

## ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КОНВЕРСИЯ ТОПЛИВНЫХ СМЕСЕЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Белоногов М.В.

Научный руководитель - научный сотрудник Р.И. Егоров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время применение топливных смесей растительного происхождения становятся все более популярным трендом из-за растущих цен на традиционные энергоносители [1, 2]. С другой стороны, внедрение различных горючих биомасс в промышленный топливный цикл позволяет получить возобновляемые источники топлива растительного происхождения, чья экологичность существенно превосходит традиционные топлива [3]. Приготовление топливных смесей различных типов (суспензии, эмульсии, брикетированные порошковые смеси) на основе низкосортных топлив и растительных масел позволяет получать топлива с достаточно высокой теплотворной способностью [4]. Однако, их промышленное использование требует детального исследования протекающих процессов и разработки оптимальных способов максимально эффективного извлечения тепловой энергии [5].

Газификация органических топлив [6] позволяет превратить исходное топливо в смесь горючих газов ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и др.), которые могут применяться как в виде топлива, в топках, спроектированных под газовое питание, так и в качестве сырья для различных химических производств. Получаемый, в ходе конверсии топлива растительного происхождения, синтез-газ имеет достаточно высокую теплотворную способность. Варьирование соотношения компонентов топлива позволяет подстраивать химический состав исходной смеси под доступный режим нагрева в ходе газификации [7].

В данной работе рассмотрен способ конверсии растительного топлива в синтез-газ с использованием сфокусированного некогерентного света (например, солнечного излучения). Предложенный метод делает возможным производство горючей газовой смеси с достаточно высокой концентрацией горючих компонентов ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{CH}_4$ ).

Для исследования особенностей газификации отходов под действием светового потока был сконструирован стенд, позволяющий варьировать интенсивность излучения в диапазоне от 300 до 1000 Вт/см<sup>2</sup>. В качестве источника излучения использовалась лампа накаливания. Схема установки представлена на Рис. 1.

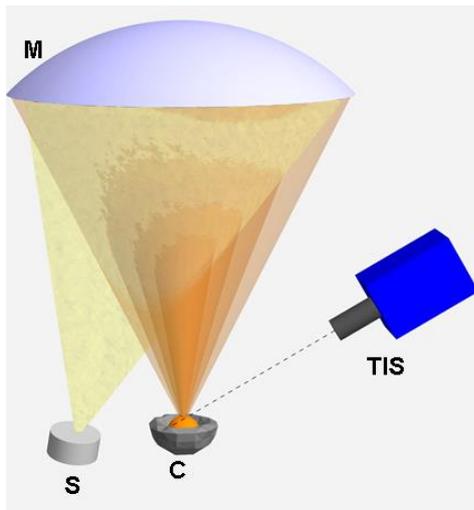


Рис. 1 Схема экспериментального стенда. На схеме показаны тепловизор (TIS), параболическое зеркало (M), поток излучения (S), камера реактора с топливом (C)

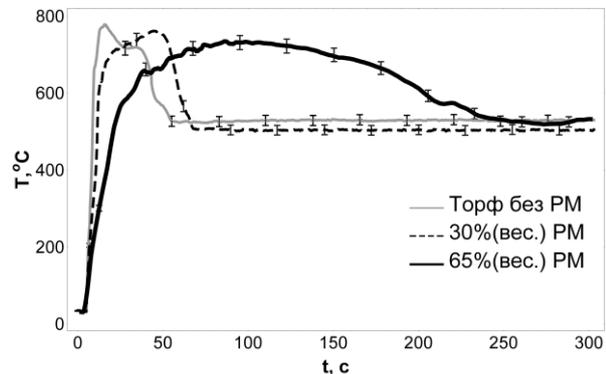


Рис. 2. Изменение температуры смеси топлива со временем в процессе газификации топливной смеси на основе торфа и рапсового масла (до 65 мас. %) под действием сфокусированного света

Температура поверхности топлива контролировалась тепловизором Testo-885-2 в ходе предварительного эксперимента. Состав синтез-газа контролировался газоанализатором Тест-1 (калиброванным по компонентам  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ), изменение масс отслеживалось аналитическими весами ViBRA AF 225 DRCE. Данный стенд позволяет оценить эффективность конверсии топливных смесей при различных параметрах светового потока.

Для проведения экспериментов использовалась смесь на основе торфа и рапсового масла в различных массовых соотношениях. Было показано, что в отличие от газификации чистого торфа, добавление рапсового масла приводит к резкому изменению температурного режима в зоне нагрева. Типичные температуры слоя топлива в ходе конверсии под действием теплового потока с интенсивностью порядка 800 Вт/см<sup>2</sup> показаны на Рис. 2. Участок высокотемпературной конверсии растягивался по времени при некотором снижении пиковой температуры. Исчезновение четкого температурного пика (серая кривая) показывает, что характерные вспышки горения торфа при начале нагрева замещаются длительным процессом медленного окисления топливной смеси.

Мониторинг состава продуктов газификации приводит к резкому падению количества  $\text{CO}_2$  и соответствующему росту, теплотворной способности генераторного газа. Максимум отношения горючих и

## СЕКЦИЯ 12. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ. ПОДСЕКЦИЯ 2 – ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

негорючих компонентов газа наблюдался для топливной смеси с содержанием рапсового масла ~65-67 вес.%. При этом общая производительность газогенерации падала до 80-85% от наблюдаемого для чистого торфа.

Можно сделать заключение, что режимы газификации смеси топлива на основе торфа и рапсового масла в различных соотношениях принципиально отличаются от того, что наблюдается при конверсии чистого торфа. Основными эффектами добавления рапсового масла в состав смеси служат повышение средней температуры газификации и резкий рост концентрации горючих компонентов генераторного газа при заданной интенсивности нагрева от внешнего источника. С учетом того, что рапсовое масло является полностью возобновляемым компонентом топлива, применение смеси, где его содержание составляет порядка 2/3, является оправданным с экологической и экономической точки зрения.

С учетом того, что рапсовое масло является очень неудобным топливом для непосредственного сжигания (практически не зажигается при атмосферном давлении даже при температурах порядка 1000 °С), то предложенный подход выглядит особенно привлекательным способом его промышленного использования. Торф, в данном случае, выступает в качестве свето-поглощающего наполнителя, чье медленное окисление поддерживает температуру в зоне конверсии на 250 °С выше той, что обеспечивается сторонним нагревом.

Применение некогерентных источников света для энергетической накачки процесса газификации топлив позволяет существенно повысить его производительность за счет возможности получать тепловые потоки, невозможные при традиционных методах нагрева (горением топлива даже при кислородном дутье или электронагрев). Выполненные исследования демонстрируют, что предложенный метод газификации смесей топлив позволяет производить синтез-газ с достаточно высокой теплотворной способностью при атмосферном давлении. Использование сфокусированного потока солнечного излучения позволяет без особых затруднений достигать условий, необходимых для запуска термохимической конверсии. При этом изменение интенсивности входящего теплового потока, варьирований концентрации рапсового масла в составе топливной смеси являются достаточно удобными параметрами для регулирования протекания процесса газификации смесей топлива растительного происхождения. Применение свето-индуцированной газификации с использованием солнечного света является дешевым и удобным путем газификации смесей углеводородов с производством горючего газа.

### Литература

1. BP Statistical Review of World Energy. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.bp.com>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Egorov R.I., Zaitsev A.S., Taburchinov R.I. Efficiency of different heat exchange mechanisms for ignition of coal-water compositions // Energy and Fuels. – 2019. – V. 33. – P. 7830-7834.
3. Zaitsev, A.S., Egorov, R.I., Salgansky, E.A, Activation of the fuels with low reactivity using the high-power laser pulses // Energies, 2018 V. 11, P. 48-53
4. Kumar, A. A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste // Waste Management. – 2017. – V. 69. P. 407 – 422.
5. Tabasová, A., Kropáča, J., Kermes V. Waste-to-energy technologies: Impact on environment // Energy. – 2012. – V. 44. – P. 146-15.
6. Алешина, А. С. Сергеев В.В. Газификация твёрдого топлива: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 202 с.
7. Zaitsev A.S., Egorov R.I., Strizhak P.A. Light-induced gasification of the coal-processing waste: Possible products and regimes // Fuel. – 2017. – V. 212. – P. 347-352.

## КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ С ДЕПРЕССОРНО-ДИСПЕРГИРУЮЩЕЙ ПРИСАДКОЙ

**Бердникова А.А., Францина Е.В.**

Научный руководитель - научный сотрудник Е.В. Францина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В настоящее время, в связи с обширным использованием дизельных двигателей в автотракторной технике в дизельное топливо вовлекаются тяжелые нефтяные фракции, для повышения температуры конца кипения [5]. С каждым годом, возрастает потребность в извлечении нефти, содержащей большое количество н-парафинов [4]. В процессах подготовки и переработки нефти тугоплавкие парафиновые углеводороды оказываются в составе производимых топлив [5]. Применение таких дизельных топлив затруднено, поскольку при низких температурах подвижность таких топлив уменьшается, температуры застывания возрастают, и необходимо дополнительно применять системы топливоподачи [4].

Для того, чтобы улучшать низкотемпературные свойства дизельного топлива необходимо снижать содержание тугоплавких парафинов [1]. Различные группы н-парафинов имеют различное влияние на низкотемпературные свойства дизельных топлив. Необходимо учитывать их количество, распределение по молекулярным массам, соотношение с изопарафинами и низкомолекулярными парафинами. Содержание цепочек парафина с количеством углеводородных атомов в цепи до C<sub>11</sub>, указывает на наличие легкокипящих фракций в составе дизельном топливе и при снижении температуры топлива, такие лёгкие фракции будут приводить к кристаллизации парафинов при температуре, выше температуры помутнения. Содержание числа углеродных атомов в цепи парафинов от C<sub>11</sub> до C<sub>17</sub> при добавлении депрессорно-диспергирующей присадки, будет способствовать понижению предельной температуры фильтруемости. Парафины, с длиной цепи C<sub>18</sub> и выше являются тугоплавкими