

ОТЗЫВ

Пешнева Бориса Владимировича, официального оппонента по диссертации Халида Хамеда Эльшейха Эльхага «**Снижение вредных выбросов, включая парниковые газы, при кислородном сжигании твердого топлива в циркулирующем кипящем слое**», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Работа Халида Хамеда Эльшейха Эльхага посвящена разработке метода оценки состава отходящих газов, образующихся в энергетических котлах с циркулирующим кипящим слоем при сжигании твёрдого топлива, с целью снижения выбросов в атмосферу оксидов углерода, азота и серы.

Актуальность проблемы

В настоящее время твёрдое топливо занимает заметное место в топливно-энергетическом балансе человечества и оказывает заметное антропогенное влияние на атмосферу. Для его снижения принимаются многочисленные резолюции, заключаются конвенции, нацеленные на снижение этой нагрузки, предполагающие замену в энергетических установках угля и мазута газом, восстановление лесов, переход на альтернативные источники энергии: ветровую, геотермальную, солнечную энергетику. Но, несмотря на многочисленные усилия исследователей, работающих в этих областях, можно прогнозировать, что твёрдое топливо сохранит свои позиции, как одного из основных энергоносителей, ещё длительное время. Среди проблем, связанных с использованием твёрдых топлив, особо следует указать на выбросы в атмосферу не только оксидов углерода, но также и оксидов азота, серы, образующихся при сжигании этих топлив. В этой связи **актуальность диссертационной работы** Халида Хамеда Эльшейха Эльхага, ориентированной на снижение вредных выбросов, образующихся при сжигании твердого топлива, **не вызывает сомнений**.

Научная новизна

Научная новизна исследования заключается в получении новых знаний о сжигании топлив в установках с циркулирующим кипящим слоем, кислородным дутьём и рециркуляцией дымовых газов, а именно:

- о влиянии параметров процесса на образование и подавление выбросов двуокиси и закиси азота;
- о влиянии биомассы на выбросы оксидов азота и серы;
- о влиянии подачи известняка или оксида кальция в топку и параметров проведения процесса на связывание серы.

Практическая значимость

Практическая значимость исследования заключается в:

- разработке метода оценки вредных выбросов оксидов азота и серы при проектировании топочных устройств котлов с ЦКС при сжигании в среде кислорода с рециркуляцией CO_2 ;
- рекомендациях по минимизации выбросов оксидов азота и серы в условиях сжигания в среде кислорода с рециркуляцией CO_2 в установках с циркулирующим кипящим слоем.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается применением апробированных методов исследования, удовлетворительной воспроизводимостью результатов, удовлетворительным согласованием результатов расчётов с экспериментальными данными, а также выполненной оценкой погрешностей, непротиворечием полученных результатов современным представлениям о процессах образования и подавления выбросов оксидов азота и серы в установках с циркулирующим кипящим слоем.

Характеристика работы

Диссертация изложена на 118 стр. машинописного текста, состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка цитируемой литературы и двух приложений. Диссертация содержит 43 рисунка и 11 таблиц, список литературы включает 86 наименований.

Во введении автором отражена актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи исследования, указаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Здесь же дана характеристика методологии и методам исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, отражён личный вклад автора и приведена информация о апробации и публикации полученных результатов.

Первая глава диссертации посвящена обзору научно-технической литературы и постановке задач исследования.

Автором рассмотрены вопросы образования оксидов азота и серы в процессе сжигания твёрдых топлив, влияния на эти процессы температуры, состава и организации подвода дутья, возможность улавливания или снижения этих выбросов в атмосферу.

В главе приведено много интересной, важной информации о влиянии природы топлива (содержании в нём азота, серы, его зольности), температуры процесса, состава дутья и конструкции аппаратов на конверсию азота и серы топлива в оксиды и их дальнейшие преобразования. В этой же главе дана характеристика программного комплекса ANSYS-CHEMKIN, использованного автором в работе, проведено сопоставление результатов расчётов и натурального эксперимента, продемонстрирована возможность использования данного комплекса для моделирования процессов сжигания твёрдого топлива.

К сожалению, при написании этого раздела, автор ограничился только констатацией информации, содержащейся в том или ином источнике, но не проводил её критического анализа, представляя сделать это читателю. В результате случается так, что автор иногда противоречит сам себе.

Например, на стр. 14 он пишет, что переход «...с воздушного сжигания на кислородное... тормозит образование NO_x и облегчает восстановление NO до N_2 », а на стр. 23 указывает - «образование NO_x увеличивается при увеличении избытка кислорода».

Другой пример такого некритичного отношения к литературным данным можно найти на стр. 25. Ссылаясь на первоисточник, автор пишет, что «...сульфат кальция в форме расплава образует корку на поверхности оксида кальция...». Если принять во внимание, что относят это к температуре ~ 850 °С, а температура плавления сульфата кальция 1450 °С, то образование расплава маловероятно.

Подобных противоречий можно было бы избежать при критическом отношении к литературным источникам, или, по крайней мере, надо было прокомментировать их.

Вместе с тем необходимо отметить, что при написании обзора литературы использовались источники, 2/3 которых опубликованы за последние 10 лет, а содержащаяся в них информация отражает современные, противоречивые представления об образовании оксидов серы и азота в процессе сжигания твёрдых топлив.

Эта информация и помогла автору сформулировать цели и задачи исследований.

Во второй главе рассмотрены вопросы выбора условий для минимизации выбросов в атмосферу газов, образующихся при сжигании твёрдых топлив.

В связи с тем, что наибольшее количество оксидов, образующихся в процессе горения, приходится на долю CO_2 , именно его вклад оказывает основное влияние на возникновение парникового эффекта, этому газу и уделено основное внимание.

Автор рассматривает несколько вариантов улавливания CO_2 : до производства энергии, после производства энергии, использование кислородного дутья (с компрессией диоксида углерода и направлением его на хранение). При этом он справедливо отмечает, что последний вариант позволяет также снизить выбросы в атмосферу оксидов азота и серы.

Среди перспективных технологий сжигания твёрдого топлива автор выделяет технологию сжигания в кипящем слое, позволяющую комбинировать твёрдое топливо с биомассой, повысить КПД котла, эффективно улавливать образующиеся оксиды.

В этой же главе рассмотрены вопросы совместного сжигания твёрдого топлива и биомассы. Использование подобных смесей позволяет не только снизить концентрацию оксидов азота и серы в отходящих газах, но и уменьшить количество образующегося CO_2 .

В разделе этой главы, посвящён технико-экономическому анализу, отмечено, что технология концентрирования кислорода хорошо отработана, при этом использование кислородного дутья позволяет снизить затраты на улавливание диоксида углерода.

Фактически эта глава является продолжением обзора литературы, в которой рассмотрены технологические аспекты проблемы.

Третья глава. В главе рассмотрены принципы подхода к математическому моделированию химико-технологических задач. Представлена принципиальная блок-схема, показывающая стратегию моделирования, приведена схема программы расчёта содержания оксидов азота и серы в продуктах горения, базирующаяся на результатах лабораторного эксперимента, приведены характеристики использованных при моделировании образцов.

Автором представлены экспериментальные и расчётные данные о концентрации оксидов азота в отходящих газах, образующихся при сжигании твёрдого топлива и биомассы. Показано, что расхождение результатов не превышает 10 %, при этом расчётные значения превышают экспериментальные. Продемонстрировано, что применение кислородного дутья позволяет заметно понизить концентрацию оксидов азота в отходящих газах. Эти результаты согласуются с данными других исследовательских групп.

В результате выполненных расчётов установлено, что повышение температуры слоя горящего топлива (при совместном сжигании угля и биомассы) приводит к повышению содержания оксидов азота в продуктах горения. К этому же приводит и увеличение концентрации кислорода в дутье.

Моделируя ситуацию с частичной рециркуляцией дымовых газов (до 60 %), автор показал, что такой подход позволяет понизить концентрацию оксидов азота в отходящих газах. Этого также можно добиться, организовав ступенчатый подвод кислородного дутья (с пониженной концентрацией кислорода).

Аналогичные результаты получены другими исследователями с другими видами сырья, что свидетельствует об адекватности предложенной автором модели.

В этой же главе приведены результаты расчётов моделирования процесса образования оксидов серы и их улавливания известняком. Показано, что использование смесового топлива (угля и биомассы), позволяет снизить концентрацию оксидов серы в дымовых газах.

В четвёртой главе представлен анализ полученных результатов и их оптимизация. Автором систематизированы полученные им результаты о влиянии смесового топлива, циркуляции дымовых газов, организации подвода дутья на содержание в отходящих газах оксидов азота и серы.

Выводы обоснованы и отражают основные результаты и положения диссертационной работы.

Автореферат и публикации по теме диссертации (статьи, тезисы докладов на международных конференциях) в полной мере отражают основные положения и содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертации

1. Искусственное увеличение количества глав в диссертации. Главы 1 и 2 вполне можно было объединить в одну, разбив материал на два раздела.
2. Из полученных автором результатов (рис. 32-34) следует, что повышение температуры приводит к снижению концентрации оксидов серы. Это противоречит логике и хотелось бы получить разъяснения по этому поводу.
3. Существенное снижение серы в отходящих газах совместного сжигания биомассы и угля автор объясняет каталитическим влиянием золы биомассы. Учитывал ли он, что в биомассе содержание серы значительно ниже чем в угле, соответственно при их совместном сжигании уменьшается содержание серы в топочной зоне и, как следствие, в отходящих газах? Результаты таких расчётов не представлены.
4. Рассматривая результаты совместного сжигания угля и биомассы, автор утверждает, что оптимальным является их соотношение 4/1. Что при большем содержании биомассы выбросы оксидов азота в атмосферу возрастут из-за азота, содержащегося в биомассе. Между тем, из рассмотренных автором образцов, только в рисовой шелухе содержание азота было выше чем в угле, только в этом случае можно ожидать увеличения выбросов оксидов азота. Насколько универсален вывод, сделанный автором?
5. Автор постулирует каталитическое действие элементов, содержащихся в золе биомассы на снижение выбросов оксидов азота и серы. О каких именно элементах идёт речь? Ведь только у рисовой шелухи зольность выше чем у угля. Что такое есть в биомассе и отсутствует в угле, что позволяет снижать выбросы азота и серы?
6. Тезис автора о том, что «с экономической точки зрения совместное сжигание выгодно, если рядом с электростанцией достаточно источников недорогой биомассы» (стр. 90) - дискуссионный. Теплота сгорания биомассы (как и её смесей с твёрдым топливом) ниже теплоты сгорания угля (табл. 8, стр. 59) и для получения такого же количества тепла понадобится сжигать больший объём смесевоего топлива.

Заключение

Общее содержание диссертации Халида Хамеда Эльшейха Эльхага, уровень выполнения её разделов и полученные результаты позволяют считать, что является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям, установленным п. 9-14 «Положения

о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, в редакции постановления Правительства РФ от 30 июля 2014 года № 723, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. В ней, на основании выполненных автором исследований, предложен метод оценки состава отходящих газов, образующихся при сжигании твёрдого топлива в энергетических установках, что позволяет ещё на стадии их проектирования подбирать необходимое очистное оборудование.

Содержание диссертационной работы и автореферата соответствует паспорту специальности 05.17.07 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ в части п.12 «Экологические аспекты переработки топлив. Разработка технических и технологических средств и способов защиты окружающей среды от вредных выбросов производств по переработке топлив».

Считаю, что автор диссертации **ХАЛИД ХАМЕД ЭЛЬШЕЙХ ЭЛЬХАГ** заслуживает присуждения **УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК** по специальности 05.17.07 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Официальный оппонент

и.о. зав. кафедрой технологии нефтехимического синтеза

и искусственного жидкого топлива им. Башкирова А.Н.

ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет»

Доктор технических наук по специальности 02.00.13 – нефтехимия, доцент

Пешнев Борис Влади

119435, г. Москва, улица Малая Пироговская, д. 1, стр. 5.

телефон: +7(495)246-0555 доб.479

E-mail peshnev@mitht.ru

Подпись Пешнева Б.В. заверяю

Первый проректор ФГБОУ ВО

«МИРЭА - Российский технологический уни



Прокопов Н.И.