

ПРОБЛЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ СЖИГАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТОПЛИВ

П. А. Батраков, Д. Г. Мумладзе, П. А. Яковлев
Омский государственный технический университет
Россия, Омск, peter_1cool@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы образования оксидов азота при горении органического топлива. Рассмотрены способы оптимизации процесса горения. Представлена задача выбора оптимального баланса между топливом и воздухом с целью повышения эффективности процесса горения. Описано нестехиометрическое сжигание являющееся нетрадиционным способом сжигания топлив с организацией в топочной камере отдельных восстановительной и окислительной зон горения при сохранении традиционных избытков воздуха на выходе из топки.

Ключевые слова: оксид азота, нестехиометрическое сжигание, горение, избыток воздуха

PROBLEMS FOR EMISSIONS OF BURNING NITROGEN OXIDES IN ENERGY FUELS

P.A. Batrakov, D. G. Mumladze, P. A. Yakovlev
Omsk state technical university,
Omsk, Russia, peter_1cool@mail.ru

Abstract. The problems of formation of nitrogen oxides during the combustion of fossil fuels. The methods of optimizing the combustion process. It presents the problem of choosing an optimal balance between fuel and air in order to increase the efficiency of the combustion process. Described non-stoichiometric combustion is unconventional way of burning fuels with the organization in the combustion chamber of separate reducing and oxidizing combustion zones while maintaining the traditional excess air at the exit of the furnace.

Keywords: nitric oxide, non-stoichiometric combustion, combustion, excess air

Одним из основных источников вредного воздействия на окружающую среду являются энергетические предприятия. Наиболее распространенными экологически опасными выбросами являются оксиды азота NO_x , которые образуются при сжигании любого вида топлива. Количество образующихся и выбрасываемых в атмосферу NO_x зависит от многих факторов: вида топлива, способов организации топочного процесса и очистки уходящих газов [1, 2].

Одним из основных способов снижения выбросов оксидов азота является оптимизация процесса горения. Оптимизация горения заключается в основном регулированием соотношения воздуха и топлива, а также надлежащим распространением воздуха внутри котла. Поэтому задача выбора оптимального баланса между топливом и воздухом является определяющим фактором в отношении минимизации выбросов NO_x и повышении эффективности процесса горения. Для низкокачественных топлив поддержания определенного баланса соотношения топливовоздушной смеси требует применения интеллектуальных систем, основанных на технологиях искусственного интеллекта, которые позволяют проводить непрерывный мониторинг пламени и управлять процессом горения. Это дает возможность повысить эффективность котельной установки, уменьшить расход топлива и снизить выбросы оксидов азота [3, 4].

Энергетические котлы имеют, как правило, несколько ярусов горелок или, во всяком случае, несколько горелок в одном ярусе. Это позволяет без дополнительных затрат внедрить метод нестехиометрического сжигания.

Нестехиометрическое сжигание – это нетрадиционный способ сжигания топлив с организацией в топочной камере отдельных восстановительной ($\alpha < 1$) и окислительной ($\alpha > 1,2\dots 1,25$) зон горения при сохранении традиционных избытков

воздуха на выходе из топки. В этом случае в восстановительной зоне происходит подавление образования термических и топливных оксидов азота из-за недостатка кислорода, а в окислительной зоне образование термических NO_x сдерживается в результате снижения температуры горения за счет больших избыточных объемов воздуха. При этом в восстановительной зоне повышается содержание CO , но в окислительной зоне имеется «лишний» кислород, который доокисляет CO до CO_2 [1, 3].

На практике нестехиометрическое сжигание топлива в топках котлов реализуется путем разбаланса топливо-воздушного соотношения в горелочных устройствах или по ярусам горелок. Для этого используются три схемы разбаланса (см. рис. 1.5): воздушный разбаланс; топливный разбаланс; комбинированный разбаланс.

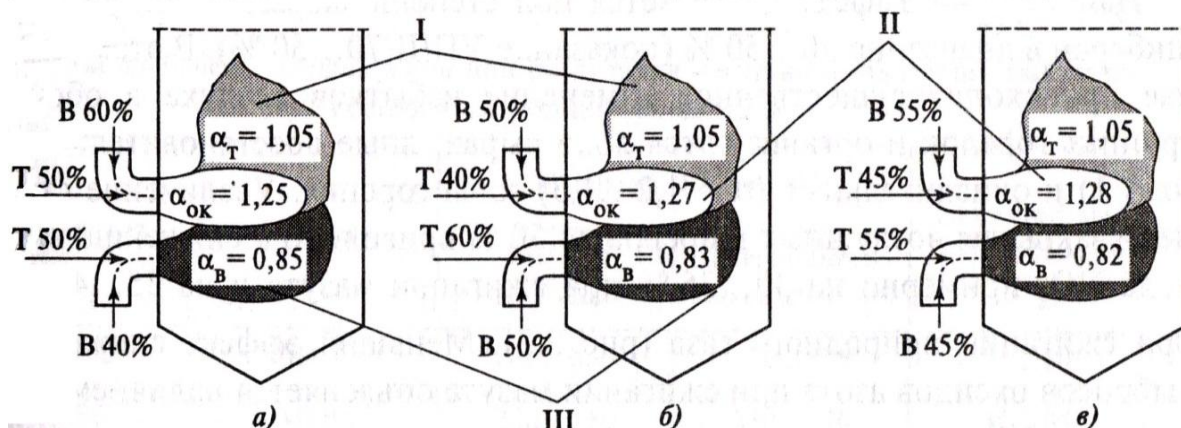


Рис. 1. Примеры организации топливо-воздушного разбаланса при нестехиометрическом сжигании:

a) – воздушный разбаланс; *б)* – топливный разбаланс; *в)* – комбинированный разбаланс;
 I – зона дожигания; II, III – окислительная и восстановительная зоны.

Воздушный разбаланс осуществляется перераспределением подачи воздуха по горелочным устройствам путем частичного прикрытия воздушных шиберов перед частью горелок при равномерной раздаче топлива. Частичное закрытие индивидуальных воздушных шиберов перед соответствующими горелками обеспечивает переток дополнительного количества воздуха на остальные горелочные устройства, воздушные шиберы перед которыми остаются полностью открытыми. При этом общий расход воздуха на котел остается неизменным, что можно контролировать по содержанию кислорода в дымовых газах за топкой. Данный способ разбаланса является достаточно универсальным и может быть использован при нестехиометрическом сжигании любых топлив, а также при их совместном сжигании. Реализация его проста и требует лишь предварительной проверки работы исполнительного механизма привода воздушных шиберов. Изменение нагрузки котла осуществляется путем регулирования подачи топлива на котел и давления воздуха в общем коробе [1].

Топливный разбаланс осуществляется перераспределением подачи топлива в горелки при равномерной раздаче воздуха по всем горелочным устройствам. Для этого все воздушные шиберы перед горелками полностью открыты. Данный вид разбаланса рекомендуется при нестехиометрическом сжигании природного газа и в отдельных случаях при сжигании угля. При нестехиометрическом сжигании природного газа топливный разбаланс может быть зафиксирован путем изменения проходных сечений в газораздающих трубках горелок верхнего и нижнего ярусов. Это малозатратное мероприятие страхует от возможных ошибок

малоквалифицированного эксплуатационного персонала, следствием которых может быть нарушение оптимального соотношения избытков воздуха в горелках разных ярусов. При реализации топливного разбаланса характер аэродинамики топки, условия воспламенения и выгорания топлива практически не изменяются. При нестехиометрическом сжигании мазута топливный разбаланс не рекомендуется из-за ухудшения качества распыла и сепарации раскаленных капель мазута из воздушного потока, что приводит к появлению химического недожога и загрязнению поверхностей нагрева в газоходах котла [1].

Комбинированный способ разбаланса заключается в одновременном перераспределении и воздуха, и топлива по горелочным устройствам в целях создания в топочной камере ярко выраженных восстановительных и окислительных зон горения. Для этого через одни горелки обеспечивается пониженный расход топлива, а через другие – пониженный расход воздуха. Комбинированный разбаланс может быть рекомендован в тех случаях, когда простым перераспределением по горелкам или топлива, или воздуха не удастся обеспечить оптимальные значения избытков воздуха в окислительных $\alpha_{ок}$ и восстановительных $\alpha_{в}$ факелах. Этот способ разбаланса топливовоздушного соотношения рекомендуется для нестехиометрического сжигания природного газа, углей, а также при совместном сжигании разных видов топлива [1].

Преимуществами нестехиометрического данного способа сжигания являются [1, 3]:

- возможность реализации на большинстве серийных паровых и водогрейных котлов независимо от конструкций топочной камеры и горелочных устройств;
- универсальность по топливу;
- простота реализации на действующих котлах без проведения их реконструкции и замены тягодутьевых машин;
- отсутствие необходимости дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат на реализацию;
- быстрая адаптация оперативного персонала к данному нетрадиционному способу сжигания топлива.

В соответствии с законодательством электростанции производят платы за выбросы вредных веществ в атмосферу. Причем, если количество выбросов укладываются в утвержденный для каждой конкретной станции предельно допустимых выбросов, то оплата производится по базовому тарифу. В случае превышения предельно допустимых выбросов оплата выбросов сверх установленного лимита производится с умножающим коэффициентом. В этой связи, учитывая и экологические, и экономические аспекты, электростанции приходится проводить воздухоохраные мероприятия, призванные понизить выбросы токсичных веществ в атмосферу. С учетом выше изложенного применение нестехиометрического сжигания топлива является актуальной задачей [1].

Библиографический список

1. Росляков П. В., Закиров И. А. Нестехиометрическое сжигание природного газа и мазута на тепловых электростанциях. М.: Издательство МЭИ, 2001. 144 с.
2. Природоохранные мероприятия в тепловой энергетике России / В. П. Глебов, А. Г. Тумановский, Е. В. Минаев и др. // Энергетик. 1994. № 6. С. 7 –11.
3. Беликов С. Е. Комплексная разработка методов снижения выбросов оксидов азота от ТЭС путем оптимизации процесса горения и способов сжигания топлива : дис. ... д-ра техн. наук. М., 2006.
4. Росляков П. В., Егорова Л. Е., Ионкин И. Л. Технологические мероприятия по снижению вредных выбросов ТЭС в атмосферу. М.: Издательство МЭИ, 2001. 52 с.