

Раздел первый ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ОТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ

1.1. Снижение выбросов оксидов азота

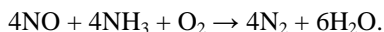
1.1.3. Очистка дымовых газов от оксидов азота

1.1.3.2. Селективное некаталитическое восстановление — СНКВ (SNCR)

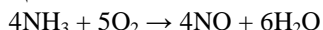
Котлер В.Р., ОАО «ВТИ»

Второй метод очистки дымовых газов от NO_x , получивший широкое распространение в мировой энергетике и опробованный в России (котлы ТП-87 Тольяттинской ТЭЦ), — это также селективное (т.е. с использованием аммиака или мочевины), но бескаталитическое восстановление NO до молекулярного азота. Процесс восстановления без катализатора проходит в температурном окне, которое зависит от вида используемого реагента. Примерный диапазон этого окна от 850 до 1100 °С.

Основная реакция восстановления оксида азота имеет вид



При достижении нижней границы температурного окна скорость реакции существенно снижается, а при достижении верхней границы начинает доминировать нежелательная реакция окисления аммиака:



Для реализации метода СНКВ требуется, во-первых, соорудить установку для приема, хранения, охлаждения и испарения реагента и, во-вторых, смонтировать в котле собственно установку СНКВ для инъекции реагента и его последующего взаимодействия с оксидами азота до получения молекулярного азота и паров воды (рис. 1.21).

Трудность реализации этого метода заключается в том, что в любом выбранном разработчиками сечении газового тракта имеется диапазон температур. При средней температуре газов, находящихся даже в центре температурного диапазона, имеются зоны, в которых температуры газов выходят за границы этого диапазона.

Если к этому добавить еще и переменную нагрузку котла, а также неравномерность концентраций NO по сечению газохода, то становится понятно, насколько сложным оказывается поддержание оптимального соотношения NH_3/NO в выбранном сечении газохода.

Для предотвращения трудностей, связанных с изменением нагрузки котла, некоторые разработчики пытались реализовать схему СНКВ с двумя и даже с тремя местами ввода аммиачной воды (рис. 1.22). Такая схема не только увеличивала объем реконструктивных работ, но и усложняла эксплуатацию, так как все устройства для ввода NH_3 требовалось охлаждать. Для интенсификации смешивания реагента с дымовыми газами разработчики должны не только оптимизировать аэродинамику вдуваемых в газоход струй, но и выбрать оптимальный размер капель аммиачной воды. Слишком мелкие капли будут испаряться быстро и при более высокой температуре, а слишком крупные будут испаряться медленнее и вступать в реакцию при более низкой температуре, что может увеличить проскок аммиака.

Кроме воды носителями реагента могут быть сжатый воздух или пар. В некоторых случаях реагент удается подать в топку вместе с третичным воздухом или с газами рециркуляции, т.е. объединить метод СНКВ с одним из технологических методов снижения выбросов NO_x .

Выбор реагента также играет большую роль. Ранее

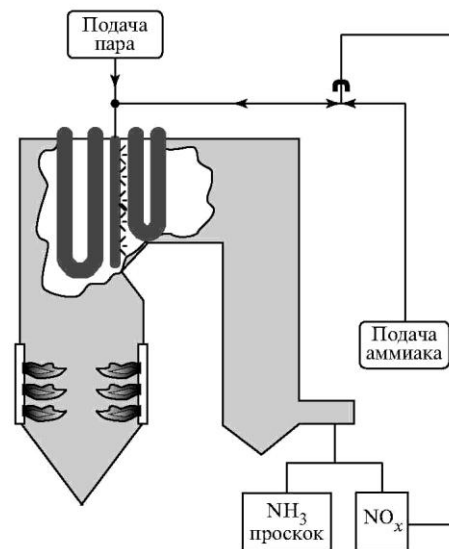


Рис. 1.21. Схема организации процесса СНКВ

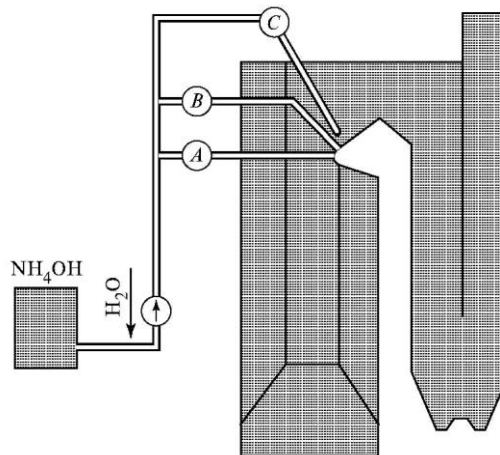


Рис. 1.22. Различные способы ввода аммиачной воды в поток дымовых газов: A, B, C — места ввода аммиачной воды отмечалось, что мочевина удобнее аммиака при транспортировке и хранении. Но оказывается, если подавать мочевину в топку, то образуется большое количество закиси азота N_2O , которая, в отличие от NO_x , является тепличным газом и к тому же разрушает озоновый слой в атмосфере. Кроме того, использование мочевины повышает опасность коррозии.

Как и в случае с СКВ, эффективность метода СНКВ во многом зависит от равномерности распределения аммиака или аммиачной воды по сечению газохода. Еще большую роль играет температура: при использовании аммиака или каустика аммония оптимальной считается температура 870 °С (диапазон 850...1000 °С), а при использовании мочевины — 1000 °С (800...1100 °С). Время пребывания в температурном окне должно составлять от 200 до 500 мс [20].

Понятно, что для повышения эффективности процесса желательно увеличивать мольное отношение NH_3/NO_x , но следует помнить, что при этом возрастает проскок аммиака, что ведет к загрязнению конвективных поверхностей нагрева. Оптимальным при эксплуатации систем СНКВ считается мольное отношение NH_3/NO_x , равное 1,5...2,5.

Обычно метод СНКВ используется как добавка к уже реализованным первичным методам, так как его эффективность не слишком высока. Предпочтение отдается котлам, которые работают с постоянной нагрузкой и на топливе с постоянными характеристиками. Переменные нагрузки и изменение качества топлива не позволяют добиться хороших показателей при использовании метода СНКВ.

Стоимость внедрения установки СНКВ зависит от

размеров котла и его особенностей. По примерной оценке для угольного котла тепловой мощностью 250 МВт, работающего 4000 ч в году, сокращение выбросов NO_x на 1 т обходится в 2500 евро [20]. По другим данным [22], при внедрении метода СНКВ на котле с коэффициентом использования установленной мощности 75 % при сроке окупаемости 10 лет и при эффективности азотоочистки от 20 до 60 %, сокращение выбросов NO_2 на 1 т обходится примерно в 5500 британских фунтов (т.е. примерно 10 тыс. долл. США). Эти затраты учитывают, в частности, превращение уловленной золы из товарного продукта в отходы, требующие места для складирования.

В табл. 1.7 приведены основные сведения об апробированных в отечественной и мировой практике методах очистки дымовых газов от оксидов азота.

Таблица 1.7. Оценка методов очистки дымовых газов от оксидов азота

Метод	Эффективность, %	Рекомендуемое топливо	Ограничения применимости	Примечание
Селективное каталитическое восстановление, (SCR)	80... 95	Все виды топлива	Проскок аммиака NH_3 , отсутствие места для установки на действующих котлах, высокие стоимость сооружения и эксплуатационные расходы	Возможны варианты («хай-даст», «лоу-даст» и «тейл-энд»), различающиеся по капитальным и эксплуатационным расходам. Требуется установка для хранения аммиака или мочевины
Селективное некаталитическое восстановление, (SNCR)	20... 50	То же	Проскок аммиака, время пребывания в зоне температурного окна, увеличение собственных нужд	Процесс восстановления NO возможен только в температурном окне 850...1050 °С, поэтому колебание нагрузки котла снижает эффективность процесса и увеличивает проскок аммиака. Требуется установка для приема и хранения аммиака или мочевины