

АСУ ТП УСТАНОВКИ ПИРОЛИЗА КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОПЛИВ

Белоногов М.В., Дорохов В.В.

Научный руководитель доцент Д.О. Глушков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день в мировой энергетике доля энергии, генерируемой при использовании угля превышает 27 %. С каждым годом наблюдается значительный прирост угледобычи, на данный момент которая составляет более 7.5 млрд т в год [5]. Значительными потребителями угля, как правило, являются электростанции, на которые приходится около 5.2 млрд т в год добываемого угля. Все это объясняется тем, что существующие устаревшие технологии ресурсоемки, что, как следствие, приводит к значительно высокому уровню потребления энергоресурсов, а также к загрязнению окружающей среды [2]. В связи с негативным прогнозом истощения энергетических ресурсов появляется необходимость их эффективного использования путем совершенствования технологий, а также диверсификации переработки сырья [3].

Основными методами термического преобразования для производства энергии, как правило, являются сжигание, газификация и пиролиз. Прямое сжигание является устаревшей технологией, в отличие от пиролиза и газификации [6]. При этом существуют альтернативные варианты сжигания угля, одним из которых является замещение ископаемого топлива композиционными жидкими топливами. Данные топлива представляют собой предварительно взвешенную смесь твердых частиц и воды [1]. Твердыми топливными компонентами, как правило, выступают угли различных марок, угольные шламы и фильтр-кек. Помимо отходов углеобогащения в состав композиционных топлив могут входить различные виды биомассы; твердые коммунальные отходы и различные жидкие добавки (отработанные технические и бытовые масла) [4].

В представляемом исследовании рассмотрены особенности процесса конверсии композиционных топлив и рапсового масла, приготовленной с различными соотношениями компонентов. Основные решаемые задачи представлены на слайде.

Для исследования особенностей пиролиза композиционных топлив был сконструирован специальный стенд. Он выполнен в форме металлической коробки, из нержавеющей стали. Для нагрева камеры использовались 4 керамических нагревателя с ни хромовым нагревательным элементом. Блок управления позволял регулировать мощность каждого нагревателя в диапазоне 100-1000 Вт. Схема установки представлена на рис. 1.

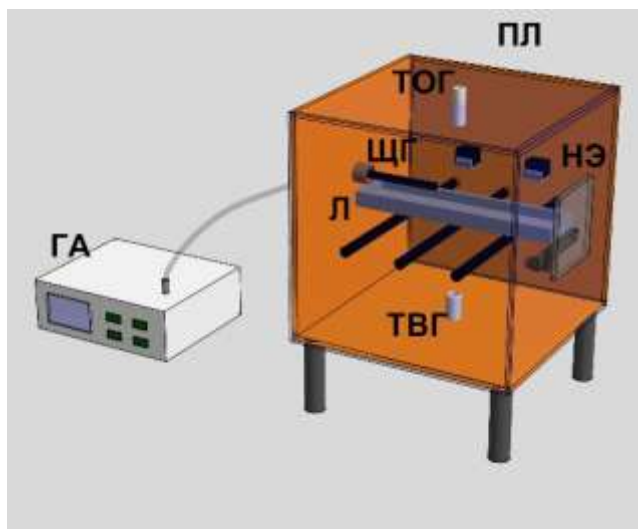


Рис. 1. Схема экспериментального стенда. На схеме показаны газоанализатор (ГА), печь пиролиза (ПЛ), щуп газоанализатора (ШГ), лоток с топливом (Л), нагревательный элемент (НЭ), трубка ввода (ТОГ) и отбора газа (ТВГ).

Для проведения экспериментов использовались 2 типа композиционных топлив. Первое топливо приготавливалось на основе измельченного бурого угля с добавлением отработанного турбинного масла. Соотношение твердого и жидкого компонента составляло 70х30. Второе топливо приготавливалось на основе опилок и бурого угля с добавлением отработанного турбинного масла. Соотношение компонентов составило 40 х 40 х 20.

Перед нагревом газификатор продували азотом для создания инертной среды. Топливо из отходов вводили в печь для пиролиза, предварительно нагретый до 600 °С, на металлической пластине. Температура внутри автоматически регулировалась по показаниям встроенной термопары типа К (диапазон температур 0–1100 °С, точность  $\pm 3$  °С, инерция не более 3 с). Время нахождения топлива в подогреваемом газификаторе определяли по показаниям прецизионного газоанализатора в режиме реального времени, характеризующим суммарный выход летучих компонентов биомассы или топлив из отходов. В тракте подачи синтез-газа к газоанализатору имелся фильтр в комплекте с устройством для сбора конденсата, предназначенным для очистки и осушки образующегося синтез-газа. Состав синтез-газа контролировался газоанализатором Тест-1 (по компонентам CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>). Типичный состав синтез-газа представлен на рисунке 2.

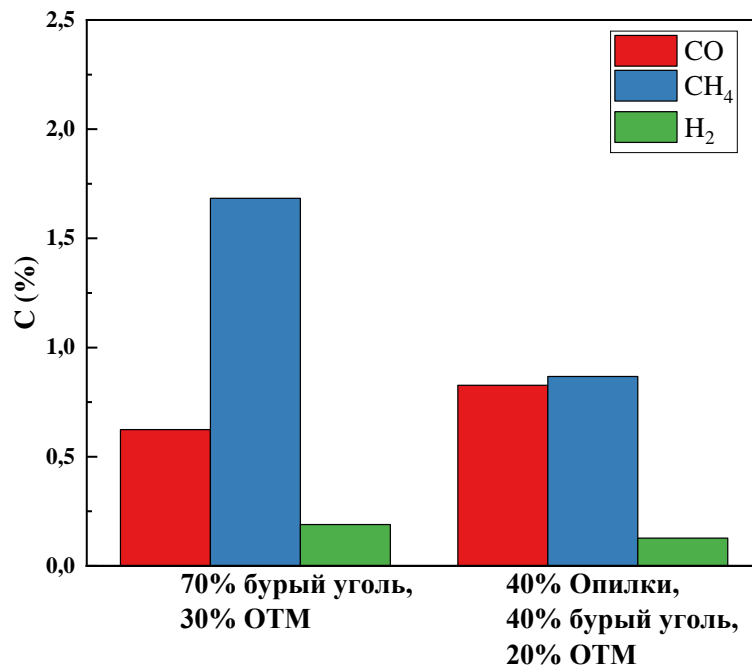
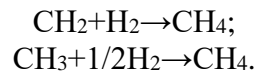


Рис. 2. Содержание горючих компонентов в составе синтез газа при равенстве масс

При выполнении экспериментальных исследований производилась оценка влияния массы навески топлива на химический состав получившегося синтез-газа. Для этого производилась оценка состава газовой смеси при условиях равенства масс, теплоты сгорания и летучих веществ. При пиролизе топлива с отработанным турбинным маслом основным компонентом синтез-газа является метан (рис. 2). Образование CO происходит в основном за счет реакций прямого окисления углерода, который находится в химическом составе бурого угля.  $C_nH_{2n+2}$  образуются преимущественно в результате пиролитического разложения. Образование метана в основном происходит при разложении жирных кислот на алканы, основным компонентом которых является  $CH_4$ . Синтез метана протекает по следующей реакции в присутствии свободных водородных радикалов:



Интенсивное образование углеводородов при термическом разложении отработанных масел является следствием высокого содержания в их составе алифатических соединений.

На основе экспериментальных данных были разработаны рекомендации для АСУ ТП пиролиза композиционных топлив. Наиболее удобным параметром для управления процесса получения синтез-газа является регулировка расхода топлива. Вместе с подбором соотношения исходных топлив в составе композиционного, этот параметр позволяет гибко управлять как составом синтез-газа, так и общей производительностью процесса газогенерации.

#### Литература

1. Egorov R. I., Strizhak P. A. The light-induced gasification of waste-derived fuel //Fuel. – 2017. – Т. 197. – С. 28-30.
2. Fernández-Gonzalez J. M. et al. Economic and environmental review of Waste-to-Energy systems for municipal solid waste management in medium and small municipalities //Waste Management. – 2017. – Т. 67. – С. 360-374.
3. Krishnan R. Y. et al. Advanced thermochemical conversion of algal biomass to liquid and gaseous biofuels: a comprehensive review of recent advances //Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2022. – Т. 52. – С. 102211.
4. Mohamed U. et al. Evaluation of life cycle energy, economy and CO<sub>2</sub> emissions for biomass chemical looping gasification to power generation //Renewable Energy. – 2021. – Т. 176. – С. 366-387.
5. Tchaptal A. H., Pisupati S. V. A review of thermal co-conversion of coal and biomass/waste // Energies. – 2014. – Т. 7. – №. 3. – С. 1098-1148.
6. Xiang Y. et al. Study on the effect of gasification agents on the integrated system of biomass gasification combined cycle and oxy-fuel combustion //Energy. – 2020. – Т. 206. – С. 118131.