

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

1.5.5.1. Комплексная эффективность работы газомазутных топок с вертикальным прямоточно-вихревым факелом

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»)

Компоновочная схема горелок для сжигания мазута и газа в прямоточно-вихревом факеле (ПВФ) с вертикальной осью вращения дымовых газов [5] впервые была внедрена в 1978 г. на котле БКЗ-160-100ГМ (ст. № 10) Ефремовской ТЭЦ Тулэнерго. Она изображена на рис. 1.67. Уже в 1982 г. указанная схема сжигания была использована на всех пяти реконструированных котлах БКЗ-160-100ГМ, установленных на Ефремовской ТЭЦ, а также на двух котлах того же типа Воронежской ГРЭС. В дальнейшем произошло широкое (по существу, отраслевое) внедрение схемы на котлах нескольких типов ряда электростанций Минэнерго.

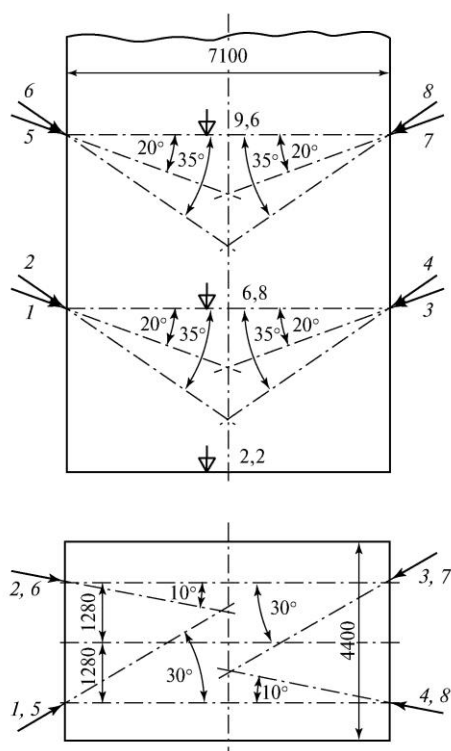


Рис. 1.67. Компоновочная схема газомазутных горелок на котле БКЗ-160-100ГМ

Согласно модельным исследованиям и наблюдениям за факелом в приосевой зоне топки реконструированных котлов БКЗ-160-100ГМ реализуется вихревое опускное движение топочных газов. Подъемное движение догорающего факела из нижней части топки происходит вдоль экранов по спиральной траектории, в том числе в зоне движения свежих горелочных струй, которые вытекают из осесимметричных горелок. В лобовые (по отношению к набегающему потоку газов) и тыльные части периметра горелочных свежих струй производится принудительный подвод и подсосывание газов, имеющих продукты неполного сгорания. Из боковых их частей

осуществляется вынос некоторой массы воздуха (5...10%) восходящим потоком газов.

Таким образом, в свежих факелах горелок средний избыток воздуха составляет 0,9...0,95 его значения в корне струй, при этом концентрация кислорода дополнительно снижается за счет внутренней рециркуляции газов. По данным исследований [6], она может достигать 30...50 % массы свежих горелочных струй в зависимости от углов наклона, местоположения горелок, а также скорости истечения струй. Степень внутренней рециркуляции газов возрастает, если вторые по ходу тангенциального потока газов горелки (с четными номерами) имеют больший наклон вниз по сравнению с первыми (см. рис. 1.67). При этом дополнительно расщепляется высокотемпературное ядро факела по высоте топки.

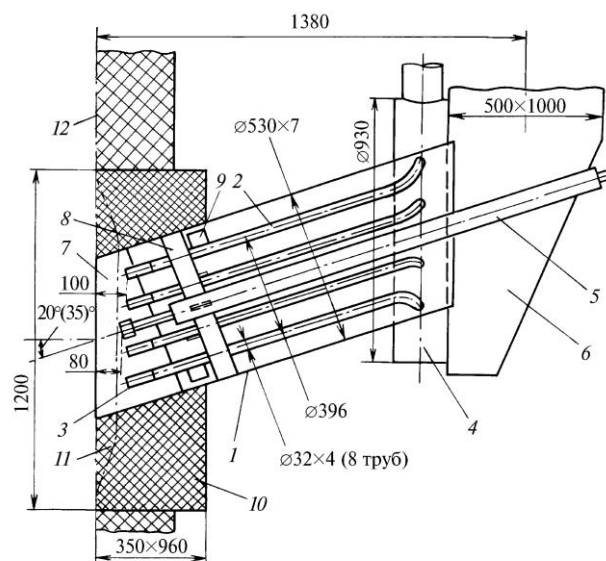


Рис. 1.68. Рекомендуемый вариант конструкции прямоточной газомазутной горелки для котла БКЗ-160-100ГМ:

1 — корпус; 2 — газовые трубки; 3 — газораздающие насадки (выполнены из жаропрочной стали); 4 — газовый коллектор; 5 — форсуночная труба; 6 — воздушный карман; 7 — выходная часть корпуса (выполнена из жаропрочной стали); 8 — крестовина для крепления форсуночной трубы; 9 — косынка крепления газовой трубки; 10 — короб амбразуры (приварен через накладки к экранным трубам); 11 — внутренние трубы разводки экранных труб; 12 — ось экрана (гляделка, газовый запальник и датчик пламени не показаны)

На рис. 1.68 показан рекомендуемый вариант конструкции газомазутной горелки применительно к котлам БКЗ-160-100ГМ Ефремовской ТЭЦ. Газораздающие насадки, изготовленные из жаропрочной стали, имеют заглушенные торцы и восемь боковых отверстий диаметром 8 мм, которые выполнены в двух рядах (с шагом 90° в каждом ряду) в шахматном порядке. При сжигании ма-

зута на этой станции использовались мазутные форсунки механического распыла завода «Ильмарине» как до, так и после реконструкции. При использовании мазутных форсунок другого типа, которые могут иметь угол распыла (на стенде) 90° и более, форсуночная труба должна быть смещена вверх относительно оси корпуса горелки на 50...70 мм. Это необходимо для исключения задевания распыленным мазутом нижней части амбразуры горелки.

В табл. 1.32 приведены эксплуатационные данные и результаты испытаний, полученные на котлах БКЗ-160-100ГМ Ефремовской ТЭЦ до и после реконструкции [6, 7]. В заводском исполнении котлы были снабжены 12 фронтальными вихревыми горелками, расположенными в трех ярусах. В связи с получением комплексных показателей эффективности работы реконструированных котлов БКЗ-160-100ГМ схема установки горелок по рис. 1.67 (с не принципиальными отличиями) была применена при реконструкции котлов БКЗ-210-140Ф Горьковской ГРЭС, Орской и других ТЭЦ, котлов ТП-230 и ТП-170 Первомайской и Ярославской ТЭЦ, а также котлов БКЗ-75-39ГМ нескольких ТЭЦ. При этом котлы БКЗ-210-140Ф Горьковской ГРЭС и ТП-230 Первомайской ТЭЦ дополнительно были снабжены двумя соплами вторичного дутья. Они были установлены на уровне верхнего яруса горелок в центральной части фронтальной и задней стен и направлены тангенциально с небольшим наклоном вниз. Проходное сечение сопел отвечало пропуску 15...20 % организованного воздуха. Кроме того, кот-

лы БКЗ-210-140Ф Горьковской ГРЭС были снабжены схемой рециркуляции газов со сбросом их через прямо-точное сопло, установленное на неохлаждаемом поду и направленное по вертикальной оси топки [8]. Ввод газов рециркуляции предназначался для повышения температуры перегретого пара, особенно при сжигании мазута.

В табл. 1.33 приведены достигнутые на реконструированных котлах БКЗ-160-100ГМ и БКЗ-210-140Ф уровни удельных выбросов оксидов азота (здесь и далее в пересчете на $\alpha = 1,4$).

Данные табл. 1.33 свидетельствуют о том, что на котлах с аэродинамикой вертикального ПВФ при организации ступенчатого сжигания газа и мазута могут быть обеспечены с запасом нормативные уровни удельных выбросов оксидов азота (125 и 250 мг/м³ соответственно). При этом избыток организованного воздуха не превышает единицы даже в случае снижения избытка первичного воздуха до 0,57 (при сжигании газа). Это говорит об интенсивном и своевременном перемешивании реагентов и о высокой экономичности процесса ступенчатого сжигания газа.

О надежности работы экранов топки и конвективных поверхностей нагрева при сжигании мазута в вертикальном прямоточно-вихревом факеле говорят данные табл. 1.32. Можно добавить, что переведенные на эту технологию сжигания мазута несколько котлов БКЗ-75-39ГМ (например, котлы ТЭЦ Куйбышевского НПЗ) были перемаркированы в БКЗ-100 [9].

Таблица 1.32. Результаты реконструкции котла БКЗ-160-100ГМ Ефремовской ТЭЦ

Показатели	До реконструкции	После реконструкции
Длительно располагаемая паропроизводительность котлов при сжигании мазута, т/ч	140	160
Максимальная температура факела, °С	1580	1500
Максимальный падающий тепловой поток, кВт/м ²	530	420
Тепловые повреждения экранных труб (в среднем на одном котле за год)	1...2	—
Температура точки росы уходящих газов при $D_{\text{ном}}$ в стехиометрическом режиме, °С	153	120
Концентрация SO ₃ в продуктах сгорания, %, измеренная:		
в стехиометрическом режиме	0,006	0,0045
при ступенчатом сжигании с отключением мазута на двух горелках	—	0,002
Характер золовых отложений на конвективных поверхностях нагрева	Липкие	Сыпучие
Эксплуатационный ресурс холодной набивки РВП*, годы	3...3,5	5...6
Критический избыток организованного воздуха при сжигании мазута/газа:		
в стехиометрическом режиме	1,0/0,91	0,93/0,89
при ступенчатом сжигании	—	0,96/0,91
Концентрация H ₂ S в пристенной зоне экранов при ступенчатом сжигании мазута, %	—	Менее 0,001
Концентрация бенз(а)пирена в дымовых газах перед РВП при ступенчатом сжигании мазута ($D = 140$ т/ч), мкг/100 м ³	—	2...3
Расход электроэнергии на тягу и дутье, кВт·ч/т (пара)	4,7	
Коэффициент полезного действия «брутто» на максимальной нагрузке котла при стехиометрическом сжигании мазута/газа, %	92,2/92,5	92,5/93,0

* РВП — регенеративный воздухоподогреватель.

Таблица 1.33. Удельный выброс оксидов азота на реконструированных котлах БКЗ-160-100ГМ и БКЗ-210-140Ф

Котел, электростанция, режим	Топливо, число горелок в работе	Нагрузка, т/ч	Избыток организованного воздуха	Избыток первичного воздуха	Концентрация NO _x , мг/м ³
БКЗ-160-100ГМ, Ефремовская ТЭЦ	Мазут, 6	122	0,97	0,73	137
	Газ, 6	112	0,97	0,73	85
БКЗ-210-140Ф, Орская ТЭЦ	Газ, 6	210	0,89	0,67	108
БКЗ-210-140Ф, Горьковская ГРЭС, сопла открыты, рециркуляция газов	Мазут, 8	210	0,98	0,8	196
	Газ, 6	210	0,98	0,59	90
ТП-230, Первомайская ТЭЦ, режим: сопла закрыты	Газ, 6	230	1,0	0,7	110

сопла открыты

Газ, 6

230

1,0

0,57

65