

Графики показывают, что теплота и влажность имеют прямую зависимость от зольности сухой массы, а выход летучих имеет обратную зависимость от зольности сухой массы, причем зависимость теплоэнергетических характеристик от зольности в Китае и в России имеют одинаковый тип функции.

Таким образом, сотрудничество по торговле углем фактически можно реализовать, что будет иметь хорошие перспективы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Матвеева И.И., Новицкий Н.В., Вдовченко В.С. Энергетическое топливо СССР Справочник - М: Энергия, 1979-128 с, ил.

Научный руководитель: А.С. Заворин, д.т.н., профессор каф. ПГС и ПГУ ЭНИН ТПУ.

ГАЗИФИКАЦИЯ ВОДОУГОЛЬНЫХ ТОПЛИВНЫХ СМЕСЕЙ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ, ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.С. Зайцев, П.П. Ткаченко, М.В. Белоногов
Томский политехнический университет
ЭНИН

Введение

Глобальный рост энергопотребления человечества в последние десятилетия требует широкого использования нетрадиционных, ранее не используемых, топлив [1, 2]. Различные горючие биомассы, отходы нефте- и углепереработки, низкокалорийные горючие полезные ископаемые, ранее не использовавшиеся в топливном цикле, стали предметом пристальных исследований в поисках оптимальных методов их использования [3, 4]. Такой подход позволяет, с одной стороны, расширить топливную базу энергетики, а с другой, дает возможность утилизировать огромные количества отходов, накопленных за последние десятилетия.

В то же время, многие нетрадиционные топлива обладают совокупностью физико-химических свойств, которые делают неудобным их непосредственное сжигание. Приготовление топливных композиций, в которых свойства одних компонентов компенсируют слабые стороны других, позволяет обойти многие сложности, но этот подход также имеет свои ограничения [4].

Принципиально иной подход к утилизации отходов углепереработки реализован при использовании различных технологий газификации органических топлив [5]. Нагрев выше температуры пиролиза позволяет с высокой эффективностью превратить практически любые органические композиции в смесь горючих газов (CO , H_2 , CH_4 и др.). Продукты газификации (сингаз [5]) могут быть использованы в традиционных камерах сгорания промышленных нагревателей

с минимумом модификаций. Однако, абсолютное большинство известных эффективных методик газификации углей [5, 6] требуют сооружения крупногабаритных установок, работающих при температурах 800-1000°C и высоких давлениях (до 20 атм), что зачастую неприемлемо по соображениям взрывопожаробезопасности.

В данной работе мы предлагаем, использовать лазерное излучение для адресной доставки тепловой энергии к порции топлива, в результате чего, может быть реализована его газификация при низких (до 100°C в случае импульсного излучения) температурах в зоне конверсии и при атмосферном давлении. Одним из преимуществ данного метода в отличие от традиционной газификации (процессы Фишера-Тропша, Лурги и т.п. [5]) является минимальное количество (или полное отсутствие) CO₂ в составе сингаза. Основным предметом исследования является поиск оптимальных условий лазерной газификации, и их влияние на эффективность конверсии топлива в сингаз, а также на состав сингаза.

Газификация водоугольных суспензий и сухих отходов углепереработки.

Исследования процессов газификации углеводородных топлив традиционно проводятся в кипящем слое, когда присутствие воды позволяет скорректировать природное соотношение водорода и углерода в исходном топливе в сторону выравнивания. С другой стороны, в случае лазерной газификации присутствие воды резко снижает паразитный выброс частиц вещества, возникающий при взаимодействии мощных лазерных импульсов с поверхностью топлива. Результаты наших экспериментов свидетельствуют, что применение импульсной накачки энергии имеет смысл при работе именно с водоугольными суспензиями. В случае сухих отходов углепереработки имеет смысл использовать лазеры с непрерывным режимом генерации. Для газификации водоугольной суспензии использовались лазерные источники с длиной волны 533 нм. В частности, импульсный лазер генерировал импульсы длительностью в 10 нс с частотой в 3 Гц.

На Рис. 1а показана типичная зависимость состава сингаза, полученного при газификации капли водной суспензии фильтр-кека каменного угля марки Г (300 мг, 40% вес. воды) от плотности энергии лазерных импульсов.

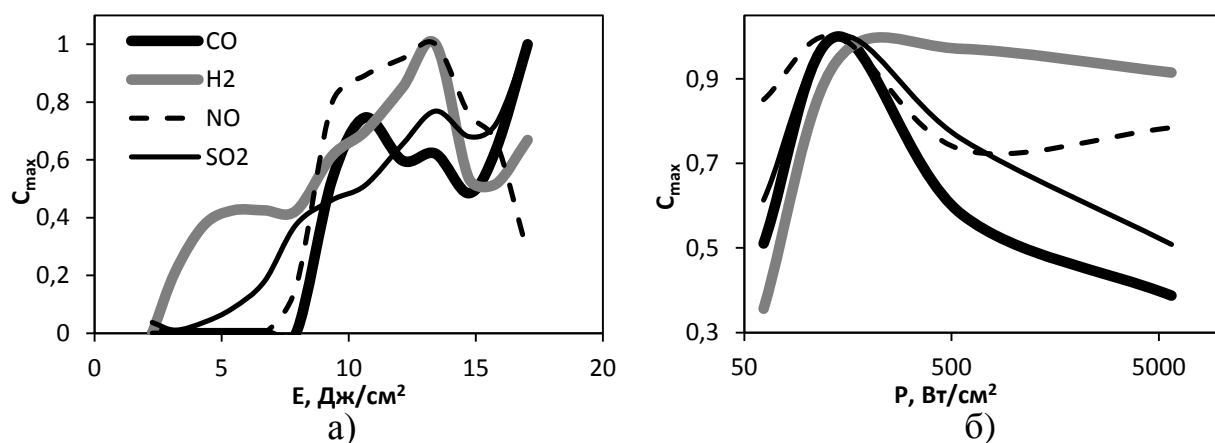


Рис. 1. Зависимость концентраций основных компонентов сингаза от интенсивности лазерного излучения в импульсном (а) и непрерывном (б) режимах генерации.

Табл. 2. Нормировочные факторы для зависимостей Рис. 1.

Режим генерации / топливо	CO, ppm	H ₂ , ppm	NO _x , ppm	SO ₂ , ppm	CO ₂ , ppm
Импульс. / фильтр-кек + вода	5657	928	16	447	-
Непрер. / фильтр-кек + вода	4936	273	10	26	-
Непрер. / сухой фильтр-кек	30521	713	17	120	6172

На Рис. 1б показана зависимость типичного состава сингаза, полученного при газификации аналогичной капли суспензии от интенсивности излучения непрерывного лазера. На Рис. 2 показаны результаты анализа состава сингаза для случая газификации порции порошка сухого фильтр-кека (300 мг) непрерывным лазерным излучением.

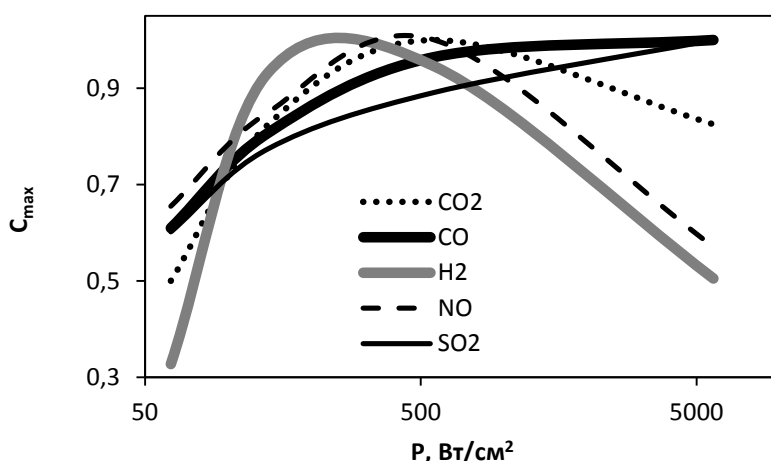


Рис. 2. Зависимость концентраций основных компонентов сингаза от интенсивности лазерного излучения в непрерывном режиме генерации при газификации сухого фильтр-кека. Концентрации газов нормированы. Нормировочные факторы указаны в Таблице 1.

Из рисунков и таблицы видно, что импульсный режим работы лазера позволяет получить сингаз с относительно низкой концентрацией горючих компонентов. Однако, он позволяет реализовать холодный (до 100°C) процесс газификации. В случае применения непрерывного лазера, температура в пятне фо-

кусировки может достигать 600-800°C, однако средняя температура порции топлива не превышает 300°C после двух минут облучения.

Из полученных результатов можно сделать выводы об оптимальных режимах энергетической накачки, позволяющих максимизировать выход горючих газов (CO, H₂) при минимуме вредных выбросов (SO₂, NO). При импульсном излучении, плотность энергии должна превышать 14 Дж/см², когда достигаются существенные концентрации CO при снижении концентраций оксидов азота. Аналогично, при использовании непрерывного лазера для газификации угольной суспензии интенсивность излучения не должна превышать 500 Вт/см². При газификации же сухого фильтр-кека желательно иметь интенсивности лазерного излучения порядка нескольких киловатт на квадратный сантиметр.

Очевидно, что для эффективной газификации нужно воздействовать на порцию топлива сотнями импульсов. Серия наших экспериментов показала, что поглощение ста импульсов ($E_{\text{имп}} \sim 100-120$ мДж) типично приводит к испарению 5-6% массы образца. Применение непрерывных лазеров также требует длительного воздействия излучения на топливо (порядка десятков секунд).

Таким образом, для практического применения выглядит логичным использовать многопроходные схемы, когда поток капель топлива последовательно пролетает сквозь «решетку» из нескольких десятков параллельных лазерных пучков, а не испаренные остатки могут быть повторно запущены в газификатор. На современном техническом уровне такие конструкции могут быть реализованы на основе массива достаточно дешевых лазерных диодов большой мощности.

Заключение

Выполненные исследования демонстрируют достаточно высокую эффективность предложенного метода газификации горючих промышленных отходов. Применение лазерных источников для адресной доставки тепла в зону конверсии углеводородов позволяет существенно снизить среднюю температуру топлива (менее, чем 100°C, в случае использования импульсного лазера) и, следовательно, рабочую температуру в камере газификационного реактора. С другой стороны, повышение производительности процесса газификации требует использования существенных мощностей лазерных источников (до сотен ватт в непрерывном режиме), что непременно скажется на рабочих температурах в сторону роста.

Использование непрерывных лазеров позволяет без каких-либо усилий получать сингаз с концентрацией CO до 3-5% (с небольшой примесью водорода и метана). Использование многопучковых схем потенциально позволяеткратно повысить концентрацию CO в составе сингаза без сильного усложнения конструкции газогенератора.

Исследование выполнено в рамках программы стратегического развития НИ ТПУ (проект ВИУ-ЭНИИ-97/2017).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года <https://minenergo.gov.ru/node/1913>
2. A. Bosmans and L. Helsen, Energy from waste: review of thermochemical technologies for refuse derived fuel (RDF) treatment // Proc. Venice 2010, Third Int. Sympos. on Energy from Biomass and Waste - 2010.
3. Глушков Д.О., Стрижак П.А., Чернецкий М.Ю. // Теплоэнергетика. - 2016 - №10, с. 31-41.
4. Вершинина К.Ю., Глушков Д.О., Стрижак П.А. // Химия твердого топлива. – 2017 – №3, с. 63-69.
5. D.B. Anthon, J.B. Howard, Coal devolatilization and hydrogasification // AIChE J. – 1976 – 22 (4), с. 625-656.
6. Платэ Н.А., Сливинский Е.В. Основы химии и технологии мономеров. - М. Наука, 2002 – 696 с.
7. R.I. Egorov, P.A. Strizhak, The light-induced gasification of waste-derived fuel // Fuel – 2017 – 197, с. 28-30.

Научный руководитель: П.А. Стрижак, д. ф.-м.н., зав. каф. АТП ЭНИН ТПУ.

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОДАВЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ

А.А. Курганов

Томский политехнический университет
ЭНИН, ПГС и ПГУ, группа А6-44

Актуальность проблемы состоит в необходимости уменьшения выбросов оксидов азота при сжигании твердого топлива в энергетических котлах из-за отрицательного воздействия вредных веществ на окружающую человека среду. Защита окружающей среды от вредных выбросов - острая проблема, особенно в районах концентрации промышленных предприятий, имеющих значительные отходы токсичных веществ. Без решения проблемы резкого снижения эмиссии вредных веществ невозможно решить задачу дальнейшего роста энергетического потенциала регионов.

Для решения проблемы выбросов оксида азота могут быть использованы некоторые технологические методы сжигания угольной пыли. С целью устранения недостатков общепринятых систем подачи угольной пыли имеет место внедрение системы подачи пыли высокой концентрации под разряжением (ПВКР)[1]. В данной системе транспорт пыли производится за счет разряжения, создаваемого паровым эжектором, установленным непосредственно в горелочных устройствах. Основными элементами системы являются смесители пыли, пылепровод и эжектор. Пар для эжекторов отбирается от промежуточного коллектора пароперегревателя индивидуально для каждого котла и подводится к