

## ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА 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

##### 1.5.5.7. Итоги первого этапа наладки котла ТП-87 с ЖШУ при трехстадийном вводе воздуха в факел прямоточных горелок Архинов А.М., МЭИ(ТУ); Вагнер А.А., ОАО РАО «ЕЭС России»; Соловьев Н.И., ОАО ЦКБ «Энергоремонт»; Абрамов В.В., ОАО «Западно-Сибирская ТЭЦ»

Котел ТП-87 (ст. № 9) ОАО «Западно-Сибирская ТЭЦ» был реконструирован в 2005 г. по разработке кафедры «Котельные установки и экология энергетики» МЭИ и проекту ОАО «ЦКБ Энергоремонт». Компонентная схема горелок и сопел, а также подводящих воздухопроводов в продольном разрезе топki представлена на рис. 1.85.

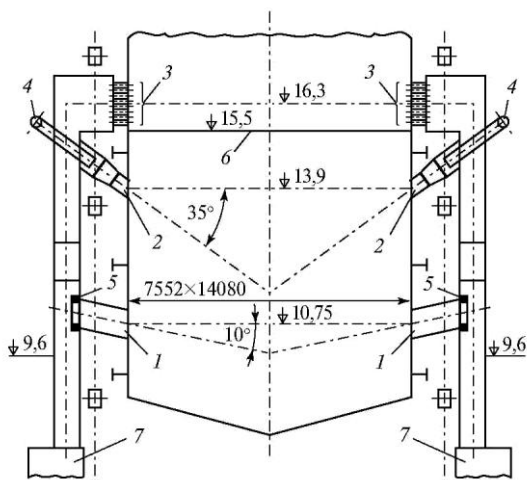


Рис. 1.85. Компонентная схема горелок, сопел и подводящих воздухопроводов на котле ТП-87 с ЖШУ:

1 — пылемазутная горелка  $\varnothing 720 \times 7$  мм (12 шт.); 2 — комбинированное сопло  $\varnothing 377 \times 6$  мм (12 шт.); 3 — блок из восьми труб  $\varnothing 133 \times 6$  мм, входящих в сопло третичного воздуха (12 шт.); 4 — сбросной пылепровод  $\varnothing 325 \times 6$  мм (12 шт.); 5 — ограничительная шайба  $\varnothing 470$  мм (12 шт.); 6 — уровень футеровки экранов; 7 — существующий коллектор горячего воздуха (2 шт.)

Двенадцать прямоточных горелок благодаря повороту на угол  $8,5^\circ$  по отношению к нормали образуют в горизонтальной проекции топki систему ВСС, которая обеспечивает устойчивое положение факела в центре топki [25]. Наклон горелок вниз на  $10^\circ$  обеспечивает надежное омывание пода (рис. 1.86) и быстрое выгорание отсепарированной пыли на пленке жидкого шлака. Расчетные значения избытка и скорости истечения первичного воздуха составили 0,52 и 23,4 м/с.

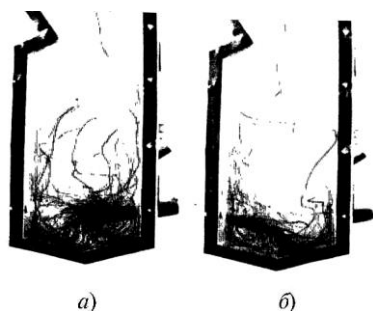


Рис. 1.86. Характер движения горелочных струй:  
а — горелки № 4; б — горелки № 9

Двенадцать комбинированных сопел  $\varnothing 365$  мм предназначены для ввода в топку сбросного агента пылесистем и вторичного воздуха. Они имеют значительный наклон

вниз ( $35^\circ$ ) в целях турбулизации факела и надежного выгорания мелкой пыли. В горизонтальной проекции топki они образуют систему ВСС за счет их поворота на  $8,5^\circ$  по отношению к нормали, но в противоположную сторону по сравнению с горелками. Расчетный избыток воздуха на выходе из комбинированных сопел (при работе двух пылесистем) составил 0,4. Как показали модельные исследования, эти особенности компоновки комбинированных сопел обеспечивают хорошее перемешивание струй с первичным факелом (рис. 1.87) и частично компенсируют несимметричность аэродинамики горелочных струй.

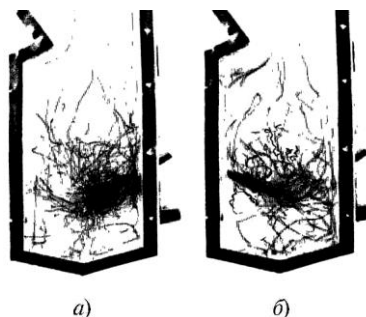


Рис. 1.87. Характер движения струй из комбинированных сопел:  
а — сопла № 4; б — сопла № 9

Сопла третичного воздуха (12 шт.) установлены в вертикальных плоскостях размещения горелок и комбинированных сопел и направлены горизонтально. Каждое из них представляет собою блок из восьми труб  $\varnothing 133 \times 6$  мм, которые в горизонтальной проекции топki направлены через одну под углом  $8,5^\circ$  к нормали в разные стороны. Такая конструкция сопел обеспечивает устойчивое движение струй. Кроме того, суммарный начальный периметр эжекции всех струй, вытекающих из одного сопла, в 2,84 раза больше этого параметра для круглой струи, вытекающей из сопла эквивалентного сечения, и в 2,37 раза больше, чем у прямоугольной струи, вытекающей из эквивалентного сопла, в котором размеры стенок находятся в отношении 2 : 1. Расчетные значения избытка и скорости третичного воздуха составили 0,26 и около 50 м/с. Характер движения струй представлен на рис. 1.88, из которого можно заключить, что в центральной зоне топki идет интенсивный процесс перемешивания

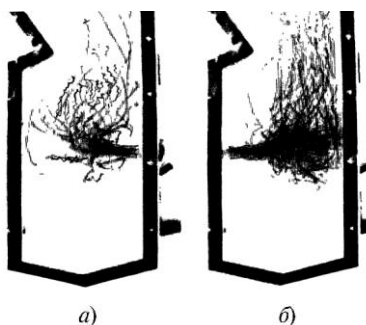
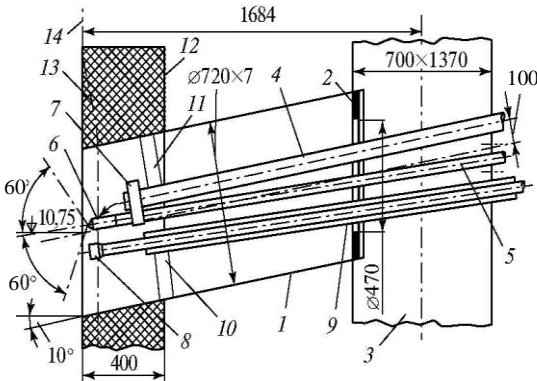


Рис. 1.88. Характер движения струй третичного воздуха:  
а — сопла № 4; б — сопла № 9

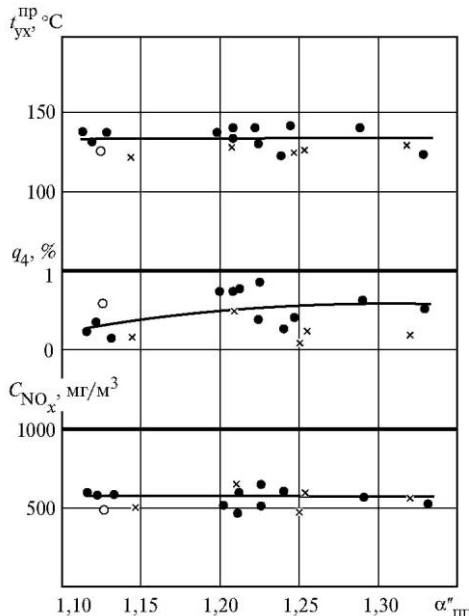
реагентов.

Конструкция пылемазутной горелки представлена на рис. 1.89. Угольная пыль подается в топку по технологии ПВКд. Распыливание ПВК предусматрено с помощью распылителя сжатого воздуха ( $p = 40...45$  кПа), который вытекает со скоростью около 190 м/с из 12 отверстий  $\varnothing 4$  мм, расположенных в шахматном порядке на конической торцевой поверхности распыливающего насадка. Угол распыливания —  $120^\circ$ . На входе в корпус горелки  $\varnothing 720 \times 7$  мм установлена ограничительная шайба  $\varnothing 470$  мм.



**Рис. 1.89. Пылемазутная прямооточная горелка котла ТП-87:**  
 1 — корпус; 2 — ограничительная шайба; 3 — воздушный короб;  
 4 — труба ПВК  $\varnothing 89 \times 6$  мм; 5 — труба сжатого воздуха  $\varnothing 42 \times 5$  мм;  
 6 — струйный распыливающий насадок; 7 — хомут; 8 — головка паромеханической форсунки; 9 — форсуночная труба; 10 — пластины крепления форсуночной трубы; 11 — пластины крепления трубы ПВК;  
 12 — короб амбра зуры (приваривается через накладки к экранным трубам); 13 — экранные трубы, разведенные внутрь амбразуры;  
 14 — ось экранных труб

Испытания реконструированного котла в октябре-ноябре 2005 г. выявили хорошие результаты [26] по надежности выхода жидкого шлака, уровню удельных выбросов оксидов азота и температуре уходящих газов, а также по механическому недожогу. Как можно видеть на графиках рис. 1.90, при эксплуатационном избытке воздуха за пароперегревателем ( $\alpha''_{\text{пр}} = 1,25$ ), удельные вы-



**Рис. 1.90. Зависимости приведенной температуры уходящих газов, механического недожога и удельных выбросов оксидов азота от избытка воздуха за пароперегревателем на реконструированном котле ТП-87:**

• — в работе две мельницы; x — в работе одна мельница; o — две мельницы остановлены

бросы оксидов азота составили около  $560 \text{ мг/м}^3$  (вместо  $1150... 1200 \text{ мг/м}^3$  до реконструкции при нормативе  $570 \text{ мг/м}^3$ ). Механический недожог оказался не выше  $0,55\%$ , что примерно соответствует аналогичному показателю работы нереконструированных котлов ТП-87 в режиме стехиометрического сжигания. Приведенная температура уходящих газов составила  $134^\circ\text{C}$ , что на  $5...7^\circ\text{C}$  меньше, чем на указанных котлах. Показатели, приведенные рис. 1.90, слабо зависели от нагрузки котла и избытка воздуха за пароперегревателем в диапазоне  $\alpha''_{\text{пр}} = 1,1...1,32$ . В большинстве опытов на повышенных нагрузках котла КПД брутто составил около  $92\%$ . В процессе проведения испытаний характеристики сжигаемого угля были следующими:  $Q^p = 4378...5847 \text{ ккал/кг}$ ,  $W^p = 8,75...17,03\%$ ,  $A^p = 11,7...20,66\%$ ,  $V^c = 40,8...42,4\%$ ,  $N^f = 2,4...2,5\%$ . Тонина помола угольной пыли отвечала нормативным величинам:  $R_{90} = 14... 15\%$ .

Однако после реконструкции котла было зафиксировано нерасчетное повышение температуры газов за пароперегревателем, которое происходило с большей интенсивностью, чем на нереконструированных котлах ТП-87, топki которых снабжены пережимами и работают в режиме стехиометрического сжигания. Как показал анализ, это происходило из-за загрязнения экранов топki выше ошипованной зоны, а так же из-за шлакования пароперегревателя. Указанные отрицательные процессы связаны с недостаточной высотой зоны догорания факела для условий ступенчатого сжигания и с тем, что на котле № 9, также как на остальных котлах ОАО «Западно-Сибирская ТЭЦ», средства эксплуатационной очистки экранов и пароперегревателя не используются, поэтому с декабря 2005 г. по июнь 2006 г. реконструированный котел работал с нагрузкой не более  $300 \text{ т/ч}$ , а ограничительные шайбы перед горелками были демонтированы для снижения доли третичного воздуха.

Летом и осенью 2006 г. котел № 9 был остановлен для проведения второго этапа реконструкции, основная цель которой увеличение высоты зоны дожигания факела за счет снижения уровня пода и уменьшения отметок установки горелок и сопел на  $2,5 \text{ м}$ . Позонные расчеты показали, что в этом случае температура газов на уровне аэродинамического выступа снижается на  $80...90^\circ\text{C}$  и составит около  $1160^\circ\text{C}$ . Таким образом, она станет меньше температуры начала размягчения золы для угля марки ГРОК (примерно  $1200^\circ\text{C}$ ).

Было принято также решение о восстановлении в полном объеме средств паровой обдувки экранов в средней и верхней частях топki. Кроме того, разработана эффективная система газоимпульсной очистки нижней части ширм и первых по ходу газов труб конвективного пароперегревателя.

Для своевременного перемешивания догорающего факела с третичным дутьем и его надежного отжатия от фронтального и заднего экранов предусмотрен наклон сопел третичного воздуха на  $30^\circ$  вниз и более значительный (до  $45^\circ$ ) угол поворота труб  $\varnothing 133 \times 6$  мм относительно нормали в горизонтальной проекции топki. Было признано целесообразным разделить короба подвода воздуха на горелки и сопла третичного дутья и обеспечить возможность регулирования расхода воздуха на те и другие режимными средствами.