

УДК 662.613.5: 66.074.32

А.А. Тринченко (асп. каф. РиПГС), С.М. Шестаков, д.т.н., проф.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА КОКСОВЫХ ЧАСТИЦ НА РАЗЛОЖЕНИЕ ОКСИДОВ АЗОТА

Производство электрической и тепловой энергии сопровождается образованием и выбросом в атмосферу загрязняющих веществ. Одним из наиболее токсичных компонентов дымовых газов, наряду с оксидами серы (SO_x) и бенз(а)пиреном ($C_{20}H_{12}$), являются оксиды азота (NO_x) [1].

Ограниченность запасов жидкого и газообразного топлива (а также высокие темпы роста стоимости этих топлив, приближающейся к мировым уровням), предопределяет долгосрочную перспективу использования относительно дешевого твердого топлива, которого, по различным оценкам, должно хватить на 200...500 лет.

Традиционное факельное сжигание мелкодисперсной пыли твердого топлива сопровождается рядом существенных недостатков: с увеличением единичной мощности котла неоправданно растут металлоемкость, габариты, затраты на изготовление и монтаж, а так же выбросы вредных веществ в атмосферу; возникают проблемы шлакования поверхностей нагрева, снижения взрывоопасности системы пылеприготовления. Рядом перечисленных недостатков лишен низкотемпературный вихревой (НТВ) способ сжигания твердых топлив, разработанный кафедрой РиПГС СПбГТУ [2]. Замеры уровня выбросов вредных веществ на котлах, реконструированных на НТВ сжигание твердых топлив, показали низкие концентрации NO_x на выходе из котла по сравнению с пылеугольным сжиганием. Это связано, прежде всего, с пониженным уровнем температур в топочной камере, что сопровождается уменьшением генерации “термических” NO_x . Отмечена также [3] возможность разложения оксидов азота на поверхности горящих коксовых частиц по реакции:



с константой скорости (по данным Tang Biguang, Kazutomo Ohtake):

$$k = 1,18 \cdot 10^4 \cdot \exp(-145000/RT), \quad (2)$$

однако вопрос о влиянии фракционного состава подаваемого в топку топлива (а следовательно поверхности коксовых частиц) до настоящего времени остается открытым. Это обстоятельство определило направление исследования для выявления возможных способов снижения уровня выбросов вредных веществ при НТВ сжигании твердых топлив.

Для оценки влияния фракционного состава сжигаемого топлива на конечный уровень концентрации NO_x , применительно к котлу ПК-24 ст. № 9 ИТЭЦ-10, разработана математическая модель, рассматривающая как генерацию, так и разложение NO_x на поверхности горящих коксовых частиц. Необходимые технические и эксплуатационные характеристики парогенератора ПК-24, а также экспериментально замеренные уровни концентраций NO_x заимствованы из работы [4]. Для расчета разложения оксидов азота на углеродном материале использована методика, разработанная авторами [5], где для анализа процесса горения применена теория “приведенной” пленки, схема “двойного горящего” пограничного слоя, случай мокрой газификации с допущениями, указанными в работе [6].

Расчет изменения концентрации оксидов азота во времени производился по методике, разработанной в [7], где зависимость между текущей концентрацией NO_x , кмоль/м³, и временем определяется выражением:

$$NO = a\kappa_2 \cdot \left\{ \frac{2 \cdot e^{-\kappa_2 \tau}}{m^3 \cdot \kappa_2} - \frac{1}{m} e^{-c\tau} \left[\frac{\tau^2}{c} + \frac{2\tau}{c^2} + \frac{2}{c^3} \right] + \frac{2}{m^2} e^{-c\tau} \left[\frac{\tau}{c} + \frac{1}{c^2} \right] - \frac{2 \cdot e^{-c\tau}}{m^3 \cdot c} + \frac{2}{c^3 \cdot \kappa_2} \right\}, \quad (3)$$

(обозначения приводятся в [7]).

Расход топлива с полифракционным составом пересчитывался, с учетом рекомендаций [8] на эквивалентный расход шарообразных частиц с такой же рассевочной кривой, как и исходный. Для этого рассевочная кривая разбивается на N фракций (N принимаем в первом приближении и для наглядности равным 5), каждая из которых характеризуется своим средним диаметром:

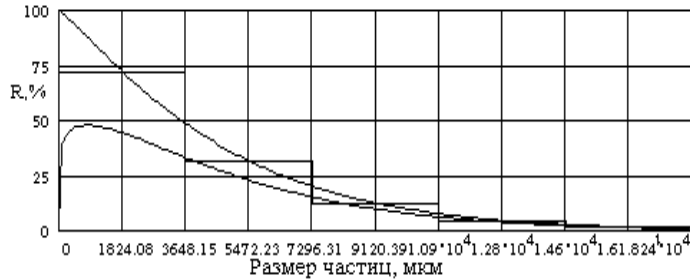


Рис. 1. Обработка рассевочной кривой

$$\delta_i = (d_i + d_{i+1})/2, \quad (4)$$

где δ_i — средний диаметр частицы i -ой фракции, м; d_i , d_{i+1} — максимальный и минимальный размер частицы их i -ой фракции, м.

Результаты обработки рассевочной кривой приводятся на рис. 1, где нижняя дифференциальная кривая ($-dR_x/dx$) показывает характер распределения массы топлива по размерам его частиц.

Частота подачи i -ой фракции (шт/с) определяется как:

$$n_i = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{B}{\rho_o \cdot \delta_i^3} \cdot \frac{R_i - R_{i+1}}{100}, \quad (5)$$

где: B - расход топлива, кг/с; R_i , R_{i+1} - полные остатки на ситах с размерами ячеек d_i и d_{i+1} , %.

Дифференциальное уравнение изменения концентрации NO_x , кмоль/м³, во времени запишется следующим образом:

$$\frac{dNO_\Sigma}{d\tau} = \frac{dNO_1}{d\tau} \cdot RT - \frac{\alpha_D \cdot N}{1 + N} \cdot p_{NO} \cdot F(x), \quad (5)$$

где первое слагаемое в правой части выражения характеризует увеличение концентрации NO при горении топлива, а второе - разложение NO на коксовых частицах. Начальное условие заключается в равенстве нулю концентрации NO в начальный момент времени, т.е: $NO=0$ при $\tau=0$.

Температура в топочной камере в первом приближении принимается равной (согласно [7]) среднеинтегральной величине:

$$T_f = T_0 + 0,75 \cdot (T_m - T_0), \quad (6)$$

где T_0 - температура горячего воздуха, поступающего в горелки, К; T_m - максимальная температура в топке, К.

По приведенным выше зависимостям были проведены расчеты разложения оксидов азота при сжигании дробленого азейского и бурого угля. На рис. 2 показаны кривые выгорания различных фракций, а на рис. 3 — изменение площади поверхности частиц. Видно, что время горения мелких частиц меньше, чем для крупных. То же относится к площади поверхности частиц. На рис. 4 приведена оценка разложения оксидов азота на соответствующих фракциях (рис. 1), которая показывает, что на крупных фракциях возможно достижение более глубокого разложения оксидов азота. Это связано, по-

видимому, с более длительным пребыванием крупных частиц в нижней вихревой зоне, где в полувосстановительной атмосфере происходит интенсивное разложение оксидов азота.

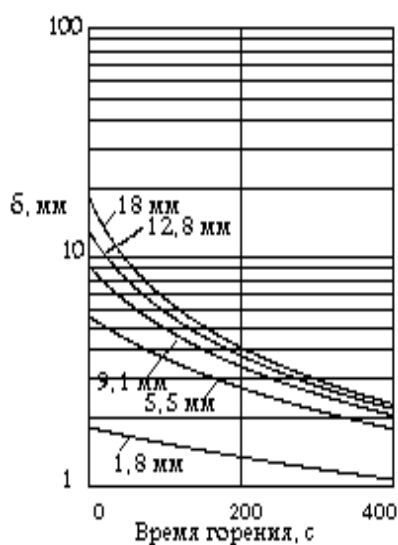


Рис. 2

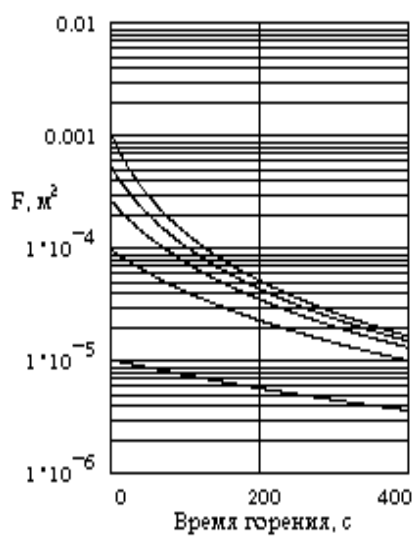


Рис. 3

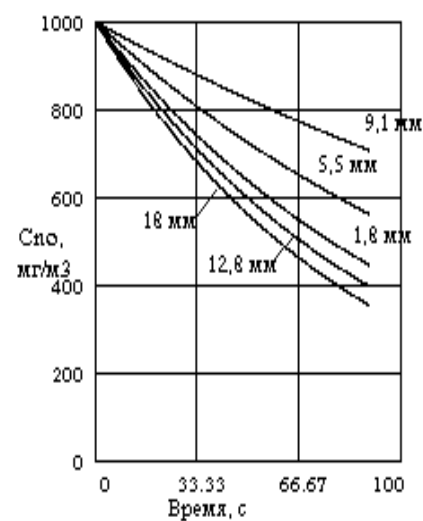


Рис. 4

ЛИТЕРАТУРА:

1. Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 144 с.
2. Шестаков С.М. Комплексное исследование топки с многократной циркуляцией частиц и пониженными выбросами вредных веществ. / Межвуз. сб. науч. тр. Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС. - СПб.: СПбГТУ РП, 1999. - С. 142-158.
3. Головина Е.С. Высокотемпературное горение и газификация углерода. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 176 с.
4. Шестаков С.М. Низкотемпературная вихревая технология сжигания дробленого топлива в котлах как метод защиты окружающей среды: Дис. ... докт. техн. наук / СПбГТУ. - СПб., 1999. - 437 с.
5. Тринченко А.А., Шестаков С.М. Методика расчета разложения оксидов азота на углеродном материале при низкотемпературном вихревом сжигании твердых топлив // XXVIII Неделя науки СПбГТУ. Ч 1: Материалы межвуз. науч. конф. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. - С. 141-143.
6. Тринченко А.А., Шестаков С.М. Разложение оксидов азота на углеродном материале // XXVII неделя науки СПбГТУ. Ч 1: Мат. межвуз. науч. конф. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. - С. 76-77.
7. Бочкарев В.А. Снижение образования токсичных и агрессивных выбросов в уходящих газах парогенераторов путем низкотемпературного вихревого сжигания топлив: Автореф. дис. ... к.т.н. - Л.: ЛПИ, 1984.-20 с.
8. Волков Э.П. и др. Моделирование горения твердого топлива / Э.П. Волков, Л.И. Зайчик, В.А. Першуков. - М.: Наука, 1994. - 320 с.