

- поиск решений для регулярного проведения профилактических работ на трубопроводах теплосети и внутридомовых трубопроводов;

Достижение хотя бы одной цели по оптимизации тепловых потерь уже существенно приведет к снижению тепловых потерь и к увеличению КПД источников тепла, а значит и к снижению расхода топлива на них, что является главной задачей энергосбережения. Принятие каких-либо мер неотлагательно в виду критического состояния участков теплосети большой протяженности.

Библиографический список

1. Михайлов С.А., Клименко А.В., Извеков А.В. Концепция развития теплоснабжения в России, включая коммунальную энергетику, на среднесрочную перспективу: Официальная информация Минэнерго РФ. М., 2000.
2. Слепченко В.С., Петраков Г.В. Повышение энергоэффективности теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей северных и северо-восточных регионов России // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 4 (22). С. 26-32.
3. Кузнецов Л.А., Григорьева Л.А. Определение потерь тепловой энергии через изоляцию трубопроводов теплофикационной воды в результате тепловых испытаний // Новости теплоснабжения. 2006. № 3. С. 51-52.
4. Байбаков С.А., Тимошкин А.С. Основные направления повышения эффективности тепловых сетей // Электрические станции. 2004. № 7. С. 19-25.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ СЖИГАНИИ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

*Прошин А.С., Муниц Ю.Г.
УрФУ, a_s_p@planet-a.ru*

Динамика образования оксидов азота в кипящем слое в процессе выгорания частиц твердых топлив изучалась на экспериментальной установке, представляющей собой электропечь с цилиндрической камерой нагрева внутренним диаметром 50 мм и с вваренным в днище воздухораспределительным колпачком. В экспериментах контролировалась температура кипящего слоя и расход воздуха, а также непрерывно измерялся состав продуктов сгорания с помощью газоанализаторов ГИАМ-14 (CO₂), Бекман 951 А (NO_x), ГАММА-100 (CO). Характеристика используемых топлив приведена в таблице.

| Показатель | Единица измерения | Подмосковный уголь | Донецкий антрацит | Березовский уголь | Кузнецкий тощий уголь | Кокс |
|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|------|
| A ^r | % | 46,9 | 38,5 | 3,5 | 26,4 | 13,9 |
| W ^r | % | 6,02 | 3,09 | 36,9 | 1,37 | 0,18 |
| Q _i ^r | МДж/кг | 13,07 | 19,96 | 15,5 | 25,23 | 28,3 |
| V ^{daf} | % | 49,6 | 10,72 | 47,7 | 12,21 | 0,52 |
| H ^r | % | 2,2 | 1,83 | 2,76 | 2,87 | 0,32 |
| N ^r | % | 0,28 | 0,65 | 0,64 | 1,44 | 1,4 |
| O ^r | % | 9,64 | 1,44 | 12,2 | 2,13 | 0,17 |
| S ^r | % | 2,2 | 2,28 | 0,35 | 0,51 | 0,48 |
| C ^r | % | 32,66 | 51,22 | 43,6 | 64,69 | 83,6 |

Для всех углей наблюдается корреляция между изменениями концентраций CO_2 и NO_x : в период горения летучих происходит синхронное, резкое увеличение концентраций C_{NO_x} и C_{CO_2} , а на стадии горения коксового остатка постепенное их уменьшение до нуля. При сжигании топлив с незначительным содержанием летучих: антрацита, отсева кокса и полукокса кузнецкого угля максимум концентраций CO_2 и NO_x выражен не так ярко, оксиды азота и углерода образуются более равномерно. Сходство профилей концентраций CO_2 и NO_x свидетельствует об одинаковых закономерностях их образования при горении коксовой части углей.

Для количественной оценки образования CO_2 и NO_x рассчитывались их относительные массы m_{NO_x} (m_{CO_2}), выделяющиеся к определенному моменту времени τ :

$$m_{\text{NO}_x}(\tau) = \frac{\int_0^{\tau} C_{\text{NO}_x} \cdot d\tau}{\int_0^{\tau_{\Gamma}} C_{\text{NO}_x} \cdot d\tau}; \quad m_{\text{CO}_2}(\tau) = \frac{\int_0^{\tau} C_{\text{CO}_2} \cdot d\tau}{\int_0^{\tau_{\Gamma}} C_{\text{CO}_2} \cdot d\tau}$$

здесь τ_{Γ} – полное время выгорания навески топлива, определяемое экспериментально.

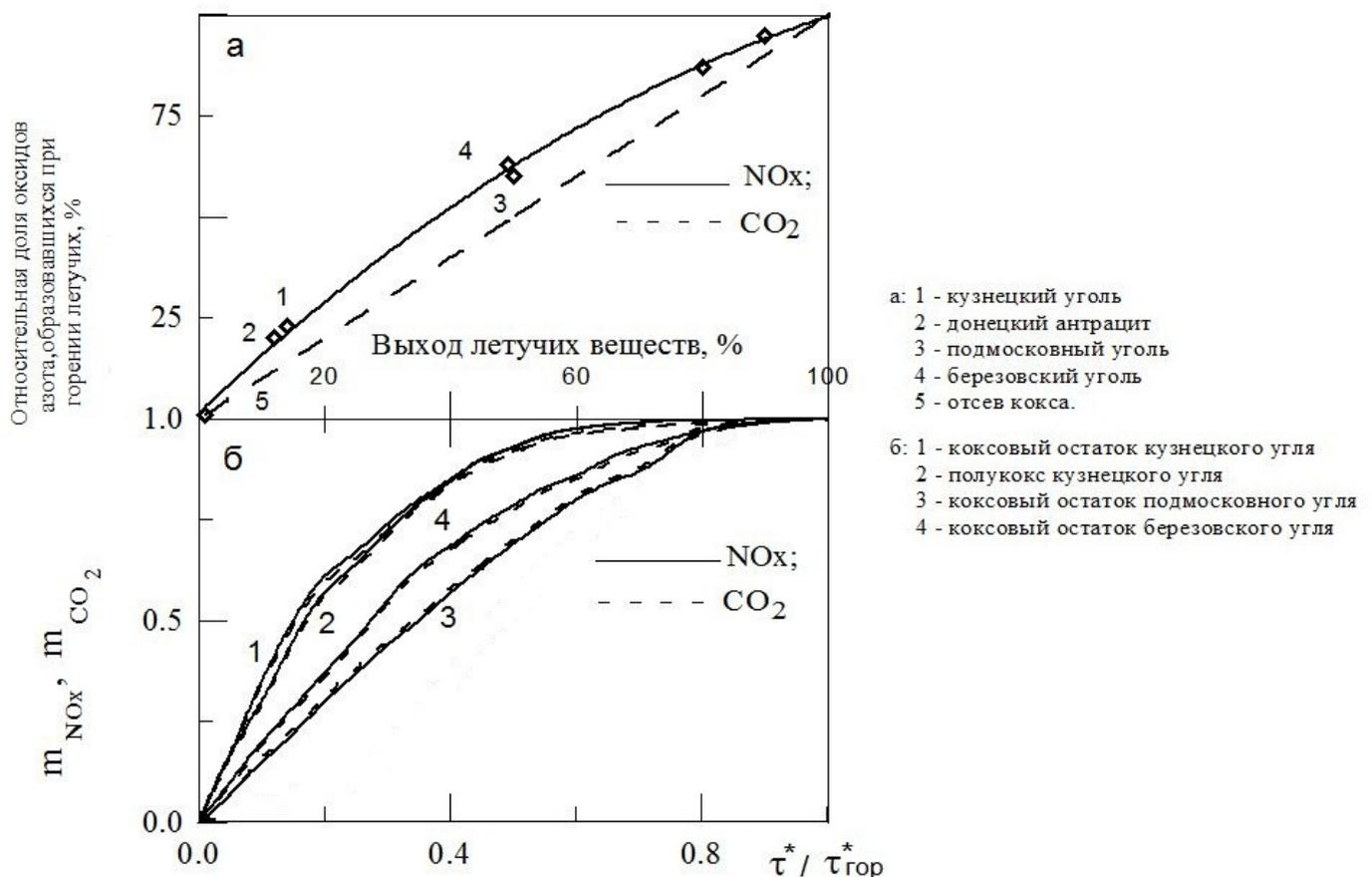
В большинстве существующих методик расчета полагается, что подавляющая часть азотсодержащих соединений разлагается при выходе летучих. Однако, полученные экспериментальные данные (рисунок) свидетельствуют о том, что в исследованном диапазоне температур пренебрежение образованием оксидов азота при окислении коксового остатка углей неправомерно, особенно для топлив с низким выходом летучих.

В ряде работ отмечается, что угольная частица состоит из сложных молекулярных комплексов, в которых атомы азота и углерода тесно связаны, и при горении, когда происходит разрушение молекулярных связей, атомы С и N освобождаются одновременно в определенных пропорциях и, реагируя с кислородом, образуют в конечном итоге CO_2 и NO_x в пропорциональных количествах. Отсюда следует, что рассматривать процессы горения углерода и образования оксидов азота нужно вместе, и механизмы этих процессов должны быть во многом схожи.

Кроме того, обработка экспериментальных данных с разделением процесса горения угольной частицы на 2 стадии: выхода и горения летучих веществ и горения коксового остатка позволила получить корреляцию кривых m_{NO_x} и m_{CO_2} отдельно для каждой стадии. Рисунок (б) иллюстрирует практическое совпадение зависимостей m_{NO_x} и m_{CO_2} от относительного времени горения $(\tau^* / \tau_{\Gamma}^*)$ на всем протяжении горения коксовой части углей (кривые 1-4) и ле-

тучих (кривая 5). Величина ($\tau^* / \tau_{Г}^*$) изменяется от 0 до 1; при рассмотрении летучих под ней понимается относительное время выхода и горения летучих (τ^* принимает значения от 0 до $\tau_{Л}$), а при рассмотрении коксового остатка – относительное время догорания коксового остатка (при этом τ^* принимает значения от $\tau_{Л}$ до $\tau_{Г}$).

Исходя из практически точного совпадения зависимостей выхода CO_2 и NO_x от времени для различных стадий горения топлив и существенного различия закономерностей горения летучих и кокса, в ходе исследования был сделан вывод о необходимости отдельного изучения закономерностей образования оксидов азота для стадий горения летучих веществ угольной частицы и коксового остатка.



Зависимость доли оксидов азота, образовавшихся из летучих, выхода оксидов азота и диоксида углерода от содержания летучих в исходном топливе на стадиях горения летучих и коксового остатка

Полученные данные по динамике образования оксидов азота позволяют рассчитать выбросы оксидов азота при сжигании твёрдых топлив в топках котлов, определить режимные параметры топочного процесса, приводящие к снижению выбросов, оптимизировать этот процесс и уменьшить экологическую нагрузку при проектировании современных экологически чистых тепловых электрических станций.