

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ ТРЕХСТУПЕНЧАТОГО СЖИГАНИЯ НА ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ КОТЛАХ С ГАЗОВОЙ СТУПЕНЬЮ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Одним из главных источников выбросов NO_x являются ТЭЦ, на которых для генерации энергии осуществляется сжигание угля.

Эмиссия NO_x жестко регулируется в большинстве стран, в том числе и в России. Это обусловлено вероятностью возникновения негативных последствий для здоровья человека и загрязнения окружающей среды в случае накопления таких оксидов в атмосферном воздухе в количестве, превышающем предельные нормативы. Поэтому важная задача современности – разработка оптимальных по затратам и эффективных технологий снижения эмиссии NO_x .

Установленный на Новосибирской ТЭЦ-5 энергоблок мощностью 180/210 МВт включает паровой пылеугольный котел типа ТПЕ-214 Таганрогского завода «Красный котельщик», турбоагрегат типа Т-180/210-130 ЛМЗ, генератор типа ТГВ-200-2 МУЗ Харьковского завода «Электротяжмаш» и полный комплект вспомогательного оборудования.

Основная отличительная особенность этого блока – котел, в котором практически впервые в заводском исполнении реализована система трехступенчатого сжигания.

Технология трехступенчатого сжигания для данного котла предложена и разработана заводом «Красный котельщик» совместно с ОАО «Сибтехэнерго» и ЗАО «СибКОТЭС».

Исходно котел ТПЕ-214 паропроизводительностью 670 т/ч (давление первичного пара 13,8 МПа и температура 545°C) оборудован (рис. 1) тангенциальной топкой, работающей в режиме твердого шлакоудаления. Система пылеприготовления – прямого вдувания, с

молотковыми мельницами, с воздушной сушкой топлива. Основное топливо – кузнецкие угли марок «Г» и «Д».

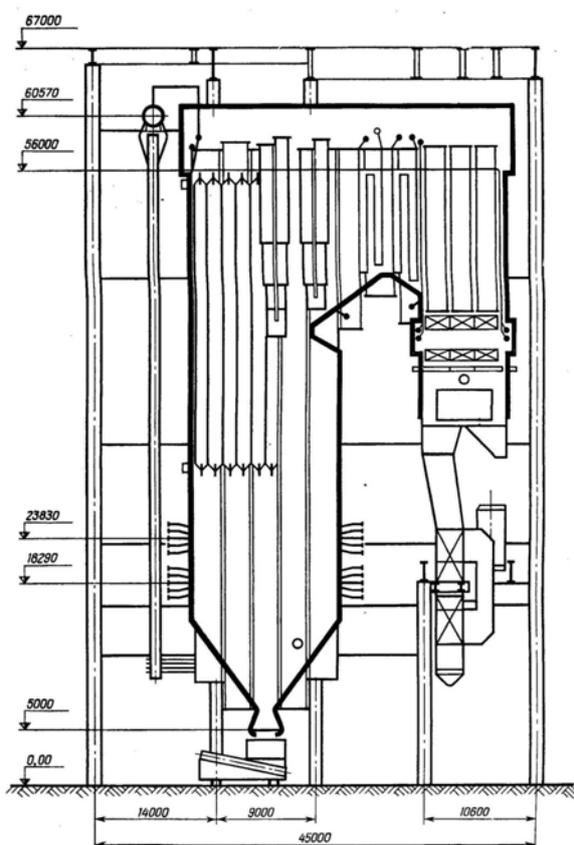


Рис. 1. Продольный разрез котла ТПЕ-214

Восемь основных пылеугольных горелок прямооточного типа расположены по тангенциальной схеме в два яруса по

высоте топки (по четыре горелки в ярусе). Выше второго яруса горелок на расстоянии 4,6 м расположены газовые горелки, установленные также по тангенциальной схеме, но с противоположным вращением относительно крутки основных горелочных струй.

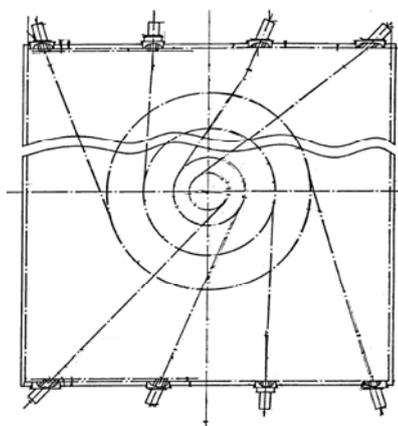


Рис. 2. Схема расположения сопел третичного дутья

В верхней части топки на расстоянии 4,3 м от уровня расположения газовых горелок размещены воздушные сопла третичного дутья, установленные также по тангенциальной схеме (рис. 2).

В реализованной схеме часть вторичного воздуха (примерно 20–30% теоретически необходимого объема) на начальном участке горелочной струи отводится от горелки, благодаря чему выделение, воспламенение и горение летучих происходят в условиях недостатка кислорода при избытке воздуха $\alpha \approx 0,7 \div 0,75$. Для исключения высокотемпературной коррозии экранных труб отведенная часть воздуха подается со стороны близлежащей стены топки. В дальнейшем эта часть воздуха подмешивается к основному факелу, в результате чего затягивания горения и ухудшения выгорания топлива не происходит. На данном котле эта концепция стадийного сжигания реализована на первом ярусе горелок, где при общем избытке воздуха в горелочной зоне на уровне $\alpha \approx 1,05$ часть вторичного воздуха (25–30%) подается в топку отдельно от основных горелок.

Во втором ярусе весь вторичный воздух подается в основные горелки вместе с топливом, но с избытком воздуха на уровне $\alpha \approx 0,7$. Образующиеся при этом продукты неполного сгорания служат восстановителем генерируемых в первом ярусе оксидов азота (NO) до молекулярного азота (N₂).

В третьем ярусе в топку подается 10% (по теплу) газового топлива в смеси с газами рециркуляции. При сжигании газового топлива с избытками воздуха ниже единицы в объеме топки дополнительно генерируются продукты не-

полного сгорания, которые служат восстановителями NO до N₂. Степень этого восстановления зависит как от концентрации образующихся продуктов неполного сгорания, интенсивности их перемешивания с основным потоком топочных газов, так и от продолжительности протекания процесса. Для этого шесть газовых горелок установлены на боковых стенах по тангенциальной схеме с противокруткой, и оси горелок направлены по касательным к окружностям разного диаметра.

Для дожигания остаточных продуктов неполного сгорания в верхней части топки используется горячий воздух третичного дутья, подаваемый в количестве 15–20% от теоретически необходимого воздуха на котел.

Принятые расположение и режимы ввода основного и газообразного топлива, а также всех потоков вторичного воздуха были отработаны на трехмерных математических моделях в ЗАО «СибКОТЭС», и результаты использованы заводом при конкретном проектировании.

Реализованная в настоящее время на блоке № 6 Новосибирской ТЭЦ-5 схема трехступенчатого сжигания с газовым восстановительным топливом обеспечивает достижение концентрации NO_x в уходящих газах не выше 350 мг/м³, что в 2–3 раза ниже, чем при обычном сжигании этих углей.

Достижение таких низких показателей возможно лишь при тонком регулировании распределения основного и газового топлива между ярусами горелок и выдерживании соотношения топлива и воздуха как в пределах отдельных зон, так и в каждой горелке.

Естественно, эти режимы на котле могут быть выдержаны лишь при хорошо работающей системе АСУ ТП.

Для этого на стадии разработки проекта технологами и автоматчиками ЗАО «СибКОТЭС» были сформулированы следующие основные критерии и технологические цели управления.

Критерии управления:

- минимизация выбросов оксидов азота в режиме трехступенчатого сжигания;

- Достижение и поддержание в режиме трехступенчатого сжигания максимально возможного КПД котла;

- Обеспечение оптимального соотношения экологического и технико-экономического критериев управления в режиме трехступенчатого сжигания.

Технологические цели управления:

- поддержание заданного значения избытка воздуха перед газовой ступенью ($\alpha_{гс} = 0,95 \div 0,96$) для эффективной работы газовой ступени и третичного дутья;

- поддержание избытка воздуха вверху топки на уровне $\alpha_t \approx 1,2$ с учетом содержания кислорода в уходящих газах в зависимости от нагрузки котла для обеспечения экономичности сжигания (КПД котла);

- поддержание локальных избытков воздуха на ярусах горелок (верхнем – $\alpha_v \approx 0,7$; нижнем – $\alpha_n \approx 1,1$).

- поддержание постоянной на всех нагрузках в диапазоне $0,7-1,0 D_{\text{ном}}$ доли третичного воздуха (20–25 %) по отношению к теоретически необходимому расходу общего воздуха на котел на данной нагрузке для обеспечения эффективности всей технологической схемы;
- сохранение на газовой ступени заданного постоянного расхода дымовых газов и поддержание расхода природного газа в зависимости от нагрузки котла.

Изложенные выше положения в основном реализованы в системе АСУ ТП, установленной на котле ТПЕ-214 блока № 6 Новосибирской ТЭЦ-5.

Н.Г. Зыкова, В.Е. Остапенко, Е.Е. Русских, Ф.А. Серант,
ЗАО «СибКОТЭС», Новосибирск