

## 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

##### 1.1.2.2. Модернизация топочного процесса

##### 1.1.2.2.3. Двухступенчатое сжигание

Котлер В.Р., ОАО «ВТИ»

Метод ступенчатого ввода воздуха называют двухступенчатым сжиганием, потому что в топке организуются две зоны горения: первая — при подаче через горелки всего топлива с недостатком кислорода ( $\alpha < 1$ ), и вторая зона, в которую подается остальной воздух, необходимый для дожигания продуктов неполного сгорания из первой зоны. Даже в тех случаях, когда дополнительный воздух вводится на двух или трех уровнях по высоте топки, такой метод следует называть *двухступенчатым сжиганием*. Его эффективность определяется наличием зон с восстановительной средой (до ввода дополнительного количества воздуха), степенью недостатка воздуха в этой зоне и временем пребывания продуктов горения в этой же зоне (т.е. продолжительностью восстановительных реакций).

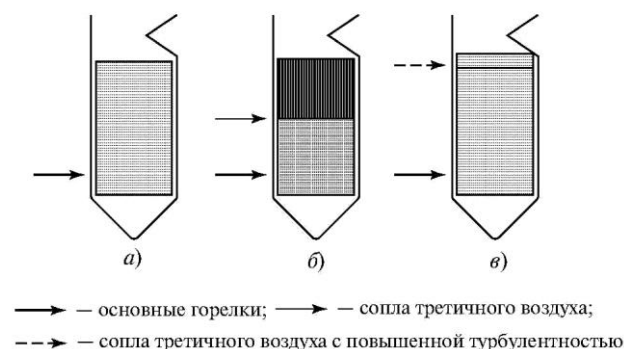
Впервые целенаправленная реконструкция энергетического котла для снижения выбросов оксидов азота за счет двухступенчатого сжигания была осуществлена на котле БКЗ-210-140Ф Западно-Сибирской ТЭС (1981 г.). До реконструкции котла концентрация  $\text{NO}_x$  в дымовых газах при номинальной нагрузке и проектном избытке воздуха превышала  $900 \text{ мг/м}^3$ . Измерения, проведенные после реконструкции котла, показали, что подача 16...18% воздуха через сопла третичного дутья позволяет снизить концентрацию  $\text{NO}_x$  до  $500...590 \text{ мг/м}^3$  [11]. С тех пор метод двухступенчатого сжигания был реализован не только на десятках действующих газомазутных и пылеугольных котлов, но и в заводских условиях при изготовлении новых установок.

При реконструкции действующих котлов внедрение метода двухступенчатого сжигания не требует больших затрат. Предварительная подготовка воздушных коробов с шиберами и гибов экранных труб для монтажа сопел третичного воздуха позволяет сравнительно быстро выполнить необходимый объем реконструктивных работ. На упомянутом выше котле БКЗ-210-140Ф реконструкция топки была выполнена в течение двух недель во время планового текущего ремонта котла.

Для успешного решения поставленной задачи внедрение двухступенчатого сжигания должно быть выполнено с соблюдением главных требований: количество третичного воздуха, место ввода струй третичного воздуха и интенсивность перемешивания этих струй с продуктами сгорания из основной зоны, содержащими горючие вещества, должны быть адекватны поставленной задаче. Известны случаи, когда на газомазутных котлах переход к двухступенчатой схеме сжигания создавал проблемы с перегревом пара (или с температурой пром-перегрева). На пылеугольных котлах двухступенчатое

сжигание может повысить интенсивность шлакования топочных экранов или существенно ускорить процесс высокотемпературной коррозии. Последнее явление особенно опасно при сжигании серосодержащих топлив в котлах СКД, у которых температура экранных труб выше, чем в котлах докритического давления. При сжигании углей с малым выходом летучих переход к двухступенчатому сжиганию существенно повышает содержание горючих в уносе.

Модификацией схемы двухступенчатого сжигания является схема бустерного двухступенчатого сжигания (BOFA). Последняя предполагает наличие специального (бустерного) вентилятора для повышения давления третичного воздуха. Интенсивное перемешивание струй третичного воздуха с продуктами сгорания позволяет



**Рис. 1.17. Схемы организации двухступенчатого сжигания:**  
 а — одноступенчатое сжигание; б — двухступенчатое сжигание (OFA);  
 в — двухступенчатое усиленное сжигание (BOFA)

дожечь СО и коксовые остатки до выхода дымовых газов из топки даже в тех случаях, когда сопла третичного воздуха располагаются в верхней части топочной камеры (рис. 1.17).

Метод бустерного двухступенчатого сжигания был внедрен в Португалии, на котле блока мощностью 314 МВт ТЭС Sines (16,2 МПа, 535/535 °С). При работе котлов на высококачественном каменном угле с отключенной схемой двухступенчатого сжигания концентрация  $\text{NO}_x$  составляла  $780 \text{ мг/м}^3$ , а содержание горючих в уносе — 4,5 %. Внедрение обычной схемы двухступенчатого сжигания снизило концентрацию  $\text{NO}_x$  до  $480 \text{ мг/м}^3$ , но содержание горючих в уносе (в зависимости от состава угольной смеси) повысилось до 7...12 %. И только внедрение бустерного двухступенчатого сжигания позволило получить результаты, устраивающие владельцев ТЭС: концентрацию оксидов азота  $466 \text{ мг/м}^3$ , содержание горючих в уносе 5,45 %.