

ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ОТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ

1.3. Снижение выбросов оксидов серы

Выводы по § 1.3

Шмиголь И.Н., ОАО «ВТИ»

Основные обобщенные показатели наиболее распространенных технологий сероочистки приведены в табл. 1.28.

Перечисленные технологии сероочистки позволяют обеспечить нормативные удельные выбросы диоксида серы при постоянном сжигании на ТЭС всех отечественных твердых и жидких топлив. Перевод ТЭС на сжигание мазута при их техническом перевооружении требует сооружения также и золоуловителей.

Выбор технологии сероочистки определяется в первую очередь приведенной сернистостью сжигаемого топлива. Если принять постоянным некоторое значение стоимости улавливания 1 т диоксида серы и оценить изменение удельных капитальных затрат на сооружение установок в зависимости от приведенной сернистости топлива, то получим линейную, прямо пропорциональную зависимость. Однако цена реагента, дающая основной вклад в эксплуатационные расходы, изменяется при этом экспоненциально, принимая повышенные значения при малосернистом топливе и малые значения при высокосернистом топливе. Это значит, что при сжигании мало- и средне-сернистых углей (кузнечных и т.п.), когда можно обойтись умеренной степенью сероочистки дымовых газов, экономически целесообразными могут быть недорогие установки, но требующие для эффективной работы более дорогих реагентов. И чем меньше приведенная сернистость, тем больше может возрасти цена реагента. При сжигании высокосернистых углей с постоянно работающими установками сероочистки инвестиции в их создание могут быть относительно большими, но стоимость реагентов должна быть при этом минимальной.

При улавливании диоксида серы на ТЭС, сезонно сжигающих мазуты различных марок, возникают специфические проблемы, обусловленные как свойствами продуктов сгорания, так и режимом сжигания жидкого топлива.

Область применения технологий сероочистки

Приведенные технико-экономические показатели обуславливают область применения каждой из рассмотренных технологий.

Мокрая известняковая сероочистка эффективно и экономично работает при полных нагрузках энергоблоков большой мощности, сжигающих топлива с приведенной сернистостью 0,15 %-кг/МДж и более. Потребляемая электрическая мощность установки сероочистки по этой технологии составляет не более 3,9 % электрической мощности энергоблока.

Мокрая известняковая сероочистка, несмотря на более дорогой реагент, имеет более приемлемые экономические показатели, в частности, меньший расход электроэнергии на собственные нужды (менее 2,2 %) и меньшие капитальные вложения, что обеспечивает этой технологии снижение стоимости улавливания 1 т диоксида серы на 10...40 % в зависимости от числа часов использования сероочистки. Рекомендуется для работы при тех же

условиях, что и мокрая известняковая технология.

Аммиачно-сульфатная технология для постоянного режима работы имеет наиболее благоприятные показатели среди рассмотренных высокоэффективных технологий. При ее использовании потребление электроэнергии составляет не более 1,5 % общего производства электроэнергии ТЭС. В сочетании с пониженными на 35 % капитальными вложениями технология позволяет при самых неблагоприятных соотношениях между стоимостью реагента и продаваемых отходов сероочистки затрачивать на улавливание 1 т диоксида серы меньше средств, чем при мокрой известняковой сероочистке. Это позволяет использовать ее и на установках небольшой мощности.

Упрощенная мокро-сухая сероочистка наиболее эффективна при приведенной сернистости сжигаемых углей примерно 0,1 %-кг/МДж. Она обеспечивает необходимую степень сероочистки в соответствии с международными требованиями и стоимость улавливания 1 т диоксида серы на уровне 140...350 долл/т, что соизмеримо с показателями мокрых сероочисток.

Сухая известняковая технология применима при приведенной сернистости топлива не более 0,07 %-кг/МДж и требуемой степени очистки не более 35 %. При ее применении следует учитывать изменение шлакующих свойств золы и влияние отходов сероочистки на работу мокрых и электростатических золоуловителей.

Использование мокрых золоуловителей для сероочистки дымовых газов возможно при применении в качестве реагента соды с последующей конверсией отходов сероочистки в двухводный гипс. Технология реализуется при приведенной сернистости топлива менее 1,1 %-кг/МДж на котельных установках электрической мощностью 200 МВт и ниже.

Мокро-сухая известняковая технология с циркулирующей инертной массой применима для очистки продуктов сгорания сернистых топлив, когда не предполагается полезное использование отходов сероочистки.

Содовая технология применима для очистки уходящих газов ТЭС при сжигании мазутов общей продолжительностью не более 2000 ч в год.

Состояние разработок и готовность российских заводов к поставке оборудования

Аммиачно-сульфатная технология полностью отрабатана в промышленном масштабе и может быть спроектирована для любой котельной установки.

Известняковая (известняковая) технология разработана для энергоблока мощностью 300 МВт. Имеющийся опыт эксплуатации опытно-промышленных установок на Губкинской и Северо-Донецкой ТЭС позволяет проектировать эти установки при техперевооружении ТЭС. Основное технологическое оборудование для этих установок может быть поставлено Петрозаводским заводом химического машиностроения. Насосное оборудование может быть поставлено ОАО «ВНИИгидромаш». Другие компоненты установок сероочистки могут поставляться заводами энергетического машиностроения — Подоль-

ским, Таганрогским, Белгородским и Барнаульским.

Сухая известняковая технология проверена на исследовательских стендовых установках. Оборудование может быть изготовлено на котельных заводах.

Технология сероочистки с использованием скруббе-

ров Вентури отработана на стендовой установке. Требуется промышленная проверка ее эффективности. Оборудование сероочистки может быть изготовлено на заводах котельно-вспомогательного оборудования и техники (КВоиТ).

Таблица 1.27. Показатели аммиачно-сульфатной технологии сероочистки

Достигаемая степень сероочистки, %	99
Приведенная сернистость топлива в зависимости от тепловой мощности котла, %·кг/МДж	По ГОСТ Р 50831—95: до 199 МВт — 2,5...3; 200...249 МВт — 2...2,25; 250...299 МВт — 1,5; ≥ 300 МВт — 1,5
	По требованиям II Протокола к МКТП SO ₂ (для твердого топлива): 50...100 МВт — 4,38; 100...500 МВт — 4,38...0,88; ≥ 500 МВт — 0,88
Применяемый реагент	Аммиак сжиженный (газообразный) NH ₃
	Аммиачная вода NH ₄ OH
Коэффициент избытка реагента	1,0
Получаемый отход	Сульфат аммония (NH ₄) ₂ SO ₄ сухой кристаллический или в виде растворов различной концентрации
Требования к эффективности золоулавливания	Концентрация летучей золы в газах не более 100 мг/м ³
Влияние сероочистки на работу золоуловителя	Снижает запыленность газов на 10—15 %
Удельная площадь для размещения оборудования, м ² /кВт	0,02—0,03
Доля потребляемой энергии от мощности котла (энергоблока), %	1,4 для $n' = 0,6...1,0$ г/МДж и $N_3 = 300...500$ МВт
	1,5 для $n' = 3,0$ г/МДж и $N_3 = 300...500$ МВт
	1,5 для $n' = 3,0$ г/МДж и $N_3 = 80...200$ МВт
Удельные капитальные затраты на 1 кВт установленной мощности, долл/кВт	60...100 для $n' = 0,6...1,0$ г/МДж и $N_3 = 300...500$ МВт
	135...150 для $n' = 3,0$ г/МДж и $N_3 = 300...500$ МВт
	140...180 для $n' = 3,0$ г/МДж и $N_3 = 80...200$ МВт
Удельные эксплуатационные затраты, центы/(кВт·ч)	1,5...3,8 для $n' = 0,6...1,0$ г/МДж и $N_3 = 300...500$ МВт
	1,4...6,5 для $n' = 3,0$ г/МДж и $N_3 = 300...500$ МВт
	2...7,5 для $n' = 3,0$ г/МДж и $N_3 = 80...200$ МВт

Таблица 1.28. Обобщенные сравнительные показатели использования различных технологий сероочистки дымовых газов ТЭС

Технология	Реагент	Достижимая эффективность сероочистки, %	Расход реагента по отношению к стехиометрическому расходу	Особенности технологий и ограничения по их применению
Сухая известняковая	Известняк любой степени кристаллизации	35	1,5...2,5	Снижение температуры начала размягчения золы и увеличение опасности шлакования ширмовых и конвективных поверхностей нагрева котла. Запыленность дымовых газов на каждый 1 г/м ³ диоксида серы возрастает на 3...3,5 г/м ³ . Снижение температуры точки росы и появление избыточного оксида кальция в золе
Упрощенная мокро-сухая (технология E-SO _x)	Известь комовая или размолотая, гашеная или негашеная	55	1,3...1,5	Применима только при использовании в качестве золоуловителя электрофилтра или рукавного фильтра. Более глубокая степень сероочистки ограничена температурой газов, которая должна быть выше водяной точки росы на 25...30 °С
Мокро-сухая с циркулирующей инертной массой	То же	92	1,2... 1,4	Применима только при использовании в качестве золоуловителя электрофилтра или рукавного фильтра. Реактор совмещен с подводящим газопроводом. При необходимости устанавливают батарейный циклон для снижения запыленности газов перед золоуловителем
Мокрая известковая	»	96	1,01...1,03	Требуются высокая степень обеспыливания газов для получения товарных отходов сероочистки и высокий уровень автоматизации процесса. Применяется для обеспечения эффективности сероочистки более 80 %
Мокрая известняковая	Известняк с низкой степенью кристаллизации	94	1,02... 1,05	То же
Аммиачно-сульфатная	Аммиак или аммиачная вода	99	1,0	Требуются специальные меры для хранения аммиака и низкая концентрация золы в дымовых газах
Использование скрубберов Вентури	Различная сода и известь	60	1,1...1,15	Эффективность сероочистки ограничена 60 % вследствие малого времени контакта реагента с дымовыми газами