

ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ОТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ

1.5. Технологии сжигания органических топлив на ТЭС со сниженным уровнем образования вредных выбросов в атмосферу

1.5.5. Эффективное снижение образования оксидов азота в топках котлов за счет аэродинамической оптимизации ступенчатого сжигания топлив

1.5.5.5. Эффективность трехступенчатого сжигания угля в U-образном факеле на котлах БКЗ-210-140ФД(Ф) ОАО «Западно-Сибирская ТЭЦ»

Архипов А.М., МЭИ(ТУ); Вагнер А.А., ОАО РАО «ЕЭС России»; Соловьев Н.И., ОАО ЦКБ «Энергоремонт»; Абрамов В.В., ОАО «Западно-Сибирская ТЭЦ»

Котлы БКЗ-210-140ФД (ст. № 1—4) ОАО «Западно-Сибирская ТЭЦ» до реконструкции были снабжены шестью пылегазозапутными горелками улиточного типа, установленными по три на боковых стенах топки по схеме треугольника с вершиной внизу, причем две верхние горелки имели отметку 10,7 м, а нижняя — 9,8 м. Угольная пыль подавалась по кольцевому каналу прямо-током из пылесистем. Буферное (и растопочное) топливо — коксовый газ вводилось в топку через кольцевой канал меньшего диаметра. По оси горелок были установлены форсунки парового распыла мазута, который является резервно-аварийным топливом. Основное буферное топливо — доменный газ и значительная часть воздуха подавались в топку через четыре пятищелевые горелки доменного газа, установленные на отметке 10,5 м фронтальной стены топки.

Основной недостаток технологии состоял во вводе в топочный объем разных видов топлива и воздуха во взаимно перпендикулярных плоскостях при сравнительно невысокой топке. При сжигании промпродукта и окисленных кузнечных углей зажигание было неустойчивым, особенно в режимах с малой долей буферного коксового газа (имели место случаи погасания факела даже на средних нагрузках котла 170...180 т/ч). Факел затягивался в горизонтальный газоход, происходило шлакование пароперегревателя и неконтролируемый рост температуры металла его труб выше нормативных значений. Содержание горючих в уносе при больших долях сжигания доменного газа нередко достигало 25...30 %. Котлы работали с повышенным удельным выбросом оксидов азота (800...850 мг/м³ при нормативе 470 мг/м³).

Положение кардинально улучшилось после реконструкции указанных котлов (в период 1995 — 2001 гг.) с внедрением технологии трехступенчатого сжигания указанных видов топлива в U-образном ПВФ [18, 19, 20 и 21]. Суть технологии заключается в следующем. Восемь прямоточных горелок, представляющих собою прямоугольные сопла пылеугольной смеси, были установлены на отметке 16,35 м фронтальной стены топки. Они установлены с наклоном вниз на 60... 65° и размещены попарно над горелкой доменного газа. На отметке 14,5 м задней стены соосно горелкам были размещены прямоугольные сопла третичного дутья, направленные горизонтально. Две трубки коксового газа 0 76 мм и форсуночная труба были размещены под корпусом каждой горелки и направлены под небольшим углом к ее геометрической оси в вертикальной проекции (рис. 1.79, а).

На котле № 5 (БКЗ-210-140Ф) вместо отсутствующих горелок доменного газа были установлены в одних вертикальных плоскостях с горелками и соплами, имеющими равномерный горизонтальный шаг, сопла вторичного воздуха. Отметка их расположения составила 9,75 м, а

направление осей — с наклоном вверх на 10° (рис. 1.80).

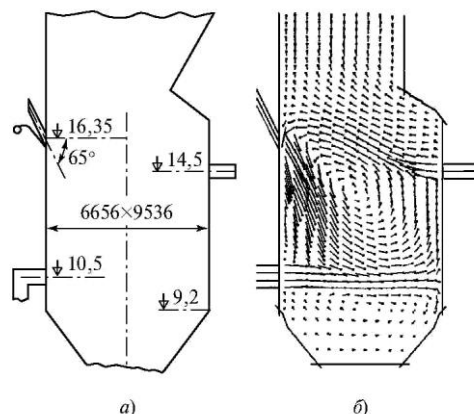


Рис. 1.79. Компоновка горелок и сопел на котле БКЗ-210-140ФД и расчетное поле скоростей в вертикальной плоскости топочной камеры:

а — компоновка; б — поле скоростей

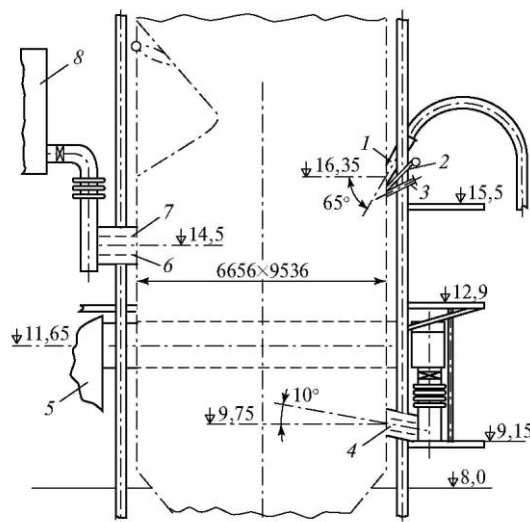


Рис. 1.80. Компоновка горелок, сопел и подводящих воздухопроводов на котле БКЗ-210-140Ф:

1 — пылеугольная горелка; 2 — ввод коксового газа; 3 — форсуночная труба; 4 — сопло вторичного воздуха; 5 — вертикальный воздухопровод горячего воздуха; 6 — нижний отсек сопла третичного воздуха; 7 — верхний отсек сопла третичного воздуха; 8 — выходной коллектор воздушного подогревателя

Пылеугольная струя, вытекающая в топку со скоростью 27...35 м/с при $\alpha_1 = 0,25...0,3$, надежно загорается на расстоянии 0,3... 0,4 м даже без подсветки коксовым газом и при уменьшении содержания летучих в угле. Этому способствуют повышенный (с учетом косо-го среза) начальный периметр эжекции, отсутствие забалластиванности струи вторичным воздухом и направление скорости свежей струи навстречу восходящему потоку дого-

рающего факела. На расстоянии 5...6 м (до встречи с вторичным воздухом, поступающим в топку из горелок доменного газа) загоревшаяся пыль движется с наклоном вниз в условиях острой нехватки кислорода. На указанном пути происходит снижение образования топливных NO_x за счет разложения соединений топливного азота продуктами недожога с образованием молекулярного азота.

Поток вторичного воздуха с $\alpha_2 = 0,55...0,6$ (либо его смесь с доменным газом) подмешивается к горящему факелу, движется вместе с ним к заднему экрану топки, а затем вверх, создавая подушку, препятствующую выпадению несгоревшей угольной пыли в холодную воронку, а также эрозионному и тепловому воздействию факела на задний экран. Подъемная ветвь факела, взаимодействуя со струями третичного дутья и отклоняясь ими в надгорелочную зону топки, догорает за счет использования третичного воздуха.

Часть хвостовых объемов струи третичного воздуха (в смеси с топочными газами) эжектируется свежей горелочной струей и направляется вместе с ней в нижнюю часть топки. Это четко видно на рис. 1.79, б, на котором представлено расчетное поле скорости в вертикальной плоскости, проходящей через пылеугольную горелку, горелку доменного газа и сопло третичного воздуха.

Надежное зажигание угольной пыли и удлиненная траектория движения факела при трехстадийном подводе воздуха в топку способствуют выравниванию температуры факела по ее высоте, турбулизации факела и своевременному дожиганию пыли. В качестве примера на рис. 1.81 приведены результаты пирометрии факела на котле № 5 при нагрузке 212 т/ч, расходе коксового газа $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$, работе двух пылесистем и $\alpha''_{\text{пн}} = 1,275$ [22]. Можно видеть, что зафиксированные температуры практически одинаковы по всей высоте топки. В районе лавов, расположенных в холодной воронке на отметке 7,6 м, они составили $1200...1230 \text{ }^\circ\text{C}$, а на отметке 19,6 м (напротив ширм) они оказались на уровне $1220...1240 \text{ }^\circ\text{C}$. Можно видеть, что в диапазоне отметок 10,7...14,2 м температура факела у задней стены на $60...70 \text{ }^\circ\text{C}$ выше, чем у фронтальной, что отвечает аэродинамике U-образного факела во второй ступени горения.

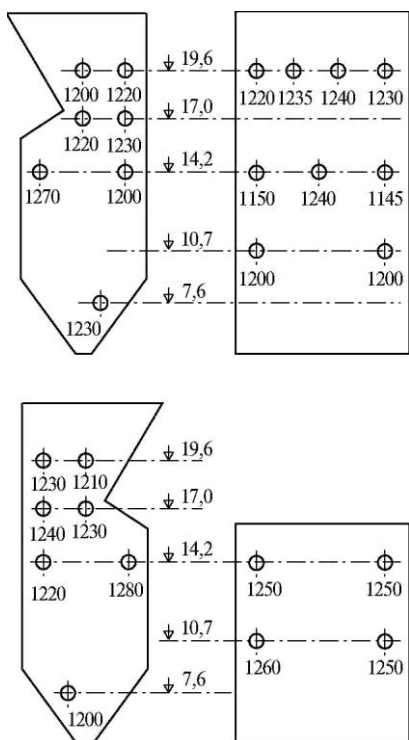


Рис. 1.81. Результаты пирометрических измерений температуры факела на реконструированном котле БКЗ-210-140Ф (ст. № 5)

В процессе наладки котла № 5 струи третичного дутья были направлены в межгорелочные пространства фронтальной стены топки за счет установки односторонних направляющих козырьков в верхних и нижних отсеках сопел на разных боковых стенах [23].

В результате был ликвидирован вынос несгоревшей пыли из периферийных слоев горелочных струй хвостовой частью струй третичного дутья. Кроме того, благодаря удвоению числа свежих струй третичного дутья произошло более надежное перекрытие сечения возле задней стены топки, где выходит вверх догорающий факел, т.е. смешение реагентов стало более интенсивным.

На рис. 1.82 представлены экспериментальные зависимости от $\alpha''_{\text{пн}}$ основных показателей работы реконструированного котла № 5 при нагрузке 175...214 т/ч и тепловой доле коксового газа 2...3 %.

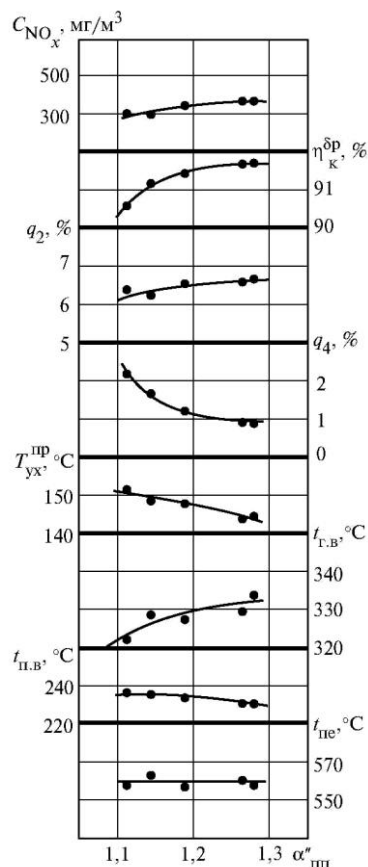


Рис. 1.82. Зависимости основных показателей работы реконструированного котла БКЗ-210-140Ф (ст. № 5) от избытка воздуха за пароперегревателем

Можно видеть, что при эксплуатационном $\alpha''_{\text{пн}} = 1,25...1,3$ удельные выбросы оксидов азота составили $360...370 \text{ мг}/\text{м}^3$ (вместо $900...1000 \text{ мг}/\text{м}^3$ до реконструкции), механический недожог снизился с 2,2 до 0,95%, а КПД котла брутто увеличился на 1,0...1,5 % и составил 91,7 %. Во время испытаний котла до и после реконструкции качество угля было примерно одинаковым со следующими средними характеристиками: $Q_{\text{п}}^{\text{п}} = 4983 \text{ ккал}/\text{кг}$; $W^{\text{п}} = 6,9 \%$; $A^{\text{п}} = 26 \%$; $V^{\text{п}} = 42,8 \%$; $N^{\text{п}} = 2,5 \%$. Тонина помола угольной пыли после реконструкции котла была рекомендована на уровне $R_{90} = 11\%$.

На реконструированных котлах БКЗ-210-140ФД (ст. № 1—4) при сжигании угля и коксового газа механический недожог составляет примерно 2 %, а удельные выбросы оксидов азота — $380...400 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Минимальная допустимая нагрузка реконструированных котлов № 1—5 (по условию устойчивости горе-

ния без подсветки факела) оказалась на уровне 140 т/ч против 170 т/ч до их реконструкции.

Затягивание горения и шлакование пароперегревателей прекратились, в связи с чем, были обеспечены температуры металла ниже допустимых норм.

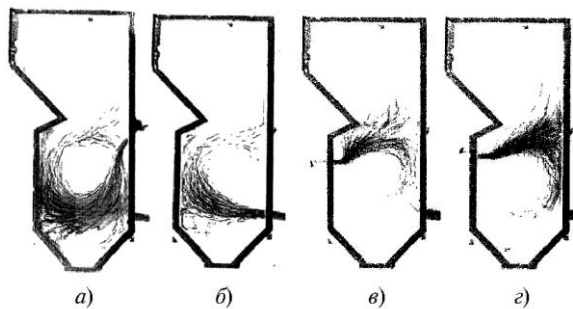


Рис. 1.83. Характер аэродинамики в оптимальном варианте модели с U-образным факелом на котле БКЗ-210-140Ф:

a — горелочной струи; *b* — струи вторичного воздуха; *v* и *z* — струй, вытекающих из нижнего и верхнего отсеков сопла третичного воздуха

Модельные исследования показали (рис. 1.83, *a—z*), что с увеличением угла наклона горелок (в данном случае до 70°), с принятием более высоких скоростей истечения горячего воздуха (особенно третичного), а также с увеличением горизонтальных простенков между горелками и соплами вихревой характер движения струй первичного, вторичного и третичного воздуха становится более выраженным. На рис. 1.83, *a*, *v* и *z* можно видеть, что часть «догорающего» факела совершает второй оборот, смещаясь по спирали в межструйные пространства, где он контактирует с попадающей сюда частью третичного воздуха, т.е. данная технология имеет значительную внутреннюю рециркуляцию газов и удлиненную траекторию турбулизированного факела. Эти особенности топочной аэродинамики предопределили комплексную эффективность трехступенчатого сжигания кузнецкого угля в U-образном прямоточно-вихревом факеле.