

УДК 621.182

## МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ ОКИСЛОВ АЗОТА НА ГАЗОМАЗУТНЫХ КОТЛАХ

Семака А.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Пронкевич Е.В.

Исследованиями установлено, что на мощных газомазутных котлах выбросы  $\text{NO}_x$  больше при работе на газе, чем на мазуте, на малых котлах – наоборот.

На котлах мощных газомазутных энергоблоков без применения каких-либо мероприятий при работе на газе концентрация  $\text{NO}_x$  в продуктах сгорания находится в пределах 650-1050 мг/м<sup>3</sup>.

Технологические методы подавления  $\text{NO}_x$  основаны на снижении температуры и содержания кислорода в зоне активного горения, а также создании в топочной камере зон с восстановительной средой, где продукты неполного горения, вступая во взаимодействие с образующимся оксидом азота, приводят к восстановлению  $\text{NO}_x$  до молекулярного азота.

На основании экспериментальных данных и имеющегося практического опыта могут быть рекомендованы к внедрению следующие основные технологические методы снижения  $\text{NO}_x$  в газомазутных котлах:

- внедрение режимов с малыми значениями  $\alpha$ , а при ступенчатом сжигании – пониженными  $\alpha$  на грани появления химической неполноты сгорания;
- рециркуляция дымовых газов через горелки в смеси с воздухом;
- двухступенчатое сжигание топлива, что может быть реализовано в конструкции горелок или в топке в целом;
- трехступенчатое сжигание топлива (наиболее целесообразно применять для новых котлов);
- применение специальных горелок;
- впрыск воды (снижает  $\text{NO}_x$  на 20-25 %, но приводит к уменьшению КПД котла приблизительно на 0,8 %);
- двухсветные экраны (для новых котлов);
- специальные методы сжигания (например, кипящий слой);
- снижение температуры горячего воздуха.

Все эти методы достаточно хорошо известны и практически все опробованы. Задача заключается в том, чтобы реализовать их на котлах с минимальными затратами средств, с минимальным снижением экономичности, не ухудшая показателей надежности как на основном, так и на резервном топливах.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что при одновременном применении нескольких технологических методов удается при сжигании газа снизить выбросы  $\text{NO}_x$  в 4-5, а иногда и более раз.

Достоинством метода оптимизации является отсутствие дополнительных капитальных затрат, однако низкие избытки воздуха приводят к увеличению химической неполноты сгорания, а в ряде случаев - к образованию канцерогенных веществ. Поэтому реализация данного метода подавления оксидов азота на практике требует определенной культуры эксплуатации.

Конструкция горелочного устройства во многом определяет интенсивность воспламенения факела, скорость смешения топлива с воздухом и максимальный уровень температур в ядре горения.

Для сокращения выбросов оксидов азота с дымовыми газами предлагается реконструкции горелочных устройств, как наименее затратного и достаточно эффективного способа. Реконструкция горелочных устройств направлена на снижение температуры в ядре факела путем более равномерное распределение температуры в топке котлоагрегата. Это позволит снизить образование термических оксидов азота.

При реконструкции существующие горелочные устройства заменяются на новые, сохраняется подача пыли высокой концентрации под давлением и тангенциальное расположение горелок.

Сбросные горелки выносятся выше основных по тангенциальной схеме, что должно увеличить высоту зоны горения, уменьшить выбросы оксидов азота и снизить вероятность шлакования топочной камеры.

На топке устанавливаются четыре новые разводки под пылеугольные горелки и четыре разводки под сбросные горелки.

Блочная пылеугольная горелка выполнена в виде блока из двух горелок с индивидуальным подводом воздуха и пыли к каждой из них. Пылеугольная горелка состоит из воздушного короба, разделенного на три воздушных канала для равномерного распределения воздуха по выходному сечению горелки. В одном из каналов воздуха устанавливается сопло подачи пыли. Индивидуальный подвод воздуха и пыли в каждую горелку позволяет сохранить оптимальный режим работы горелок при изменении нагрузки путем отключения горелок.

Наиболее универсальным методом подавления  $\text{NO}_x$  для газомазутных котлов является метод ступенчатого сжигания. Под ступенчатым (или стадийным) сжиганием подразумевается такая организация процесса горения, когда через горелки с топливом подается воздух в количестве, меньшем стехиометрического, а остальное необходимое по балансу количество воздуха вводится в топочную камеру далее по длине факела.

Суть метода дожига топлива состоит в частичном восстановлении окиси азота ( $\text{NO}$ ) продуктами неполного сгорания в топочной камере.

Выше основных пылеугольных горелок в топке котла устанавливаются дополнительные горелки, в которые подается часть топлива с недостатком воздуха и создается зона с восстановительной средой. Еще выше располагают сопла для ввода третичного воздуха, необходимого для завершения сгорания. Опыт показывает, что в промышленных установках за счет ввода дожигающего топлива возможно снизить концентрацию  $\text{NO}_x$  в дымовых газах до 120...210 мг/м<sup>3</sup> (н.у.). Этот метод активно исследовался энергетиками Японии, Германии и США.

Рециркуляция дымовых газов дает лучшие результаты применительно к топливу с низким содержанием азота, чем с высоким.

Максимальный эффект снижения выхода  $\text{NO}_x$  наблюдается при вводе дымовых газов вместе с воздухом или по отдельным каналам горелок. В последнем случае скорость газов рециркуляции должна быть равна или несколько больше среднерасходной скорости воздуха на выходе из горелок. При сжигании газового топлива еще больший эффект снижения наблюдается при вводе газов рециркуляции непосредственно в газообразное топливо, однако конструкция такого ввода еще недостаточно отработана.

Процесс снижения  $\text{NO}_x$  эффективен при доле газов рециркуляции 20 - 22 %. Дальнейшее увеличение приводит к незначительному снижению выхода оксидов азота при одновременном ухудшении экономичности установки.

При сжигании топлива в кипящем слое температура в топке относительно невысока (800...1000 °С), что уменьшает образование термических оксидов азота. Содержание оксидов азота в дымовых газах составляет 100...200 мг/м<sup>3</sup>.

Способ отличается простотой, легкостью регулирования и низкими капитальными затратами. На газомазутных котлах он позволяет снизить выбросы  $\text{NO}_x$  на 20...30 %, но требует дополнительных затрат теплоты на парообразование и вызывает увеличение потерь с уходящими газами. При сжигании угля достигнутые в настоящее время результаты не столь значительны. За рубежом впрыск пара или воды для снижения образования  $\text{NO}_x$  практически не применяется.

Подача к горелкам пыли высокой концентрации (10...30 кг пыли на один килограмм воздуха) по трубопроводам малого диаметра снижает выбросы оксидов азота на 20...30 % при одновременном упрощении схемы и конструкции пылепроводов.

**Литература**

1. Пашков, Л.Т. Основы теории горения – М.: МЭИ, 2002 – 136 с.
2. Росляков, П.В. Нестехиометрическое сжигание природного газа и мазута на тепловых электростанциях / П.В. Росляков, И.А. Закиров. – М.: МЭИ, 2001. – 144 с.