

ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ОТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ

1.1. Снижение выбросов оксидов азота

1.1.2. Технологические методы снижения образования оксидов азота в топках котлов при сжигании различных видов органического топлива

1.1.2.1. Режимно-наладочные мероприятия по снижению выбросов оксидов азота

Росляков П.В., МЭИ(ТУ)

Основными достоинствами этой группы мероприятий являются их простота и отсутствие надобности в проведении реконструкции топочно-горелочных устройств. Эти мероприятия можно реализовать силами эксплуатационного персонала ТЭС или наладочной организации на газомазутных котлах и в меньшей степени — на пылеугольных котлах.

Комплекс режимных мероприятий иллюстрирует рис. 1.2, на котором показано изменение концентраций NO_x и CO в зависимости от избытка воздуха (точнее, от концентрации кислорода O_2 в продуктах сгорания за топочной камерой).

1.1.2.1.1. Снижение избытка воздуха (Low Excess Air — LEA)

Одним из наиболее распространенных и легко реализуемых режимных мероприятий, направленных на уменьшение выбросов оксидов азота, является снижение избытка воздуха в топке. В результате уменьшения содержания кислорода в факеле происходит подавление образования как термических, так и топливных NO_x , и поэтому данное мероприятие может быть применено при сжигании любых видов органического топлива.

Влияние избытков воздуха на образование оксидов азота описывается экстремальной зависимостью с максимумом для газомазутных котлов при $\alpha_{\text{max}} = 1,15 \dots 1,25$ и для пылеугольных котлов $\alpha_{\text{max}} = 1,3 \dots 1,5$ (рис. 1.2, режим А). Причем максимум содержания NO_x в дымовых газах соответствует такому значению коэффициента избытка воздуха, при котором в данных условиях достигается наиболее полное сгорание топлива.

Следует особо подчеркнуть, что на образование оксидов азота влияет только тот воздух, который подается в зону активного горения вместе с топливом. Изменение объема присосов в топочную камеру холодного воздуха, который не участвует в процессе воспламенения и горения топлива, практически не влияет на образование оксидов азота, поэтому при одинаковых коэффициентах избытка воздуха на выходе из топки α''_t и в горелках $\alpha_{\text{гор}}$ из-за разных присосов $\Delta \alpha_t$ могут существенно отличаться. Это, в свою очередь, приведет к разному выходу NO_x .

Сжигание топлива с малыми избытками воздуха можно широко применять на котлах, которые работают с высокими коэффициентами избытка воздуха в горелках, близкими к значениям α_{max} (рис. 1.3) [5]. При этом не требуется каких-либо дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат, а все расходы на внедрение этого метода сводятся к стоимости режимно-наладочных испытаний котла. Однако снижение избытков воздуха возможно лишь до тех пор, пока это не приводит к интенсивному росту продуктов неполного сгорания.

Уменьшение α ниже определенного критического значения $\alpha_{\text{кр}}$ приводит к резкому увеличению химического недожога и возрастанию содержания монооксида

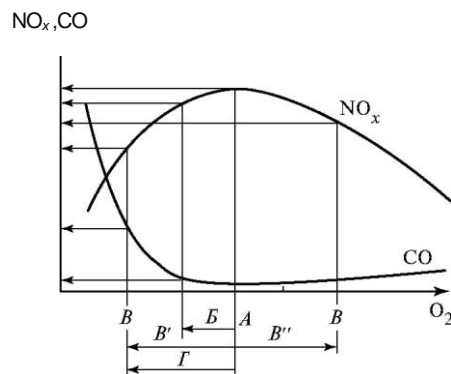


Рис. 1.2. Кривые снижения образования NO_x при разных режимных мероприятиях:

А — исходный режим; В — регулирование избытка воздуха в горелках; В', В'' — нестехиометрическое сжигание; Г — упрощенное двухступенчатое сжигание

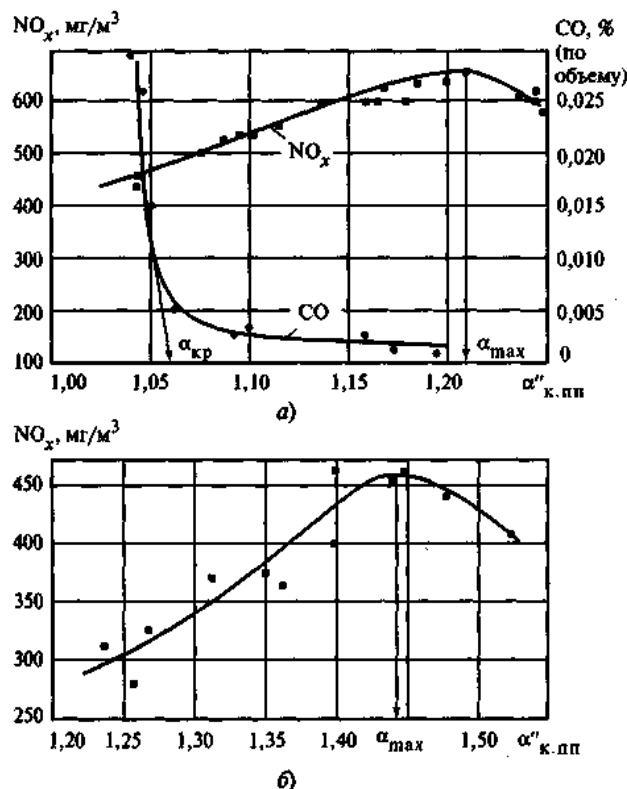


Рис. 1.3. Влияние избытков воздуха на образование оксидов азота:

а — газомазутные котлы; б — пылеугольные котлы

углерода CO , водорода H_2 , сажи и ПАУ, в частности бенз(а)пирена (БП). Кроме того, происходит увеличение содержания горючих в уносе, возрастает интенсивность шлакования поверхностей нагрева и высокотемпературной коррозии экранов, поэтому при переходе на работу с малыми избытками воздуха рабочие избытки воздуха

принимаются несколько выше критических значений:

$$\alpha_{\text{раб}} = \alpha_{\text{кр}} + 0,02 \dots 0,04.$$

Сжигание топлива с предельно малыми избытками воздуха требует проведения определенных подготовительных работ. Это связано с тем, что $\alpha_{\text{кр}}$ зависит от объема присосов холодного воздуха в топку, равномерности раздачи топлива и воздуха по горелкам, температуры горячего воздуха, типа горелочных устройств и некоторых других факторов, поэтому перед внедрением данного мероприятия обычно производят уплотнение топки, поверку приборов и устранение перекосов в топливовоздушных трактах.

Последнее позволяет оптимизировать процесс сжигания топлива и уменьшить выход СО и ПАУ. При этом максимальные значения концентрации NO_x остаются без изменения, но вся кривая зависимости $\text{NO}_x(\alpha)$ сдвигается в область меньших избытков воздуха (рис. 1.4). После этого проводятся режимно-наладочные испытания, в ходе которых определяются величины критических $\alpha_{\text{кр}}$ и рабочих $\alpha_{\text{раб}}$ избытков воздуха при различных нагрузках и разрабатываются режимные карты котлов. Считается, что снижать избытки воздуха можно до уровня, не вызывающего повышение концентрации СО в дымовых газах сверх 0,02 % по объему, т.е. 200 ppm [5]. Конкретное значение $\alpha_{\text{раб}}$, соответствующее этому уровню СО, зависит от совершенства горелочного устройства и равномерности распределения топлива и воздуха между горелками.

Многочисленные опыты на котлах разных типов подтвердили, что снижение избытков воздуха однозначно приводит к уменьшению выхода NO_x . Данное мероприятие позволяет снизить выбросы оксидов азота в атмо-

сферу на 15...30 % в зависимости от особенностей котла и процесса сжигания (табл. 1.4). Разная эффективность снижения выбросов NO_x на разных котлах объясняется следующими причинами. Во-первых, снижение избытков воздуха по-разному воздействует на процессы образования термических и топливных оксидов азота, доли которых в суммарном выбросе NO_x определяются температурой топочного процесса и содержанием азота в топливе. Во-вторых, уменьшение количества организованно подаваемого в топку воздуха обеспечивалось в одних случаях уменьшением объема только вторичного воздуха, в других — одновременным снижением объемов первичного и вторичного воздуха.

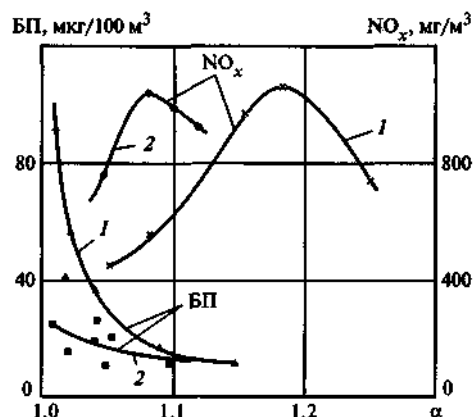


Рис. 1.4. Зависимость концентраций NO_x и БП от избытка воздуха:
1, 2 — соответственно обычная и усовершенствованная горелка

Таблица 1.4. Снижение выбросов оксидов азота при переходе на пониженные избытки воздуха [3, 5]

Тип котла, ТЭС	Топливо	Избытки воздуха		Снижение выхода NO_x , %
		1	2	
БКЗ-420-140, Карагандинская ТЭЦ-3	Экибастузский уголь	1,3	1,2	25
ТПП-312, Ладыженская ГРЭС	Донецкий каменный уголь типа ГСШ	1,3	1,1	33
ПК-41, Кармановская ГРЭС	Газ	1,09	1,02	34
ТГМ-84, Уфимская ТЭЦ-4	Мазут	1,09	1,04	25
ТГМП-204, Запорожская ГРЭС	Мазут	1,1	1,0	43

Кроме того, сжигание топлива с пониженными избытками воздуха повышает КПД котла за счет снижения температуры и расхода уходящих газов и снижает низкотемпературную серноокислотную коррозию. В связи с тем, что расходы воздуха и дымовых газов становятся меньше, расход электроэнергии на привод дымососов и дутьевых вентиляторов несколько снижается.

Предел применимости данного технологического мероприятия определяется появлением в уходящих газах продуктов неполного сгорания (СО, H_2 , ПАУ), увеличением содержания горючих в уносе, увеличением интен-

сивности шлакования поверхностей нагрева и высокотемпературной коррозии экранов. Для большинства отечественных котлов предельный коэффициент избытка воздуха в горелках равен 1,1...1,15 при сжигании твердых топлив и 1,0...1,03 при сжигании природного газа и мазута. Следует отметить, что работа на пониженных избытках воздуха предъявляет более высокие требования к состоянию котельной установки и к работе контрольно-измерительных приборов, а также к квалификации эксплуатационного персонала и технологической дисциплине