

Обработка электронными пучками Топочных газов

*Сообщение об использовании излучений
для защиты окружающей среды*

Витомир Маркович

Рост использования угля на электростанциях и в промышленности ставит острые проблемы по защите окружающей среды в связи с выбросами в атмосферу токсичных газов (диоксида серы — SO_2 и окись азота — NO_x). Немедленные и долгосрочные последствия в виде „кислотных дождей“ показывают, что эти проблемы имеют широкий географический масштаб и международный характер.

Национальные нормы и правила в отношении лимитов выброса газов становятся все строже в связи с ростом заботы о защите окружающей среды и требованием международной общественности уменьшить и ликвидировать разрушающее воздействие кислотных дождей. В некоторых странах делаются значительные капиталовложения в разработку новых видов технологии, позволяющей уменьшить загрязнение воздуха топочными газами.

Г-н Маркович — сотрудник Секции МАГАТЭ по промышленным видам применения излучений и химии Отдела физических и химических наук. Данный обзор основан на информации, полученной на совещании консультантов МАГАТЭ по теме „Обработка электронными пучками топочных газов“, состоявшемся в Карлсруэ, Федеративная Республика Германии, 27–29 октября 1986 г.

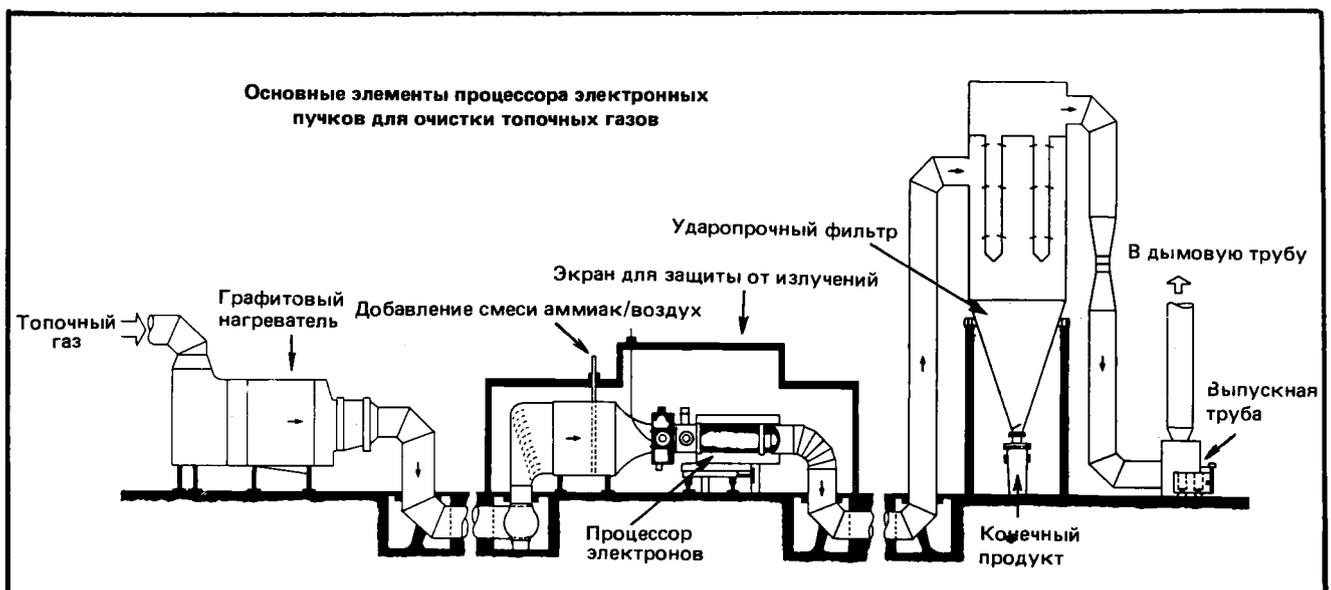
Одним из таких новых видов технологии является обработка электронными пучками (ЭП), которая позволяет:

- Улучшить качество воздуха и снять проблемы кислотных дождей, сократив выброс SO_2 и NO_x в одноэтапном процессе
- Преобразовать токсичные компоненты топочных газов в побочные продукты, имеющие коммерческую ценность в качестве сельскохозяйственного удобрения или кондиционера почвы

Эта технология надежна и проста в отношении установки, использования и управления, безопасна для эксплуатационного персонала и окружающей среды. Во время работы не возникает *никакой радиоактивности*, после выключения установки не бывает *никакого остаточного излучения*.

Обычное удаление SO_2 и NO_x

Обычный метод с помощью скрубберов позволяет эффективно удалять SO_2 из топочных газов. Но применяемые при этом процессы удаления SO_2 (сухой, полусухой или с использованием извести) дают побочные продукты, которые не име-





Данная опытная установка в Японии использует радиацию для обработки отработанных газов из сталеплавильной агломерационной печи Исследовательской ассоциации по уменьшению содержания и удалению NO_x в сталеплавильной промышленности

ют никакой коммерческой ценности и порождают к тому же проблемы захоронения отходов. Процесс с влажным известняком и форсированным окислением дает в качестве побочного продукта гипс, имеющий сбыт на рынке, правда, с неопределенными возможностями такого сбыта.

Удаление NO_x осуществляется отдельным процессом — селективным каталитическим восстановлением (СКВ) — с использованием аммиачного реагента в целях превращения окисей азота в атмосферный азот.

Пока еще не существует ни одного надежного химического метода для одновременного удаления SO_2 и NO_x в одноэтапном процессе.

Радиационная обработка топочных газов

Излучение высокой энергии ионизирует и возбуждает молекулы и атомы вещества, вызывая образование очень реактивных свободных радикалов, ионов и молекул в возбужденных состояниях. Они могут взаимодействовать либо между собой, с кислородом и водой, присутствующими в системе, либо с определенным химическим соединением, преднамеренно вводимым в систему. Получаются продукты, которые выпадают в осадок и могут быть собраны обычными средствами. Этот процесс был взят за основу для газового скруббера с использованием электронных пучков, впервые созданного японской фирмой „Эбара мэньюфакчеринг корпорейшн“. В 1970–1974 гг. он испытывался в лабораторных условиях, а в 1977–1978 гг. — на полупромышленном уровне, сначала периодически, а затем на постоянном реакторе. Полупромышленная установка производительностью $10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ азота была создана и испытана фирмой „Ниппон стил векс“ совместно с фирмой „Эбара“, Японским исследовательским

институтом атомной энергии (JAERI) и Такасайским исследовательским центром радиационной химии.

Затем при поддержке Министерства энергетики США фирма „Эбара“ разработала процесс с использованием электронных пучков для очистки топочных газов. Этот так называемый „Эбара-процесс“ основан на облучении топочных газов из котлов с угольным или углеводородным топливом в присутствии аммиака. В результате SO_2 и NO_x удаляются одновременно и с высокой и легкорегулируемой эффективностью, достигающей 100% для SO_2 и 85–90% для NO_x , а получаемые при этом побочные продукты (90% сернокислого аммония и нитрат) имеют коммерческую ценность и могут использоваться в качестве удобрения или почвенного кондиционера.

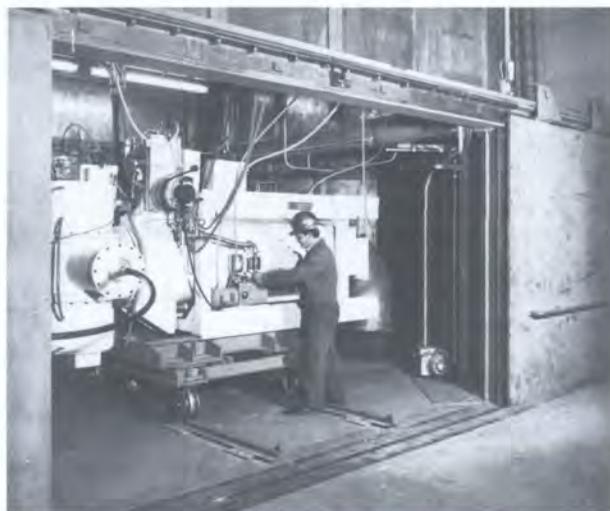
Этот процесс проходит испытания на крупной демонстрационной установке (PDU) фирмы „Индианаполис пауэ энд лайт компани“ в Индианаполисе, штат Индиана, США. Эксплуатация установки началась в 1985 г. Ее основная задача — показать техническую возможность применения данного процесса и оценить побочный продукт с точки зрения использования его в качестве сельскохозяйственного удобрения.

Другая демонстрационная установка испытывается в настоящее время фирмой „Баденверк АГ“ в Карлсруэ, Федеративная Республика Германии. Она начала работать в декабре 1985 г.

Наиболее важные результаты работы этих демонстрационных установок:

- Процесс с применением электронных пучков пригоден для очистки топочных газов
- Процесс может удалить свыше 90% SO_2 и до 90% NO_x из топочных газов, образующихся в результате сгорания углей с низким и высоким содержанием серы

Демонстрационный ускоритель электронов на предприятии фирмы „Баденверк АГ“ в Карлсруэ, ФРГ. Видна защищенная кабина. (Фото фирмы „Баденверк АГ“)



● Коммерческое оборудование для электронных пучков безопасно и весьма надежно в отношении защиты окружающей среды на электростанции

Демонстрационные установки испытывались при скоростях потоков топочных газов, соответствующих 3–5 МВт (эл.). Увеличение масштабов применения процесса в 10–20 раз представляется технически и экономически возможным.

Преимущества процесса с электронными пучками по сравнению с химическими процессами можно было бы сформулировать следующим образом:

- Одновременно удаляет SO_2 и NO_x с одним комплектом оборудования и одним реагентом
- Может отвечать самым строгим требованиям в отношении эффективности удаления
- Не оставляет никаких отходов, требующих захоронения
- Является сухим процессом (при низкой стоимости содержания)
- Не требует подогрева топочного газа
- Прост и безопасен в эксплуатации и ремонте

Наиболее значительные неудобства:

- Высокая стоимость аммиака, добавляемого в процесс и могущего оказаться недоступным для некоторых стран (особенно, если его приходится импортировать)
- Ограниченная возможность использования побочного продукта в качестве удобрения, особенно в районах с закисленной почвой

Для обработки топочных газов в качестве источников излучения применяются ускорители электронных пучков в диапазоне энергий 300–800 кВ. Более высокие уровни энергий для такого применения вряд ли потребуются, поскольку при энергиях менее 1000 кВ обеспечивается достаточно высокое проникновение электронов в газы. Опыт показывает также, что распределение и неоднородность доз не представляют собой серьезную проблему.

Основными проблемами, связанными с ускорителями ЭП и требующими принятия решения, являются надежность, эффективность преобразования энергии и наличие более мощных энергоустановок. Задача сегодня заключается в том, чтобы производимые ускорители ЭП отвечали требованиям промышленности в отношении эффективности и надежности их эксплуатации. Энергетические уровни производимых в настоящее время ускорителей находятся в диапазоне 300 кВ/300–500 кВт и 600–800 кВ/120–240 кВт. Это соответствует мультимодулярным конфигурациям для котлов малой и средней мощности (примерно до 100 МВт (эл.)). Увеличение масштабов потребует большого числа ускорителей или разработки установок очень большой мощности (1000 кВт и более).

Стоимостная эффективность процесса с ЭП

Всестороннее исследование, проведенное в США в 1983 г., позволило сделать вывод, что процесс с ЭП может вполне конкурировать с обычными скрубберами для десульфурации топочных газов. Критическими факторами являются стоимость аммиака и рыночная цена побочного продукта. Эти факторы существенно отличаются по странам. Однако при необходимости одновременного удаления SO_2 и NO_x процесс с ЭП в сочетании с обычными химическими процессами становится весьма конкурентоспособным.

Демонстрационные установки в США и Федеративной Республике Германии подтвердили экономическую жизнеспособность процесса и предоставили много данных для соответствующей оценки.



Загрязнение воздуха топочными газами —
„кислотный дождь“

Выбросы SO_2 и NO_x в атмосферу из котлов электростанций и промышленных установок, работающих на угле и нефти, давно признаны одним из основных источников загрязнения окружающей среды. В определенной зоне вредные последствия этих выбросов могут проявляться сразу в виде хронических респираторных заболеваний, сердечно-легочных осложнений и загрязнения окружающей среды. (Определено, что в США в результате загрязнения воздуха ежегодно умирают 10000 человек и около 25 миллионов обращаются к врачу по поводу респираторных заболеваний.)

Долговременным последствием в широком географическом масштабе является фотохимическая конверсия токсичных газов в атмосфере в серную и азотную кислоту, выпадающих на землю в виде кислотного дождя. Экологическое воздействие кислотного дождя проявляется в разрушении лесов, земной флоры и в подкислении озер. Исключительно серьезный вред нанесен лесам в США и Европе (типичные примеры можно найти в ФРГ, где уничтожены крупные лесные массивы в землях Северный Рейн/Вестфалия и Баден-Вюртемберг). Эта проблема не ограничивается индустриальным миром. То же самое наблюдается и в развивающихся странах, использующих для производства электроэнергии главным образом уголь. Кислотные дожди часто наблюдаются, например, в юго-западной части и на восточном побережье Китая. В Индии от загрязнения воздуха страдают многие крупные города и земельные участки.

Значение проблемы, не знающей границ, хорошо видно из данных по газовым выбросам. Одна электростанция мощностью 500 МВт потребляет 250–300 тонн угля в час. В зависимости от содержания серы, которое колеблется от 0,2 до 2 и даже до 10 %, выбросы SO_2 могут составить десятки тонн в час. Подсчитано, что только в США к 1990 г. энергетическими предприятиями и промышленными котлами будет ежегодно выбрасываться в атмосферу свыше 50 млн. тонн SO_2 и NO_x .

Регламентирование загрязнения окружающей среды и потенциальный рынок технологий по очистке топочных газов. Правила, устанавливающие допустимые уровни содержания SO_2 и NO_x в выбрасываемых газах, отличаются друг от друга в зависимости от страны. Наиболее строгие правила приняты Федеративной Республикой Германии, примеру которой следуют многие европейские страны. В соответствии с законодательными положениями ФРГ к середине 1988 г. должны быть модифицированы системы

контроля SO_2 (при эффективности удаления 85 %) на всех котлах мощностью свыше 110 МВт (эл.). Уже действуют или создаются свыше 100 установок. Еще одна категория котлов мощностью 35–110 МВт (эл.) должна быть приведена в соответствие с правилами к 1993 г. К этой категории только в ФРГ относятся около 370 котлов.

Очень строгие лимиты по NO_x были установлены в стране в 1984 г. В результате несколько сотен установок должны быть модифицированы за период 1988–1990 гг.

Серьезные правила относительно удаления SO_2 и NO_x были приняты или предложены в Австрии, Швейцарии, Италии, Нидерландах, Дании, Финляндии, Швеции и Европейским экономическим сообществом, что можно рассматривать как усилия по уменьшению загрязнения воздуха в масштабах континента.

Введенные в США правила в отношении SO_2 в большей мере касаются новых источников, чем уже существующих, в то время как лимиты на NO_x установлены с таким расчетом, чтобы они могли контролироваться на котле. Индия и Китай также ввели правила, требующие установок соответствующих систем по удалению SO_2 и NO_x .

Действующие правила и тенденции создают колоссальный рынок для технологий, способных контролировать концентрации токсичных компонентов выбрасываемых газов.

Рост заинтересованности в радиационной технологии. Для государств-членов МАГАТЭ все более привлекательным становится применение радиационной технологии для борьбы с загрязнением окружающей среды станциями, работающими на угле и нефти. Некоторые страны запросили у МАГАТЭ информацию о положении дел с разработкой и применением такой технологии. В связи с этим была создана группа экспертов для оценки статуса радиационной технологии и составления рекомендаций по тем мерам, которые должно принять Агентство в целях содействия ее развитию и передачи государствам-членам. Такое совещание консультантов по обработке электронными пучками топочных газов прошло в Карлсруэ, ФРГ, 27–29 октября 1986 г. В его работе приняли участие 55 специалистов из 13 государств-членов. Предполагается, что Агентство опубликует представленные на этом совещании доклады. Разработанные на совещании рекомендации Агентству касаются мер по содействию распространению информации, передаче технологии и дальнейшей поддержке соответствующих исследований и разработок.