

УДК 87.53

ОПЫТНАЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЭС

Н. В. Третьякова

Всероссийский научно-исследовательский институт межотраслевой информации, Москва, Россия

Представлены характеристики строящейся первой отечественной полномасштабной опытно-промышленной установки для очистки дымовых газов ТЭС электронно-лучевым методом.

Важнейшим условием развития отечественной теплоэнергетики является решение вопросов снижения промышленных выбросов. Ухудшающаяся экологическая обстановка в промышленных районах и обязательства по международной конвенции о трансграничных переносах выдвигают эту задачу в число первоочередных, особенно применительно к дымовым газам ТЭС.

В мировой практике наибольшее распространение получили химические методы раздельной очистки дымовых газов, а именно, от сернистого ангидрида SO_2 — мокрым известняковым способом, от окислов азота NO_x — аммиачно-каталитическим способом. Однако эти технологии относительно дороги, в связи с чем продолжается поиск других, более экономичных методов. Одним из таких перспективных направлений очистки дымовых газов является электронно-лучевой метод [1, 2], позволяющий производить комплексную очистку с получением в качестве конечных продуктов улавливания солей аммония. Этот метод исследовался в Японии, США, ФРГ и теперь там ведутся работы по его внедрению на установках производительностью до 10^5 м³/ч.

Что касается отечественной практики, то она до сих пор в основном ограничивалась оргтехмероприятиями по уменьшению образования окислов азота в дымовых газах ТЭС (впрыск воды в корень факела, двух- и трехступенчатое сжигание топлива, модернизация горелочных устройств и др.). Однако это позволяет снизить выбросы в лучшем случае на 30 %. Отечественных промышленных установок по глубокой очистке дымовых газов от окислов азота и серы до последнего времени фактически не было, хотя лабораторно-стендовые исследования продвинуты достаточно далеко [1—3]. В связи с этим как значительный шаг следует рассматривать разработку проекта [4] и начало строительства на Черепетской ГРЭС Тулэнерго опытной установки для комплексной глубокой очистки дымовых газов электронно-лучевым методом с производительностью 10^4 м³/ч.

При облучении дымовых газов пучком ускоренных электронов в реакторе протекают радиационно-плазмохимические реакции оксидов серы и азота с вводимым аммиаком с образованием аэрозолей сульфата и нитрата аммония, которые являются минеральными удобрениями. Очистка дымовых газов от образовавшихся аэрозолей производится в рукавных фильтрах или электрофильтрах. После грануляции готовые удобрения могут использоваться в сельском хозяйстве.

По сравнению с существующими методами очистки дымовых газов от оксидов серы и азота (мокроизвестняковый, аммиачно-циклический и др.) электронно-лучевой метод характеризуют следующие показатели:

высокая степень очистки газов: от оксидов серы и азота соответственно до 95 и 85 %;

одновременность процесса очистки;

возможность использования продуктов очистки в сельском хозяйстве и безотходность;

умеренные капитальные и эксплуатационные затраты;

наличие на электростанциях квалифицированного персонала для быстрого освоения оборудования этого метода;

наличие на электростанциях типового аммиачного хозяйства для использования его в приемке и дозировании аммиака в электронно-лучевой установке;

наличие дешевой электроэнергии;

относительно малые расходы технической воды;

повышение КПД электростанции за счет снижения температуры уходящих газов со 150—170 до 70—90 °С и использование этого тепла в цикле станции;

автоматизация процесса очистки дымовых газов и оснащение узлов электронно-лучевой очистки современными техническими средствами;

использование традиционного энергетического оборудования.

Опытная электронно-лучевая установка (ОЭЛУ) Черепетской ГРЭС, разработанная институтом ЭНИИ им. Г. М. Кржижановского, предназначена для исследования и отработки в условиях промышленной эксплуатации технологического процесса очистки дымовых газов от оксидов азота и серы. ОЭЛУ позволяет отрабатывать технологические режимы очистки продуктов сгорания различных топлив — Экибастузского и Карагандинского углей, Кузнецкого и Донецкого угля АШ (антрацитовый штыб). Опытная установка комплектуется ускорителем электронов мощностью 80 кВт, ускоряющее напряжение до 200 кВ, разработанным НИИ тепловых процессов.

В отличие от существующих опытных и опытно-промышленных установок ЭЛУ, в которых выпуск электронного пучка в дымовые газы осуществляется через фольговые окна, в настоящем ускорителе используется концентрируемый выпуск пучка в газ через систему дифференциальной откачки, что позволило снять ограничение на мощность электронного пучка, существенно упростить конструкцию ускорителя, уменьшить его габаритные размеры.

Ускоритель для электронно-лучевой очистки газов состоит из следующих основных систем:

собственно ускорителя электронов, предназначенного для генерации пучка электронов;

устройства ввода электронного пучка из высокого вакуума, где происходит генерация пучка, в дымовые газы:

системы высоковольтного электропитания и управления;

системы управления, блокировок и контроля параметров ускорителя;

системы охлаждения;

системы заправки.

Весь комплекс опытной установки включает в себя следующие сооружения: опытную установку для очистки газов, установку аммиачной воды, открытую установку дымососа, комплексную трансформаторную подстанцию.

В разработанной установке поступающие на ОЭЛУ дымовые газы температурой 150 °С проходят через трубу Вентури, служащую для измерения расхода газа, и поступают в газодляной охладитель поверхностного типа. Охлажденные до температуры 70—90 °С дымовые газы поступают в рукавный фильтр ФРКН, где происходит окончательная очистка от золы. Уловленная в поверхностном охладителе и рукавном фильтре зола через золосмывные аппараты отводится в промежуточный сборник и далее насосом — в систему ГЗУ.

Охлажденные и очищенные от механических примесей дымовые газы поступают в контактный газоохладитель полного испарения, представляющий собой скруббер прямоугольного сечения с форсуночным орошением.

Являясь с точки зрения охлаждения газов взаимозаменяемыми, поверхностный и контактный газоохладители отличаются конечными физическими характеристиками газов (влажность, точка росы), поэтому их совместная работа предусматривается только при частичных нагрузках. В зависимости от обрабатываемого режима предусматривается работа на поверхностном либо на контактном охладителе.

Охлажденные газы поступают в нижнюю часть реакторного блока, где в горизонтальном канале круглого сечения обрабатываются потоком ускоренных электронов, излучаемых ускорителем, устанавливаемым на штуцере контактного охладителя.

Ввод пучка осуществляется вдоль оси штуцера, через выходное отверстие диаметром 1,0—1,5 мм.

В результате радиационно-химических реакций в газах образуется от 3 до 10 г/м³ солей аммония. Газы в цилиндрическом оросителе-уловителе через группу форсунок обрабатываются циркулирующим раствором, который из нижней части оросителя поступает в заглубленную емкость.

Реакторный блок в сборе с ускорителем размещается в изолированной бункерной части, обеспечивающей биологическую защиту. Раствор из емкости насосом перекачивается в емкость-накопитель. Для пусковых режимов и промывки оборудования предусмотрена линия отвода в ГЗУ. Для восполнения потерь воды в циркуляционном контуре предусматривается периодическая подпитка химочищенной водой в емкость-накопитель.

При достижении 40 % концентрации раствора солей в циркуляционном контуре часть раствора выводится из цикла в сборную емкость, откуда насосом подается на отгрузку.

Очищенные дымовые газы проходят через встроенный в установку каплеуловитель, где происходит сепарация вынесенной влаги, и дымососом подаются в газоотводящий тракт на сброс в дымовую трубу.

Для улавливания солей "сухим" способом предусматривается установка фильтра рукавного типа.

Дымовые газы с сухими аэрозолями подаются в рукавный фильтр с температурой на 20 °С выше температуры точки росы (за счет теплового воздействия электронного пучка).

Уловленные в рукавном фильтре соли через смывные аппараты циркулирующим раствором подаются в емкость-накопитель, откуда насосом — в сборную емкость и далее на отгрузку. Очищенные дымовые газы после рукавного фильтра поступают на вос дымососа и сбрасываются в основной газопровод.

В составе ОЭЛУ предусмотрено реагентное хозяйство, позволяющее осуществлять подачу на установку водных растворов мочевины и гидроксида калия. Обеспечение установки водным раствором аммиака производится от общестанционной системы. Для подачи в установку газообразного аммиака в составе ОЭЛУ предусмотрена аммиачная рампа.

Для надежной эксплуатации, пуска и останова ОЭЛУ, а также проведения научно-исследовательских работ и получения данных для технико-экономических показателей служит система КИПиА, обеспечивающая: контроль за технологическими параметрами; регулирование температур, концентраций солевых растворов, уровней в емкостях; сигнализацию оборудования и изменений заданных параметров.

Автоматизацией охвачены очистка газов, установка едкого калия и карбамида, установка аммиачной воды.

Для нейтрализации паров серной и азотной кислот, образующихся в технологическом процессе очистки отходящих газов от оксидов серы и азота электронно-лучевым методом, предусматривается установка подготовки и подачи реагентов.

В процессе исследований и отработки процесса в условиях промышленной эксплуатации намечается применение четырех видов реагентов: газообразного аммиака, водного раствора аммиака, мочевины и едкого калия.

Для приготовления и подачи аммиачной воды можно использовать отдельно стоящую установку.

Расчет радиационной защиты выполнен исходя из наиболее жестких норм мощности дозы облучения населения (категории В), составляющей 30 мкР/ч. Толщина бетонной защиты (плотность бетона 2,3 тс/м³) составляет 1 м в нижней части и 0,7 м — в верхней.

Электронно-лучевой метод позволяет производить одновременно очистку дымовых газов от оксидов серы и азота с эффективностью 95 и 85 % соответственно, что обеспечивает снижение содержания оксидов серы с 3,51 г/м³ до 176 мг/м³, оксидов азота — с 520 до 78 мг/м³.

Используемые при очистке реагенты подаются на установку в стехиометрическом соотношении и в полном объеме участвуют в реакции. Проскок аммиака с дымовыми газами допускается на уровне лучших мировых технологий — не более 5 мг/м³.

Электронно-лучевая очистка предусматривает безотходную технологию очистки с образованием растворов сульфатов и нитратов аммония, являющихся ценными минеральными удобрениями. Сточных вод и дополнительных продуктов в процессе улавливания не образуется.

Установка ускорителя обеспечивается биологической защитой, полностью исключающей возможность облучения.

ОЭЛУ оснащена средствами автоматизации, приборами КИП и блокировок, обеспечивающими нормальное ведение технологического процесса.

Залповые выбросы на установке исключены.

Литература

1. Валуев А. А., Каклюгин А. С., Норман Г. Э. и др. Физ.-хим. проблемы радиационно-плазмохимических методов очистки дымовых газов// Науч.-техн. сб. Радиационно-плазмохимические методы в экологии/ МРТИ, 1989.
2. Нечаев А. Ф. Радиационная технология и защита окружающей среды// Атомная энергия. 1991. Т. 70. Вып. 5. С. 355.
3. Игнатьев А. В., Кузнецов Д. Л., Месяц Г. А. и др. Очистка дымовых газов импульсными пучками электронов// Письма в ЖТФ. 1922. Т. 18. Вып. 22. С. 53.
4. Опытная установка электронно-лучевой очистки дымовых газов концентрированных пучком для Черепетской ГРЭС. Эскизный проект/ ЭНИИ, 1990.

ELECTRON BEAM PROCESSING OF COMBUSTION FLUE GASES

N. V. Tretjakova

The All-Russia Research Institute of Interbranch Information, Moscow, Russia

Characteristics of the first russian electron beam installation for cleaning combustion flue gases are presented in this article.