

УМЕНЬШЕНИЕ ВЫХОДА NO_x В УХОДЯЩИХ ГАЗАХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Телятников А.В., Мормуль С.П., Безбородов Д.Л.

Донецкий государственный технический университет

В общем поступлении оксидов азота в воздушный бассейн на долю тепловых электрических станций приходится до 60% от их общего количества.

Для обеспечения нормативных требований к паровым котлам содержание оксидов азота в уходящих газах необходимо снизить в 2-8 раз. Для решения этой проблемы наиболее эффективными и экономически целесообразными являются так называемые внутритопочные мероприятия, подавляющие образование NO_x в процессе сжигания топлива.

При сжигании угля образуются "термические", "быстрые" и "топливные" оксиды азота, соотношение которых в общем выбросе NO_x зависит от характеристик топлива, способа сжигания и условий горения. При традиционных способах сжигания топлива в топках котлов основной вклад вносят "термические" оксиды азота. Это объясняется довольно высокими температурами факела, в среднем до 1800К. При температуре в факеле ниже 1827К образуются "топливные" NO_x в результате окисления азота, содержащегося в топливе кислородом воздуха. Кислород содержащийся в угле не участвует в образовании оксидов азота.

Динамика образования оксидов азота при различных начальных концентрациях кислорода в дутье в заданном интервале времени показана на рис.1. Уменьшение концентрации кислорода в дутье на входе в реакционную камеру с 21 до 1,5% приводит к резкому снижению скорости образования и уменьшению конечного выхода NO_x . Обработка полученных опытных данных показала, что выход оксидов азота зависит от среднесуммарной концентрации кислорода на участке образования NO_x во второй степени.

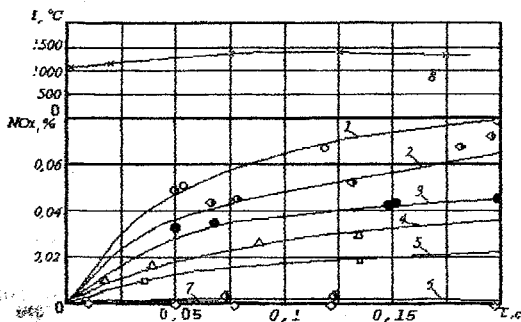


Рисунок 1. Динамика образования NO_x при горении пыли угля марки СС в зависимости от начальной концентрации кислорода в потоке пылевоздуха.

O_2 — начальная концентрация кислорода; O_{2cp} — среднесуммарная концентрация кислорода.

1 - $\text{O}_2=21\%$, $\text{O}_{2cp}=17\%$; 2- $\text{O}_2=17\%$, $\text{O}_{2cp}=12,8\%$; 3- $\text{O}_2=14\%$, $\text{O}_{2cp}=10,5\%$; 4- $\text{O}_2=12\%$, $\text{O}_{2cp}=8,7\%$; 5- $\text{O}_2=8,8\%$, $\text{O}_{2cp}=6,8\%$; 6- $\text{O}_2=2,2\%$; 7- $\text{O}_2=1,5\%$, $\text{O}_{2cp}=1\%$; 8-температура

При нагреве частиц угольной пыли в окислительной среде "топливный" азот может переходить в газообразное состояние в виде молекулярного азота, кроме того, часть его может сохраняться в коксовом остатке угольных частиц. В табл.1 приведены данные, полученные в опытах при нагреве пыли в потоке воздуха со скоростью 10^3 м/с, что характерно для пылеугольных топок. Как видно из табл.1, летучие выгорели в одной камере, основная масса топливного азота (70-78%) перешла в газообразное состояние в виде молекулярного азота, 16-20% азота топлива пошло на образование оксидов азота, а в коксовом остатке сохранилось не более 13% азота.

Для выявления зависимости выхода оксидов азота от тонны помола были проведены опыты с углями марки ГЖ и СС. В опытах с углём марки ГЖ конечная концентрация NO_x и степень перехода топливного азота в оксиды азота практически не зависят от тонны помола в интервале $R_{90}=2\pm 30\%$. При горении пыли угля марки СС зависимость степени перехода топливного азота в NO_x от тонны помола в пределах $R_{90}=4.9\pm 18.2\%$ также не наблюдалась.

Таблица 1. Распределение азота в продуктах сгорания и уносе.

| Исходное топливо | Исходное топливо | | | Унос | | | Распределение азота | | | NO_x в газовом потоке, % |
|------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|--|--|----------------------------|
| | N^T , % | V^T , % | A^C , % | N^T , % | V^T , % | A^C , % | N_2 в уносе, % | Доля азота топлива в молекулярном азоте, % | Доля азота топлива, перешедшего в NO_x , % | |
| ГЖ | 2,0 | 19,7 | 23,4 | 0,26 | 3,97 | 35,5 | 13,0 | 70,0 | 16,0 | 0,052 |
| СС | 2,2 | 33,7 | 7,6 | 0,04 | 8,2 | 25,5 | 1,7 | 78,0 | 20,0 | 0,078 |

Согласно экспериментальным данным при сжигании топлива с избытками воздуха α меньше чем стехиометрические образование "термических" оксидов азота снижается и при α не выше 0,8-0,9 ими можно даже пренебречь. При этом выход NO_x определяется суммой "топливных" и "быстрых" оксидов азота. В топочных устройствах условия сжигания с α меньше 1 и T менее 1500К благоприятны для образования "быстрых" оксидов азота. Условия для начального участка факела.

Такие температурные и концентрационные условия можно реализовать путём проведения внутритопочных мероприятий, снижающих образование оксидов азота. Например, ступенчатый и нестехиометрический способ сжигания топлива.

При проведении экспериментальных измерений получена и исследована зависимость общего выхода NO_x от концентрации кислорода в потоке пылевзвеси. При снижении избытка воздуха в зоне горения наблюдается снижение концентрации оксидов азота в основном за счёт "термических" NO_x . При дальнейшем уменьшении α происходит рост концентрации оксидов азота за счёт "быстрых" NO_x . Максимальный выход "быстрых" оксидов азота достигает 140 мг/м^3 , минимальный – около 85 мг/м^3 . При избытке воздуха α более 1,15 концентрация оксидов азота наблюдается около 150 мг/м^3 и при увеличении α достигает 140 мг/м^3 , где в основном присутствуют "термические" и "топливные" NO_x .

Таким образом в результате эксперимента было установлено, что конечная концентрация оксидов азота в интервале $T_m=1200\pm 1800\text{K}$ слабо зависит от температуры, а зависимость концентрации кислорода в зоне реакции значительно. Выход "топливных" NO_x может быть уменьшен в несколько раз путём организации процесса выгорания летучих в газовой среде с низкими концентрациями кислорода.