

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

1.5.5.2. Повышение надежности, экономичности и экологичности работы котлов типа ПТВМ на мазуте и газе
 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»

В подп. 1.5.5.1 показана комплексная эффективность котлов с аэродинамикой ПВФ при высоком двухстороннем расположении прямооточных тангенциально направленных горелок и существенном их наклоне вниз. Примерно аналогичные принципы компоновки горелок были заложены в технологии сжигания мазута и газа на котлах типа ПТВМ [10, 11].

На рис. 1.69 схематически показана компоновка прямооточных горелок на реконструированном в 1982 г. котле ПТВМ-50 (ст. № 2) Клайпедской ГРЭС. Благодаря

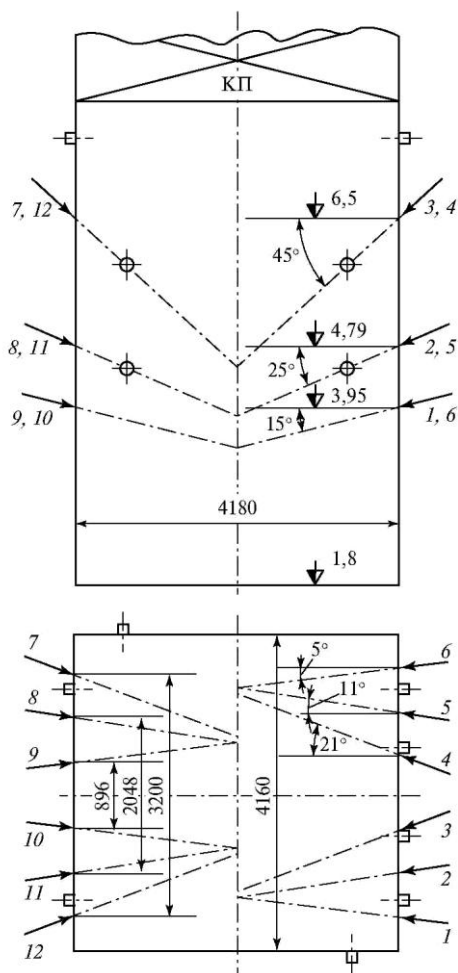


Рис. 1.69. Компоновочная схема газомазутных горелок на котле ПТВМ-50

этой компоновке горелок в объеме топki формируются два вертикальных вихря, вращающихся в разные стороны. Для выравнивания тепловой нагрузки по высоте топki на котле ПТВМ-50 12 горелок установлены в трех ярусах (по четыре в ярусе). Горелки первого, второго и третьего ярусов наклонены вниз на угол 15, 25 и 45° соответственно, что уменьшает вероятность выноса вверх части массы свежих горелочных струй потоком газов.

Это особенно важно для струй горелок верхнего яруса.

На рис. 1.70 в качестве примера показан характер движения струи горелки верхнего яруса № 7, зафиксированного в изотермической модели. На рис. 1.70, б можно видеть, что струя горелки № 7 движется вниз в основном до уровня первого-второго ярусов горелок, а частично и до пода. Выход хвостовых объемов струи вверх, как это видно на рис. 1.70, а, происходит по спиральной эллиптической траектории. При этом хвостовые объемы струй турбулизируются свежими струями горелок противоположной стены и частично эжектируются ими, составляя внутреннюю рециркуляцию продуктов сгорания, в том числе неполного, поэтому наблюдения за факелом при работе реконструированного котла на 12 мазутных горелках ($Q = 50$ Гкал/ч) показали, что плотные языки пламени перед конвективными пакетами (КП) отсутствуют.

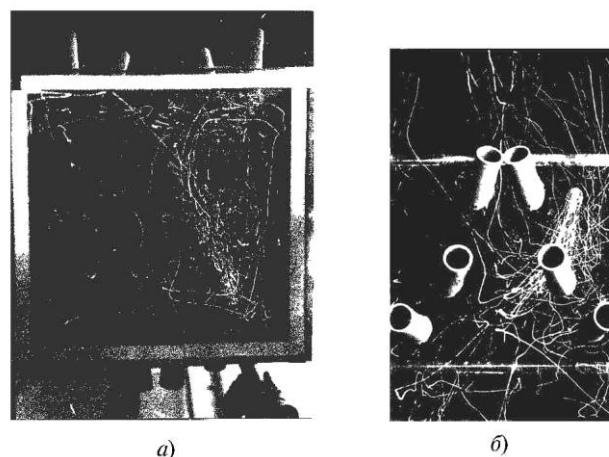


Рис. 1.70. Характер движения струи горелки № 7:
 а — вид через прозрачный под; б — вид через прозрачную фронтальную стенку с горелками № 1—6 (см. рис. 1.69)

На рис. 1.71 представлены экспериментальные зависимости от теплопроизводительности реконструированного котла ПТВМ-50 концентрации SO_3 , C_{SO} , температуры точки росы t_p в уходящих газах и падающих на экраны тепловых потоков $q_{пад}$. На котле с чистыми трубами (после дробеструйных очисток КП) t_p составляет 55...60 °С во всем диапазоне нагрузок. При этом концентрация SO_3 изменяется практически от нуля ($Q=25$ МВт) до $0,3 \cdot 10^{-3}\%$ ($Q=62$ МВт). Следует отметить, что при испытаниях реконструированного котла ПТВМ-50 Клайпедской ГРЭС сжигался неувлажненный сернистый мазут ($W^p = 0$, $S^p = 2...2,5\%$).

При загрязнении труб КП золовыми отложениями (когда измерения выполнялись перед дробеструйной очисткой КП) температура точки росы t_p увеличивалась до 115 °С, а концентрация SO_3 — до $0,8 \cdot 10^{-3}\%$. Исследования показали, что при наличии свища в топке (что рав-

нозначно увлажнению мазута) температура точки росы и концентрация SO_3 также увеличивались до $130\text{ }^\circ\text{C}$ и до $1,4 \cdot 10^{-3}\%$ соответственно.

Значения падающих тепловых потоков оказались довольно умеренными. На уровне горелок среднего яруса они составили 320 (кривая 1 на рис. 1.71), а перед КП — 205 кВт/м^2 (кривая 2) при $Q = 64\text{ МВт}$. Это можно объяснить рассредоточением факела по высоте топки. Кроме того, имеет место значительная внутренняя рециркуля-

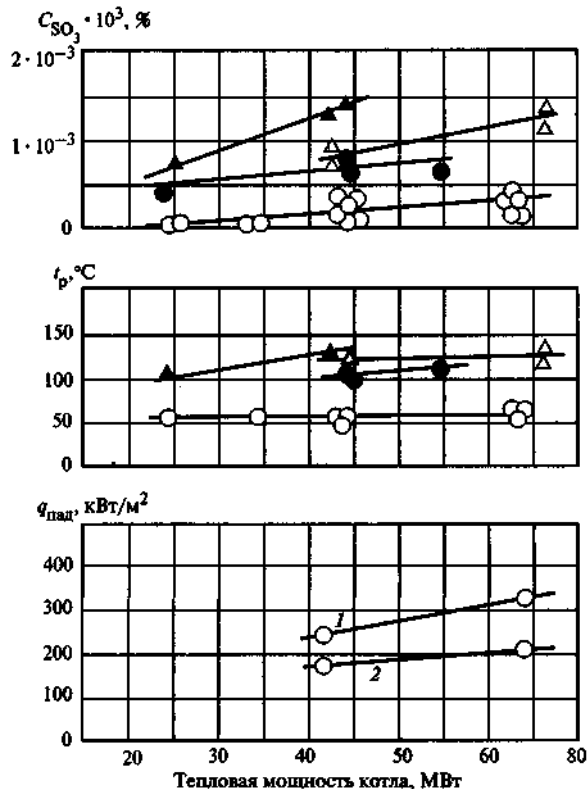


Рис. 1.71. Зависимости концентрации оксидов серы SO_3 , температуры точки росы и падающих на экраны потоков от тепловой мощности котла ПТВМ-50

ция продуктов сгорания в свежие горелочные струи, причем продукты сгорания являются охлажденными, так как перед подсосом в свежие горелочные струи они уже отдали часть тепла экранам пода и стен топочной камеры.

В 1985 г. на котле ПТВМ-100 (ст. № 3) Каунасской ГЭЦ была внедрена компоновочная схема из 16 прямооточных горелок (рис. 1.72). При этом в топке была реализована трехвихревая аэродинамика факела. На Клайпедской районной котельной (РК) был реконструирован котел ПТВМ-100 (ст. № 5) с использованием пятивихревой аэродинамики факела (рис. 1.73). Для лучшего использования нижней части топочного объема и применения наклоненных вниз прямооточных горелок (принципиальная конструкция которых приведена на рис. 1.74) на котлах ПТВМ-100 был спрямлен под топку, а отметка его нижних коллекторов снижена на 1 м.

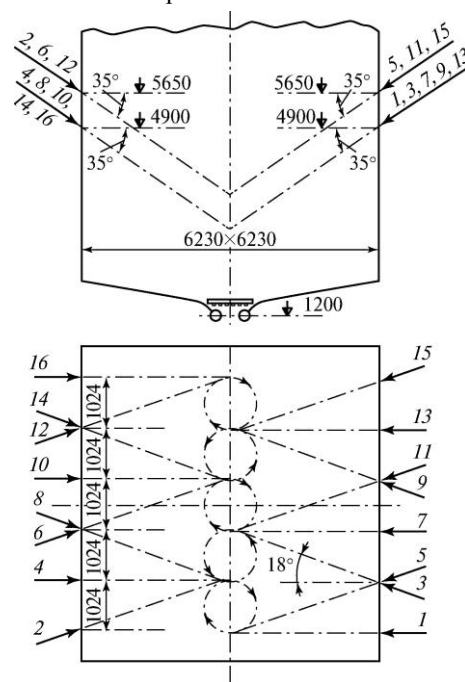


Рис. 1.73. Компоновочная схема газомазутных горелок на котле ПТВМ-100 Клайпедской районной котельной

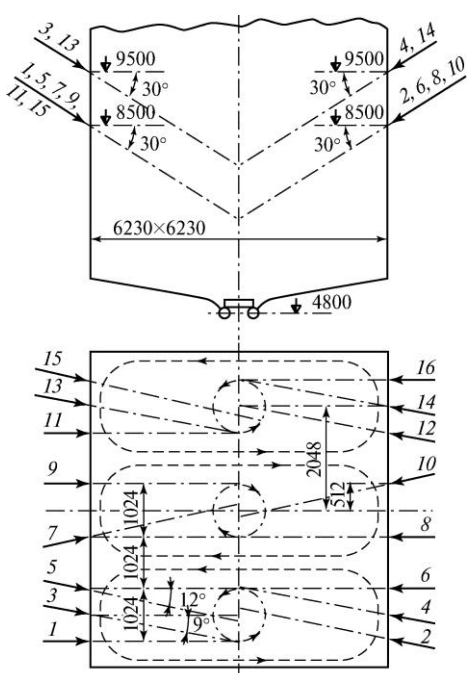


Рис. 1.72. Компоновочная схема газомазутных горелок на котле ПТВМ-100 Каунасской ГЭЦ

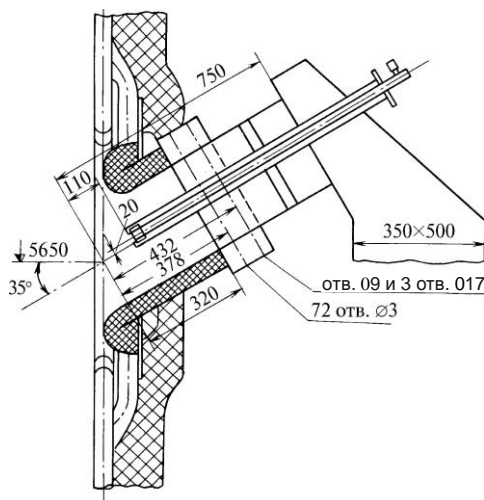


Рис. 1.74. Прямоточная газомазутная горелка котла ПТВМ-100 Клайпедской районной котельной

Модельные аэродинамические исследования топочных камер котлов ПТВМ-100 показали, что наличие вихревых зон, особенно в топке, где горелки установлены в соответствии с рис. 1.73, слабо выражено. Однако дого-

рающие факелы горелок одной стены надежно попадают в пространство под свежими горелочными струями противоположной стены. Это обеспечивает турбулизацию догорающего факела и значительную внутреннюю рециркуляцию продуктов сгорания в свежие струи. В результате этого траектории факелов горелок имеют значительную длину, что очень важно в условиях низких топок. Следствием этого является то, что продукты сгорания мазута перед КП практически прозрачны (не имеют недожога), в том числе и при работе на 16 горелках.

В табл. 1.34 представлены сравнительные данные по котлам ПТВМ-50 и ПТВМ-100 до и после реконструкции, в результате которой они были переведены на сжигание мазута и газа в ПВФ.

К наиболее важным результатам реконструкции котлов ПТВМ следует отнести повышение их длительной располагаемой тепловой мощности при сжигании мазута до номинальной и существенное снижение температуры уходящих газов. Эти достижения стали возможными благодаря тому, что золовые отложения на трубах КП стали сыпучими вместо липких. Это предопределило эффективность регулярного использования сухих методов очистки (на котле ПТВМ-50 — дробеструйного, на котлах ПТВМ-100 — газоимпульсного).

На большом количестве котлов типа ПТВМ центрального региона России природный газ является единственным топливом, что снижает надежность теплоснабжения. Полученный положительный опыт реконструкции котлов ПТВМ-50 и ПТВМ-100 с переводом их на сжигание мазута и газа в ПВФ может быть использован

на указанных котлах для обеспечения надежного сжигания не только газа, но и резервного топлива — мазута. Для большей надежности работы подовых экранных труб на реконструированных котлах ПТВМ-100 предпочтительна двухходовая схема движения воды.

Как это видно из табл. 1.34, удельные выбросы оксидов азота на реконструированных котлах типа ПТВМ при сжигании мазута отвечают нормативному уровню (менее 250 мг/м^3). В то же время при сжигании газа они несколько выше норматива (более 125 мг/м^3). При сжигании газа перспективным решением может оказаться использование всех горелок верхнего яруса или части их в качестве воздушных сопл. В этом случае остальные горелки дополнительно нагружаются по газу и его сжигание будет осуществляться в режиме с элементами ступенчатого сжигания.

В этой связи следует отметить, что в 1986 и 1987 гг. по проекту ОАО «ЦКБ Энергоремонт» были реконструированы два котла типа КВГМ-180 (ст. № 7 и 8) ТЭЦ-25 ОАО «Мосэнерго». Они были снабжены 12 прямоточными горелками, установленными в трех ярусах и сильно наклоненными вниз [12]. Испытания реконструированных котлов показали, что использование в качестве воздушных сопл четырех горелок верхнего яруса приводило к снижению удельных выбросов оксидов азота с 185 мг/м^3 (в работе 12 горелок) до 40 мг/м^3 , при этом схема рециркуляции газов не использовалась [13]. Более подробно результаты реконструкции указанных котлов будут изложены в подп. 1.5.5.8

Таблица 1.34. Достигнутые результаты на реконструированных котлах ПТВМ-50 и ПТВМ-100 в сравнении с типовыми котлами

Показатель	Типовой котел	Котел с ПВФ
Длительно располагаемая тепловая мощность при сжигании мазута, Гкал/ч:		
на котле ПТВМ-50 Клайпедской ГРЭС	37	50
на котле ПТВМ-100 Клайпедской РК	75	100
Концентрация SO_3 в уходящих газах на котле ПТВМ-100 Каунасской ТЭЦ при загрязненных трубах КП ($Q = 60 \text{ Гкал/ч}$), %	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$0,9 \cdot 10^{-3}$
Характер золовых отложений на трубах КП	Липкие	Сухие
Приведенная к $t_{\text{в}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ температура уходящих газов при сжигании мазута, $^\circ\text{C}$:		
на котле ПТВМ-50 Клайпедской ГРЭС	300	230
на котле ПТВМ-100 Клайпедской РК	250	215
Концентрация оксидов азота в уходящих газах при номинальной мощности и сжигании мазута/газа, мг/м^3 :		
на котле ПТВМ-50 Клайпедской ГРЭС	—	200/140
на котле ПТВМ-100 Клайпедской РК	—	210/155

Примечание. Во время испытаний котлов ПТВМ-100 сжигался мазут со средними характеристиками: $W^p = 2 \%$, $S^p = 1,8 \%$