Перспективы внедрения котлов средней мощности с топками форсированного низкотемпературного кипящего слоя

Сидоров А. М., Скрябин А. А., кандидаты техн. наук,
Медведев А. И., Усольцев Н. В., инженеры
НИЦ ПО "Бийскэнергомаш", Барнаул

В связи с повышением цен на рынке энергоресурсов многие промышленные предприятия стремятся сократить затраты на тепловую и электрическую энергию за счет строительства своих генерирующих объектов и использования собственных топливных ресурсов [1]. Под собственными топливными ресурсами подразумеваются: местные месторождения углей, как правило, низкосортных, переувлажненных бурых или высокозольных каменных углей; отходы углеобогащения (отсевы, шлам, промпродукт); древесные отходы; отходы сельхозпереработки и другие горючие отходы с теплотой сгорания более 5000 – 6300 кДж/кг на рабочую массу. К тому же сжигание, т. е. огневое обезвреживание горючих отходов, это наиболее простой и эффективный способ кардинального решения проблемы защиты окружающей среды от загрязнений. Использование указанных топлив позволяет существенно повысить экономическую устойчивость и рентабельность предприятий, в том числе за счет исключения экологических штрафов, затрат на вывоз отходов и содержание их отвалов.

Основным препятствием переходу на сжигание низкосортных топлив и промышленных горючих отходов является сложность организации устойчивого топочного процесса. Как правило, такие топлива не горят на колосниковых решетках и в других традиционных топочных устройствах. Отечественным котлостроением наиболее полно освоены только два сектора генерирующих мощностей — с котлами паропроизводительностью до 25 т/ч пара, а также 120 т/ч и выше. Средний сектор не получил широкого развития и характеризуется небольшим выпуском котлов.

При переходе промышленных предприятий на строительство собственных котельных средний сектор становится наиболее востребованным. Набирать мощность малыми котлами нерационально, так как это требует значительных территорий котельных и дополнительных затрат на вспомогательное оборудование. Установка котлов большой мощности связана с высокими капитальными затратами, которые предприятия не в состоянии обеспечить, и длительным сроком сдачи объектов в эксплуатацию. В этих условиях одним из перспективных направлений можно считать применение котлов средней мощности (35 – 100 т/ч), в том числе с форсированным низкотемпературным кипящим слоем (НТКС).

В энергетике для котлов паропроизводительностью выше 50 т/ч наиболее универсальным по используемым топливам и отработанным на практике является пылеугольное сжигание. К его недостаткам следует отнести: существенные затраты энергии на сушку и размол топлива, сложность систем топливоподготовки, значительные капитальные и эксплуатационные затраты, взрывоопасность, образование большого количества оксидов серы и азота, а также шлакование топки и пароперегревателя.

Технология НТКС по форсировке воздухораспределительной решетки является промежуточной между классическим (КС) и циркулирующим (ЦКС) кипящими слоями и сочетает в себе наиболее важные их преимущества:

возможность встраивания котлов НТКС в типовые котельные ячейки;

отсутствие загрязнения и шлакования поверхностей нагрева;

предпочтительность топок НТКС перед типовыми механизированными слоевыми топками: по стоимости — в 2 – 3 раза, по долговечности — не менее чем в 2 раза, а также по ремонтопригодности (решетка выполняется водоохлаждаемой, а воздухораспределительные колпачки — съемным);

отсутствие мельничного оборудования;

возможность сжигания широкого спектра топлив и горючих отходов;

большие возможности по регулированию и высокая стабильность несения нагрузки, что позволяет работать совместно с паровыми турбинами;

использование свободного КС (без погруженных в слой поверхностей нагрева). Это упрощает конструкцию, облегчает обслужива-

Параметр	До реконструкции	После реконструкции
Паропроизводительность, т/ч	35	42
Давление пара, МПа	3,8	3,8
Температура пара, °С	440	440
Температура питательной воды, °С	105	105
Потери теплоты с механическим недожогом, %	4,5	2,5
КПД котла брутто, %	82	86
Диапазон регулирования нагрузки, %	40 – 100	52 – 100
Коэффициент избытка воздуха за топкой	1,4	1,3
Температура уходящих газов, °С	175	180
Концентрация CO, мг/м^3, не более	4000	100
Концентрация NO_x, мг/м^3, не более	450	200

ние и эксплуатацию топки, исключает абразивный износ.

Применение низкотемпературного топочного процесса позволяет сохранить экологические преимущества ЦКС и в совокупности с форсированием и использованием свободного слоя снимает главную проблему — зашлаковывание слоя при низком качестве топливоподготовки. При этом по сравнению с ЦКС внедрение технологии форсированного КС требует существенно меньших капитальных затрат.

Благодаря значительной турбулентности в слое обеспечивается хорошее перемешивание воздуха, топлива и золы, создаются оптимальные условия для сжигания топлива и улавливания серы известняком, что предотвращает низкотемпературную коррозию, а следовательно, обеспечивает более длительный срок службы поверхностей нагрева котла. В итоге снижается стоимость 1 Гкал теплоты, выработанной в котлах подобного типа.

Технология НТКС наиболее адаптирована к топливам ухудшенного качества. Котлы на ее основе являются высокоэкономичными установками, позволяющими при большом КПД сжигать "трудные" для других котлов виды топлива и даже шлак из-под слоевых котлов. При этом они полностью удовлетворяют экологическим требованиям в части выброса вредных веществ в атмосферу.

В НИЦ ПО "Бийскэнергомаш" накоплен опыт внедрения и эксплуатации оборудования, работающего по технологии НТКС. Успешно сжигаются бурые угли в котлах:

ТП-35ПС, ТП-30ПС (котельная цементного завода, пос. Теплое озеро, Хабаровский край, райчихинский уголь);

ТС-42-42-440ПС (станционные № 4 – 8 Читинской ТЭЦ-2, харанорский уголь);

КЕ-25-14-225ПС (№ 1 и 2 котельной ОАО "Алтайвагон", Рубцовск, Алтайский край, итатский уголь);

КВТС-20 (№ 1 и 2 Центральной котельной, Петровск-Забайкальский, Читинская область, березовский уголь).

В стадии наладки находится котел КЕ-25-39-440 для сжигания древесных отходов, установленный в котельной ООО "Вишерская бумажная компания" (Красновишерск, Пермская область).

Разработана линейка котлов паропроизводительностью 35 – 100 т/ч на основе технологии НТКС с использованием газификации топлива. Эта технология позволяет устанавливать воздухораспределительную решетку небольших размеров и сжигать угли различного качества. Под решетку подается 40 – 50 % воздуха, участвующего в горении, остальной воздух поступает через сопла вторичного дутья. Это гарантирует:

хорошее выжигание топлива без применения дорогостоящих сепарационных устройств с возвратом уноса, используемых, например, в котлах ЦКС; потери с механическим недожогом не превышают 2,5 %;

снижение выбросов оксидов азота в 2 раза относительно слоевых и факельных топок за счет двухстадийного горения и низких температур слоя во всем регулировочном диапазоне нагрузок;

минимальные потери с химическим недожогом.

Высота и масса котлов меньше, чем у аналогичных котлов той же мощности производства БКЗ, ТКЗ, БелКЗ. Разработанные котлы являются унифицированными. При повышении производительности котла его профиль остается постоянным, увеличиваются лишь фронт и последующие газоходы (пропорционально увеличению решетки кипящего слоя), все остальные конструктивные размеры остаются неизменными.

По технологии НТКС осуществлена реконструкция Читинской ТЭЦ-2 с переводом слоевых котлов ТС-35 на сжигание харанорского угля в КС. Сравнительные характеристики одного из котлов (№ 7) [2] приведены в таблице. Топочный режим реконструированных котлов характеризуется высокой стабильностью. Отклонения температуры перегретого пара в стационарном режиме кратковременны и не превышают ± 5 °С. Перекосы температур по ширине топки и пульсации не наблюдаются. Рабочая температура слоя составляет 820 – 980 °С.

Хорошие показатели получены и на других объектах внедрения котлов НТКС. Следовательно, можно утверждать, что котлы НТКС средней мощности перспективны для внедрения.

Список литературы

1. **Сидоров А. М.** Разработка и исследование топок и котлов с низкотемпературным кипящим слоем: Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук, Барнаул, 2002.
2. **Тихонов С. Ю. Беломестнов Ю. А.** Новая технология сжигания бурых углей в топках с низкотемпературным кипящим слоем с вертикальным вихрем. — Электрические станции, 2001, № 11.

Оперативные показатели эксплуатации ТЭЦ

Андрющенко А. И., доктор техн. наук
Саратовский государственный технический университет

Для получения наибольшей экономии топлива при эксплуатации ТЭЦ очень важно иметь оперативные показатели эффективности, которые должны определяться по непосредственно измеряемым параметрам и расходам потоков теплоносителей и рабочих тел.

Решение этой задачи облегчает замечательное свойство термодинамики, позволяющее рассчитывать общую эффективность любой технической системы без рассмотрения ее внутренних процессов. Нужно только определить виды энергии и их количества на входе в систему и на выходе из нее. Так, зная количество выделяемой сгорающим топливом теплоты $Q_{\text{топ}}$ и суммарное отдаваемое потребителям количество всех видов энергии ΣE_j, получаем коэффициент использования теплоты в данной системе:

$$k_{\text{и.т}} = \frac{Q_{\text{исп}}}{Q_{\text{топ}}} = \frac{\Sigma E_j}{B Q_{\text{н}}^{\text{р}}}, \qquad (1)$$

где B — расход топлива; $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ — низшая теплота его сгорания.

В частности, для ТЭЦ, вырабатывающей электрическую $Э$ и тепловую $Q_{\text{т}}$ энергию,

$$k_{\text{и.т}} = \frac{Э + Q_{\text{т}}}{B Q_{\text{н}}^{\text{р}}}. \qquad (2)$$

В соответствии с I законом термодинамики

$$Q_{\text{исп}} = Q_{\text{топ}} - \Sigma \Delta Q_{\text{пот}}, \qquad (3)$$