29,27
КЕ _Б - 4- 14(2)	25	1,0	5,44	130	0,416	3,0	8,025	0,576	1,3
Е- 1/9 М(4)	24	0,4	0,413	135	-	3,2	7,2	0,094	0,21
ДКВР- 4/В(3)	23	0,6	9,271	174	-	3,0	5,3	1,55	3,86

Заключение. Проведены инвентаризационные работы с целью экологической оценки производственно-хозяйственной деятельности котельных установок средней и малой мощности различных типов и выявлены основные параметры для каждого источника по выбросам диоксида углерода. Определены концентрации оксида углерода в газовой фазе по отдельным источникам и рассчитаны величины ущерба от загрязнения окружающей среды диоксидом углерода дымовых газов котлоагрегатов средней и малой мощности, работающих на жидком топливе. Предложены способы минимизации концентрации диоксида углерода в газовой фазе на основе его конверсии водяным паром водотопливных эмульсий. Показано, что при увеличении температуры дымовых газов и высоты дымовой трубы уменьшается величины ущерба от загрязнения природной среды диоксидом угле-

рода. Отмечено, что эффективное уменьшение концентрации диоксида углерода в газовой фазе может быть достигнуто на основе использования водных абсорбентов в топливных эмульсиях.

Литература:

1. Лейте В. Определение загрязнений воздуха в атмосфере и на рабочем месте - Москва, 1970.
2. Высоцкий С.П. Проблемы эмиссии углекислого газа - экотехнология и ресурсосбережение - Москва, 2007-№2 - С.47-50.
3. Экологическая оценка ущерба от загрязнения окружающей природной среды газовыми выбросами и разработка способов его минимизации - Отчет по проекту - Бишкек,КТУМ, 2007-60с.
4. Самбаева Д.А. Влияние воды в водотопливных эмульсий на процессы образования и уменьшения оксида углерода в газовой фазе - Автореф. дис. канд. хим.наук - Бишкек, 2002 -16с.

Рецензент: д.тех.н. Татыбеков А.