

ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ОТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ

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

1.5.1. Сжигание твердого топлива в котлах с кипящим слоем

1.5.1.3. Сжигание твердого топлива в котлах с кипящим слоем под давлением

Котлер В.Р. и Рябов Г.А.; ОАО «ВТИ»

В последнее время возрос объем исследований, относящихся к топкам с кипящим слоем под давлением (КСД). Основное достоинство таких топков состоит в возможности осуществления комбинированного цикла, когда генерируемый в котле пар используется в паровой турбине, а продукты сгорания, имеющие повышенное давление, используются в газовой турбине. Такая схема повышает термодинамический КПД цикла, а также позволяет еще в большей степени снижать габаритные размеры топочных устройств и уменьшать вредные выбросы в атмосферу.

Изготовление котлов с КСД позволит почти на 60 % сократить их габаритные размеры по сравнению с котлами обычного типа. В результате экономия на капитальных затратах составит 10 %, а время, необходимое для строительства электростанций, сократится на 25 %. По расчетам сотрудников фирм «Комбасин Инжиниринг» и «Лурги», блок мощностью 250 МВт, состоящий из шести модулей, может быть почти полностью собран в заводских условиях, что позволит свести до минимума объем монтажных работ на месте сооружения ТЭС.

В последние годы в ряде стран было проведено технико-экономическое сравнение различных методов экологически чистой переработки твердого топлива, которое показало перспективность развития двух технологий: сжигания в КСД и газификации в составе парогазовых установок. В настоящее время с точки зрения капитальных затрат, степени риска и быстроты промышленной реализации предпочтение отдается технологии сжигания твердого топлива в КСД. По оценкам западногерманских специалистов, эта разновидность КС не имеет ограничений по единичной мощности сооружаемых блоков, при- сущих технологии атмосферного КС.

Наиболее просто и экономично процесс сжигания топлива в КСД реализуется в парогазовых установках (ПГУ) по схеме, показанной на рис. 1.61. Необходимый воздух подается в слой компрессором *K* газотурбинной установки (ГТУ) под давлением 1,0...1,5 МПа; продукты сгорания после очистки от золы и уноса расширяются в газовой турбине *ГТ* и производят полезную работу. Тепло, выделившееся в слое, и тепло газов, отработавших в турбине, используются в паровом цикле [2].

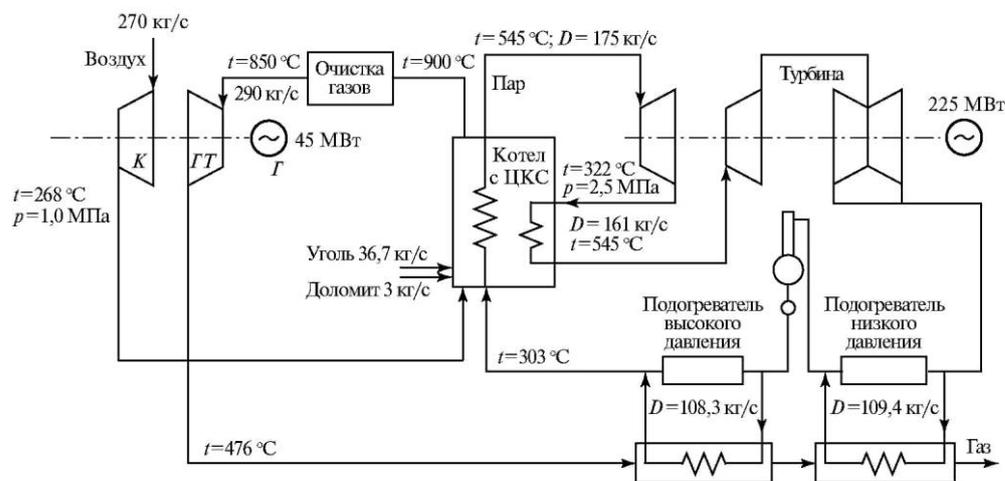


Рис. 1.61. Парогазовая установка с котлом с циркулирующим кипящим слоем под давлением мощностью 270 МВт

Проведение процесса под давлением при сохранении всех характерных для сжигания угля в КС преимуществ позволяет существенно увеличить единичную мощность парогенераторов и уменьшить их габаритные размеры при более полном сгорании угля и связывании серы.

Достоинствами ПГУ с КСД являются полное (с КПД на уровне 99 %) сжигание любых сортов угля, высокие коэффициенты теплопередачи и небольшие поверхности нагрева, низкие (750...950, в среднем 850 °С) температуры горения и вследствие этого небольшие (менее 100 мг/МДж или 200 мг/м³) выбросы NO_x, возможность добавки в слой сорбента и связывания в нем 90...95 % содержащейся в угле серы, отсутствие шлакования и сто-

ков, сухие отходы, небольшая потребная площадь (в частности, из-за отсутствия систем очистки уходящих газов), возможность блочно-комплектной (в состоянии заводской готовности) поставки большей части оборудования и модульного строительства с уменьшением его стоимости и сроков по сравнению с таковыми для обычных угольных ТЭС, оборудованных котлами с камерным сжиганием.

В настоящее время за рубежом эксплуатируются на углях различных марок шесть промышленных ПГУ с КСД мощностью 70...135 МВт. Их технические показатели приведены в табл. 1.29. В 1999 г. в Японии пущен блок мощностью 350 МВт. Его расчетный КПД состав-

ляет около 45 %.

Результаты эксплуатации ПГУ с КСД на электростанциях, сжигающих весьма различающиеся угли, свидетельствуют о том, что использованные в них технология и оборудование вполне работоспособны, принципиально просты, обладают хорошей управляемостью и ремонтпригодны.

Для действующих ПГУ с КСД характерен широкий диапазон рабочих нагрузок — от 40 до 100 %. Необходимые соотношения расходов и давлений воздуха обеспечиваются с помощью специально спроектированных ГТУ. Их особенностью является также работа на запыленных, очищенных только в циклонах газах, которая обеспечивается некоторым снижением скоростей в проточной части турбины и применением защитных покрытий.

В принципе ПГУ с КСД стандартной конструкции могут использовать различные топлива без изменения мощности, КПД или увеличения выбросов вредных ве-

ществ. Это позволяет легче адаптировать ПГУ при изменении вида топлива во время эксплуатации, особенно если такая возможность была учтена при проектировании вспомогательных систем.

«Всеядность» ПГУ с КСД объясняется тем, что горение происходит в глубоком и плотном пузырьковом КС, состоящем в основном из инертного материала, в котором содержится менее 0,5 % горящих частиц.

На всех ПГУ были достигнуты хорошие экологические показатели. Связывание 90...95 % серы обеспечивалось при дозировке сорбента в отношении $Sa/S = 1,3...2,0$. Проработаны пути дальнейшего существенного (до 52 %) увеличения КПД ПГУ с КСД.

В Российской Федерации проводятся расчетные исследования по созданию установки с КСД, однако низкая цена и доступность природного газа делают такие установки пока неконкурентоспособными для отечественной энергетики

Таблица 1.29. Промышленные ПГУ с КСД

Показатель	Страна, электростанция					
	Швеция, «Вартан»	США, «Тидд»	Испания, «Эскатрон»	Япония, «Вакамацу»	ФРГ, «Котбус»	Япония, «Карита»
Число и тип ГТУ	2xGT-35P	1xGT-35P	1xGT-35P	1xGT-35P	1xGT-35P	1xGT-140P
Общая мощность ГТУ, МВт	33	16,5	16,6	14,8	13,7	70
Мощность, МВт:						
паровых турбин	108	56,5	62,4	56,2	53,9	290
ПГУ	135	71,6	76,4	71,0	62,0	350
КПД ПГУ, %	34,3 (89)*	36,7	36,4	39,4	30 (71,6)*	43...44
Давление свежего пара, МПа	13,7	9,0	9,4	10,3	14,2	25,0
Температура перегретого пара, °С	530	495	513	593/593	537/537	566/566
Расход пара, т/ч	435,6	200	216,4	—	—	—
Уголь	Каменный	Каменный	Лигнит	Каменный	Бурый	Каменный
Теплота сгорания, МДж/кг	22,4...29,0	22,5...27,0	7...17	22,5...27,5	19,0	19,4...29,0
Зольность, %	8...21	12...20	23...47	2...18	5,5	2...18
Влажность, %	6...15	5...15	14...20	8...26	18,0	8...30
Содержание серы, %	0,1...1,5	3,4...4,0	2,9... 9,0	0,3... 1,2	Менее 0,8	0,3...1,2
Расход, т/ч	57,6	25,9	64,8	28,4	40,7	126
Метод подачи	Паста	Паста	Сухой	Паста	Сухой	Паста
Сорбент	Доломит	Доломит	Известняк	Известняк	Известняк	Известняк
Расход сорбента, т/ч	5,4	8,3	25,2	1,8	3,6	8,3
Температура в слое, °С	860	860	860	860	840	870
Степень связывания серы, %	85	90	90	—	90	—
Год пуска	1990	1991	1992	1993	1998	1999

* В скобках приведен коэффициент использования тепла топлива (для ТЭС «Вартан» при расчетном отпуске тепла 224 МДж/с).