

«Научное обоснование экологически безопасного функционирования и развития тепловой энергетики и металлургии»

Полянский А.М., Полянский В.А., Богданов А.А., Петров М.И.
ООО «НПК Электронные и Пучковые Технологии» СПб, ст.Броневая,6, Россия, 198188,
тел. (812) 292 79 44, факс (812) 297 94 51, e-mail: info@electronbeamtech.com

В докладе обсуждается новый подход к очистке отходящих газов как к прибыльному высокотехнологичному процессу, создающему экологические и экономические условия для развития промышленности и энергетики России. Внедрение новой электронно-лучевой очистки, позволяет полностью утилизировать топливо и полезные ископаемые, получая в процессе очистки сельскохозяйственные удобрения. Проект является национальным по последствиям и межотраслевым. Он затрагивает интересы продовольственной безопасности, т.к. полностью обеспечивает планируемые потребности сельского хозяйства в удобрениях.

A new approach to waste gases treatment is described in the report. This treatment may be profitable and high effective. Such treatment is the necessary condition for energetic and industrial expansion. The application of electron-beam treatment of flue gases allow us to utilize fuel and mineral wastes. This project is inter-industrial. The treatment products fertilizers is guarantee of the food safety for Russia.

При сжигании топлива в котельных агрегатах ТЭС, при производстве цемента и при работе обогатительных фабрик и металлургических предприятий образуются окислы азота и серы. В верхних слоях атмосферы окислы конверсируются в азотную и серную кислоты и возвращаются в природу в виде кислотных дождей.

По опубликованным данным для стационарных загрязнителей общий объем выбросов окислов серы почти на порядок превышает выбросы окислов азота. Поэтому международными соглашениями ограничиваются, прежде всего, выбросы окислов серы. ПДВ для действующих металлургических агрегатов составляет 0,2 %, для угольных и мазутных котлоагрегатов от 0,16 % до 0,031 % в зависимости от мощности котлоагрегата.

Чтобы выполнить установленные нормативы по ПДВ, необходима газоочистка, эффективность которой превышает 95 % для металлургических агрегатов и 90 % для котельных агрегатов, работающих на угле, мазуте, торфе. Химические методы очистки удовлетворяют этим требованиям только в энергетике и являются высоко затратными. Из всех применяемых для очистки от окислов азота и серы технологий только электронно-лучевой процесс удовлетворяет установленным международным нормам ПДВ. Кроме того, электронно-лучевой процесс не создает вредных побочных воздействий в виде эмиссии CO_2 и теплового загрязнения атмосферы. Установки быстро и в широких пределах изменяют режим работы и могут использоваться в составе агрегатов-загрязнителей с переменным режимом работы. Конечный продукт газоочистки – сухие соли сульфата и нитрата аммония, являющиеся ценным удобрением для сельского хозяйства. Плотность солей составляет $1,8 \text{ г/см}^3$, они инертны, допускают открытое хранение и транспортировку железнодорожными платформами.

Что такое электронно-лучевой процесс?

Поток отходящих газов смешивается с аммиаком и облучается пучками электронов энергией от 0,2 до 2 МэВ в зависимости от расхода газа и содержания вредных примесей. Электроны осуществляют радиолитическое разложение основных компонент отходящих газов N_2 , O_2 , H_2O . Активные радикалы, продукты радиолитического разложения, доокисляют окислы азота и серы до кислот HNO_3 и H_2SO_4 , соответственно. Кислоты, взаимодействуя с аммиаком, образуют соли нитрата и сульфата аммония в виде белого кристаллического порошка, улавливаемого электрофильтрами. Схема расположения установки электронно-лучевой очистки на газомазутном котлоагрегате производительностью 420 т пара/час представлена на рис.1.

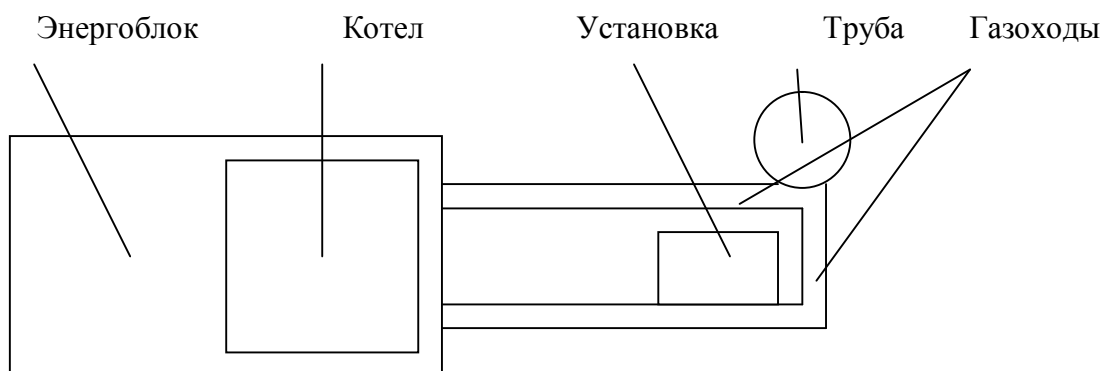


Рис.1. Схема расположения электронно-лучевой газоочистки на котле №6 ТЭЦ-15 «Ленэнерго».

Электронно-лучевой процесс предложен более 30 лет назад. Его высокая эффективность (до 90 %) показана на десятке опытно-промышленных установок. В Польше построена промышленная установка на угольном котлоагрегате с расходом газа 300 000 м³/час. Энергозатраты на очистку составляют 1-2% от мощности энергоблока против 10-15% затрат при химической очистке. Конечный продукт удовлетворяет требованиям ГОСТ 9097-82 и ГОСТ 2-85 и используется в качестве удобрений. Установка электронно-лучевой очистки устойчиво работает в составе маневренного агрегата. Капитальные затраты примерно в 2 раза ниже установок химической очистки.

Почему при столь высоких параметрах электронно-лучевой процесс не пришел на все ТЭС и другие производства?

На котлоагрегат средней мощности в 150 МВт требуется пучок электронов мощностью 1,5-3 МВт. Это не много по сравнению с общей мощностью котла, но промышленных ускорителей с единичной мощностью более 0,5 МВт нет. Экспериментальные ускорители большей мощности работают ненадежно и требуют частой профилактики. Отказы мощных ускорителей являются основной причиной неполадок в системах очистки и сдерживают их широкое внедрение.

Вместе с тем, нашими Российскими производителями освоен выпуск ускорителей мощностью 0,1 МВт с ресурсом работы 30 лет и сроком непрерывной работы до 7000 часов, что соизмеримо со сроком работы котельного агрегата. Чтобы использовать такие ускорители, нужно снизить удельные энергозатраты на получение солей аммония примерно на порядок. Теоретически, такая возможность есть, т.к. в верхних слоях атмосферы аналогичные процессы протекают при дозах, которые в 10⁴ раз ниже, чем дозы, полученные в экспериментальных установках.

Сравнение экспериментальных результатов, полученных на действующих установках в Польше и в Болгарии, показывает, что радиационная доза, необходимая для удаления одинакового количества SO₂ в Болгарии примерно в 40 раз ниже, чем в Польше. Доза, необходимая для удаления одинакового количества окислов азота, в Болгарии в 4 раза ниже, чем в Польше.

Мы исследовали радиационную и термохимическую стадии электронно-лучевого процесса очистки газов. Была разработана адекватная математическая модель процесса и создан демонстрационный стенд, позволяющий экспериментально проверить расчетные результаты.

Результаты расчета по пространственному распределению мощности дозы представлены на рис.2.

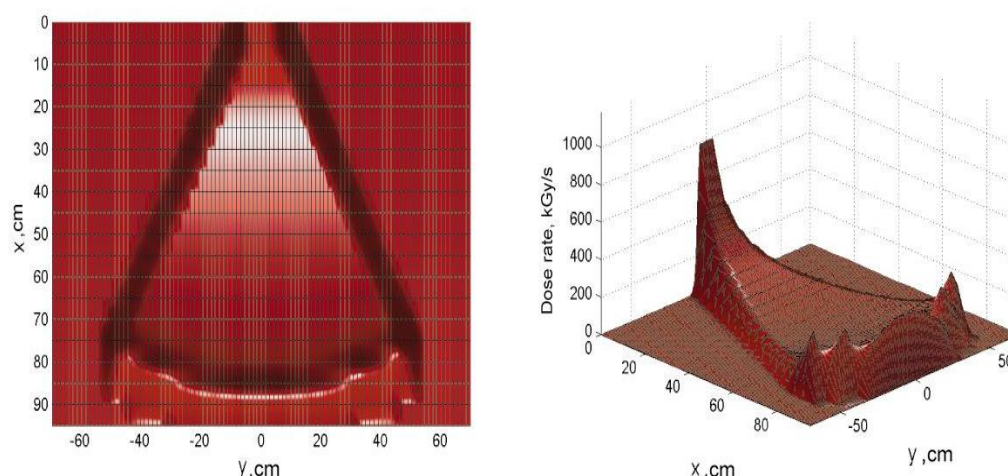


Рис.2. Распределение мощности дозы для пучка электронов с энергией 0,3 МэВ.

Полученные данные позволяют предложить рациональную конструкцию радиационного реактора, оптимальным образом использовать энергию ускоренных электронов.

Численное моделирование кинетики радиационно-химических реакций показывает, что при заданной температуре с ростом начальной концентрации SO_2 возрастает степень очистки. Установлено сильное влияние на процесс связывания SO_2 малых количеств двуокиси азота NO_2 , которая выполняет роль катализатора.

Обобщая результаты численного моделирования, можно утверждать, что для любого значения начальной концентрации SO_2 (вплоть до 60 %, цветная металлургия) можно подобрать условия протекания процесса радиационно-химического связывания SO_2 для достижения любой степени очистки, вплоть до $\approx 100\%$.

В экспериментах использовался демонстрационный стенд, являющийся прототипом промышленной установки для очистки газов с высоким (до 60 %) содержанием SO_2 . Развитие во времени процесса радиационно-химического связывания SO_2 исследовалось при помощи масс-спектрометра с анализом масс по времени пролета. Типичный график временных зависимостей основных компонентов газовой смеси представлен на рис. 3. Диапазон исследованных начальных концентраций SO_2 - (1 - 30)%. Максимальная степень очистки (выше 99,5 %) была получена для концентрации SO_2 в 30 %.

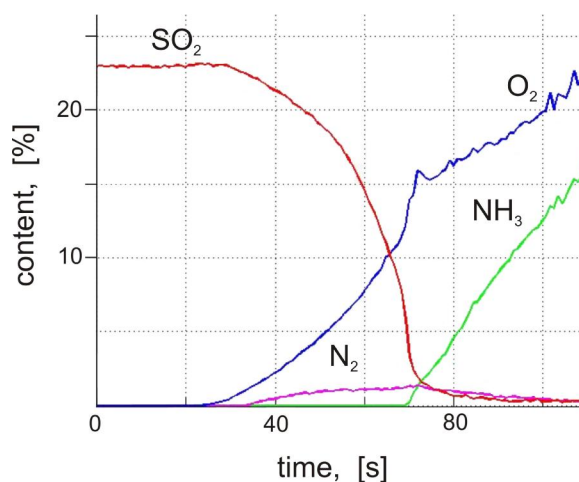


Рис.3. Динамика изменения состава реакционной смеси в процессе связывания оксида серы. Состав газовых компонент регистрировался масс-спектрометром ЛЮМАСС-50

Таким образом, расчетным путем и экспериментально показана возможность достижения высокой эффективности электронно-лучевой очистки отходящих газов производств энергетики, металлургии, цемента для экологически безопасного функционирования действующих и строительства новых производств.

Широкое распространение данного вида газоочистки снимает барьеры к использованию дешевых видов топлива угля, мазута, торфа по сравнению с газовым топливом. Особенно актуально применение электронно-лучевой очистки на металлургических предприятиях, где концентрация вредных примесей достигает десятков процентов. В «металлургических» районах земли отравлены, деревья не растут, а человек живет и работает, деться ему некуда – предприятие градообразующее.

Электронно-лучевую очистку можно рассматривать как новую высокотехнологичную отрасль промышленности по производству удобрений для сельского хозяйства. Проект является национальным по последствиям и межотраслевым. Он затрагивает интересы продовольственной безопасности, т.к. полностью обеспечивает планируемые потребности сельского хозяйства в удобрениях. Решаются вопросы экологически безопасного функционирования и развития предприятий энергетики, металлургии, строительных материалов, мусороперерабатывающих заводов, заводов по уничтожению БОВ, т.к. в них используются пиролитические процессы. Проект решает широкий круг социальных проблем: новые рабочие места, будут востребованы кадры высокой квалификации, оздоровление среды обитания человека, рекультивация земель, выведенных из оборота в течение 150 – летней истории развития промышленности в России, СССР и снова в России.