

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Зайцева Александра Сергеевича “Конверсия отходов углеобогащения, бурых углей и торфа в синтез-газ под действием сфокусированного светового излучения”, представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Диссертация посвящена установлению основных закономерностей процессов аллотермической газификации высокочастотных ископаемых твердых топлив под действием сфокусированного потока видимого света. В настоящее время не существует эффективных методов газификации таких низкокалорийных и низкосортных ископаемых топлив как отходы угледобывающей отрасли, бурый уголь, торф и горючие сланцы. В диссертации создан инновационный задел для реализации технологии газификации с целью получения синтез-газа из твердого ископаемого сырья с относительно невысоким содержанием углерода под действием мощного светового потока.

Во введении изложена постановка проблемы и цель работы, представлены такие обязательные аспекты как актуальность, научная новизна, практическая значимость, положения, выносимые на защиту, апробация работы.

В первой главе даётся описание развития в мире технологий использования ископаемых органических топлив. На основании известных литературных источников приведены основные физико-химические свойства каменных углей различных марок и особенности их использования в энергетике и металлургии. Особое место в главе отводится комплексной переработке углей с использованием технологий газификации в автотермическом режиме. Вместе с тем, делается вывод о необходимости совершенствования таких технологий с использованием аллотермических процессов, основанных на возобновляющихся источниках тепла, при переработке низкосортных топлив (торф и бурый уголь) и отходов углеобогащения (фильтр-кеки, шламы).

Во второй главе приведены характеристики исходных топлив (филтрук каменного угля, бурый уголь, торф), с которыми проводились исследования по газификации. Описаны все этапы методики приготовления образцов топлива: измельчение, сушка и увлажнение, взвешивание. Дано описание элементов и характеристик экспериментального стенда, созданного для исследования химического состава синтез-газа, и особенности его работы. Обоснована верификация результатов исследований с определением процедуры осреднения и определения доверительных интервалов. С целью измерения скорости конверсии топлива проведена модификация стенда с применением аналитических весов, позволяющая с большой точностью проводить измерения изменения массы образца под действием потока излучения в режиме реального времени. Температура поверхности образца топлива в процессе газификации определялась с помощью тепловизора Testo-885-2 с точностью 8-10%. Для тестирования тепловизора применялись термодатчики измерения температуры. Исследование микровзрыва топливной композиции при воздействии мощного лазерного импульса осуществлялось на стенде, оснащённом высокоскоростной видеокамерой, с использованием метода PTV (Particle Tracking Velocimetry), что позволило детально изучить процессы массопереноса.

Третья глава объединяет результаты исследований процесса конверсии отходов углеобогащения под действием лазерного излучения различной длительности и интенсивности. Найдены пороговое значение интенсивности лазерного излучения и влажности образца топлива, при которых не образуется диоксид углерода в измеримом с помощью газоанализатора количестве. Приведены зависимости концентраций компонентов синтез-газа, включая вредные примеси (диоксид серы и монооксид азота) от влажности топливной смеси и интенсивности лазерного излучения. Оценены затраты энергии на газификацию водо-угольной смеси. Газификация смеси с использованием импульсного лазерного излучения оказалась менее эффективной по сравнению с постоянным потоком излучения.

Результаты исследования конверсии торфа и бурого угля непрерывным лазерным излучением представлены в четвертой главе. Газификация таких

ископаемых топлив запускается при значительно меньших интенсивностях светового потока и меньшей влажности топливной смеси, чем при газификации угольного фильтр-кека. Также газовая конверсия низкосортных ископаемых топлив в большей степени сопряжена с процессом горения и полным окислением углерода. По результатам исследования делается вывод о недостаточной эффективности производства синтез-газа из низкосортных ископаемых топлив под действием сфокусированного светового потока.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационного исследования.

Актуальность. Рост потребления энергии и сокращение запасов высокоэнергетического угля, нефти и газа обуславливают необходимость поиска новых технологий получения газообразных синтетических топлив из низкокалорийного твердого углеводородного сырья. Актуальность диссертации обусловлена отсутствием эффективных и экологически безопасных технологий газификации отходов углеобогащения, торфа и бурого угля с использованием возобновляемых источников энергии, в том числе сфокусированного светового излучения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Диссертантом проведен аналитический обзор структуры мирового энергопотребления и представлен обзор физико-химических свойств различных видов органических топлив. Проанализированы современные методы и технологии переработки угля и отходов углеобогащения. Список цитируемой литературы содержит 143 наименования. Для выполнения поставленных задач диссертации был создан экспериментальный стенд и предложен оригинальный метод газификации твердых углеродсодержащих смесей под действием сфокусированного светового излучения. В работе использованы современные апробированные методы исследования состава продуктов газификации, динамического измерения температуры топливной смеси и процессов массопереноса в реакторе. Сочетание разнообразных методик и комплексность исследования подтверждает достоверность полученных результатов, рекомендаций и выводов диссертации. Автор достаточно корректно использует известные

научные методы обоснования полученных экспериментальных данных, выводов и рекомендаций.

Оценка новизны, практической значимости и достоверности.

Достоинством и новизной диссертационной работы является установление основных закономерностей газификации твердых ископаемых топлив под действием сфокусированного светового потока. Определены параметры процесса аллотермической газификации, при которых происходит неполное окисление углерода с образованием оксида углерода (II), а также достигаются минимальные концентрации вредных примесей в производимом синтез-газе. Наибольшая эффективность газификации с получением нужных параметров синтез-газа достигается с применением отходов углеобогащения в виде фильтр-кеков по сравнению с бурым углем и торфом. Оценены удельные затраты энергии необходимые для газификации топлива внешним световым потоком. Существенной новизной и практической значимостью обладают полученные автором данные по влиянию интенсивности потока излучения и влажности топливной смеси на концентрацию основных компонентов синтез-газа. Полученные в диссертации результаты по газификации твердых ископаемых углеводородных топлив под действием сфокусированного светового излучения в лабораторном реакторе-газификаторе могут представлять интерес при создании эффективной технологии получения синтетического газообразного топлива.

Достоверность полученных результатов подтверждается:

- использованием высокоточных средств измерения и регистрации процессов тепло- и массообмена;
- адекватной оценкой систематических и случайных погрешностей измерений и проведением серий экспериментов с удовлетворительной повторяемостью результатов;
- соответствием результатов термометрических и пирометрических методов измерения температуры топлива под воздействием светового излучения.

Основные положения диссертации нашли отражение в 16 публикациях, из них 2 в журналах, рекомендованных ВАК для кандидатских диссертаций,

6 публикаций в журналах, входящих в базы Web of Science и Scopus, 8 в материалах международных и всероссийских конференций.

Замечания по диссертационной работе в целом:

1. Анализируя на стр. 48 элементный состав трех видов топлива, автор делает вывод о том, что синтез-газ, получаемый из торфа, будет иметь минимальное содержание оксидов серы. Однако в экспериментах получен прямо противоположный результат – содержание оксидов серы в синтетическом газе, полученном из торфа, в 2-3 раза выше, чем при газификации бурого угля (рис. 4.4) и примерно равно для отходов обогащения каменного угля (рис. 3.6).

2. В рассматриваемой в диссертации схеме реакций (3.2)-(3.12) пропущена реакция $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$. Следует отметить, что CO_2 является самым массовым компонентом синтез-газа при газификации торфа и бурого угля (стр. 101).

3. Некорректным представляется сравнение образования диоксида углерода при газификации угля и в процессе энергетического сжигания угля (стр. 74). В последнем случае требуется именно полнота окисления углерода.

4. Стилистическая ошибка: стр. 37, 2 абзац, 3 предложение.

Отмеченные недостатки не влияют на главные результаты диссертации.

Заключение. Диссертация является завершенным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены научные результаты, позволяющие её квалифицировать как разработку научно-обоснованных экспериментальных решений, которые могут быть использованы при создании технологии газификации твердых ископаемых топлив под действием сфокусированного светового излучения. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для понимания механизма газификации твердых углеводородных топлив, включая отходы углеобогащения, в реакторах-газификаторах. Выводы работы базируются на достаточном числе экспериментальных результатов.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа соответствует п.п. 8-12 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, утвержденного приказом ректора ТПУ 93/од от 06.12.2018 г. (dis.tpu.ru), а её автор, Зайцев Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Официальный оппонент
профессор кафедры математической физики
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский
государственный университет»
доктор физико-математических наук (01.04.17 – Химическая физика, горение
и взрыв, физика экстремальных состояний вещества),
доцент

15 июля 2020

/Прокофьев Вадим Геннадьевич/
e-mail: pvg@ftf.tsu.ru

Подпись В.Г. Прокофьева удостоверяю
Ученый секретарь ТГУ

Н.А. Сазонтова

Почтовый адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Телефон: +7(3822)-529-665
e-mail: science@mail.tsu.ru
www-страница: <http://www.tsu.ru>