

# ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПУТЕМ ГАЗИФИКАЦИИ НИЗКОСОРТНОГО ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

А.В. Губин  
Лицей при ТПУ

Проект направлен на решение актуальнейшей мировой проблемы повышения экологичности и ресурсоэффективности технологий производства энергии при современном топливном балансе (росте доли потребления твердых топлив).

Цели работы:

- отработка рецептуры приготовления водоугольного топлива (ВУТ) на основе отходов угольной промышленности и низкосортного бурого угля;
- экспериментальное исследование процесса газификации и получаемого состава синтез-газа, с помощью современного научно-аналитического оборудования при различной скорости нагрева ВУТ;
- разработка схемы использования синтез-газа, получаемого из низкосортного твердого топлива;

## АКТУАЛЬНОСТЬ ЗАДАЧИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Удовлетворение возрастающих энергопотребностей человечества на современном этапе возможно лишь с использованием разных видов энергоисточников (ядерная энергетика, традиционная углеродная энергетика, возобновляемые источники энергии).

На сегодняшний день преобладающее число энергетических предприятий в качестве исходного производственного сырья применяют органические и синтетические топлива [1]. Согласно существующей тенденции развития традиционной энергетики [2], ведущая роль в топливно-энергетическом балансе отдается углю [3].

В свою очередь рост потребления угля приводит к ухудшению экологии - значительными выбросами оксидов азота, углерода, серы и золы [4], [5]. При переработке угля образуются отходы, также представляющие опасность для окружающей среды. К настоящему времени в мире накоплено более 1 млрд. тонн. Одним из современных решений является получение синтез-газа путем газификации ВУТ и его дальнейшее использования в энергоустановках [6]. Перевод низкосортного угля и отходов в ВУТ для получения синтез-газа позволит улучшить экологическую обстановку и повысить экономический эффект.

ВУТ - композиционное жидкое топливо, содержащее смесь угольной пыли и воды с добавками поверхностно-активных веществ или без таковых [7].

Основные достоинства ВУТ - снижение эксплуатационных затрат на 20-30% [8], уменьшение себестоимости вырабатываемой тепловой энергии в 1,3 – 4 раза. Используемая нами активация ВУТ позволяет уменьшить выбросы в атмосферу оксидов серы (на 20%), оксидов азота (на 30%).

Однако, газификация имеет до конца не решенные проблемы, связанные с механизмом процесса [8], от которого зависит качество получаемого газа и его эффективное сжигание. Это вызывает необходимость получения новых методов приготовления ВУТ, фундаментальных исследований ВУТ на научно-аналитическом оборудовании, чему и посвящен мой проект. На основе изученного опыта [9], [10] предложена усовершенствованная технологическая схема использования получаемого синтез-газа для энергоснабжения автономных объектов.

#### ОПИСАНИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Экспериментальные исследования ВУТ проводились с помощью метода синхронного термического анализа на оборудовании типа Netzsch STA 449 F3 и приставки в виде квадрупольного масс-спектрометра QMS 403 D Aeolos для анализа выделяющегося синтез-газа.

В качестве исходных образцов были использованы шламы каменных углей марок К и СС Кузбасских обогатительных фабрик и бурый уголь марки 2Б месторождений Красноярского края. Согласно элементному составу образцов, определенному с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6000 выявлено, что наибольшим значением теплотворной способности обладают как раз угольные шламы марок. Это прежде всего связано с большим содержанием углерода в химическом составе исходного топлива.

С помощью лазерного анализатора размера частиц Analysette 22 был проведен гранулометрический анализ, показавший, что преобладающий (90%) размер составляет 100-140 мкм. Такая тонкость помола свидетельствует о том, что приготовление ВУТ из данного вида образцов не потребует существенных временных и энергетических затрат.

Для каждого вида угля были приготовлены пробы ВУТ с помощью валковой мельницы, керамического барабана и мелющих тел того же материала цилиндрической формы. После загрузки, барабан ставился на валки с последующей выдержкой помола в течение двух часов, что обеспечило качественное смешение и осуществление дополнительного размола твердой части.

#### АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основными компонентами получаемого синтез-газа являются CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, а так же пары воды, примеси оксидов серы, азота, сероводород.

В результате экспериментов с различными температурами нагрева в процессе газификации ВУТ, были получены составы синтез-газа, позволяющие сделать вывод о том, что с увеличением скорости нагрева снижается выход CO<sub>2</sub>, что благоприятно сказывается на теплоте сгорания синтез-газа. При увеличении интенсивности нагрева образцов углей наблюдается снижение концентрации H<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>, но при этом увеличивается концентрация CO. Это вызвано более высокой скоростью реакции окисления CH<sub>4</sub> и H<sub>2</sub> с выделяющейся влагой и кислородом углей в процессе их нагрева [10]. Количественный состав синтез-газа при увеличении скорости нагрева имеет линейный характер изменения содержания компонентов. По количественному составу синтез-газа расчетным путем определена теплота сгорания [11]. Установлено, что скорость нагрева

образцов существенно влияет на состав получаемого синтез-газа и его теплоту сгорания.

Полученные значения теплотворных способностей позволяют сделать вывод о том, что исследуемые ВУТ, могут быть использованы в энергоустановках малой мощности. При этом полученный синтез-газ из отходов угольной промышленности имеет более высокие показатели качества по теплотворной способности и химическим свойствам нежели низкосортный бурый уголь марки, что дает дополнительную привлекательность к утилизации данного вида отходов с экономической и экологической стороны с использованием предлагаемой технологической схемы. Полученные при исследованиях зависимости позволят настроить оптимальный энергоэффективный и экологичный режим газификации при различных видах исходного твердого топлива.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гаврилов В.П. Состояние ресурсной базы нефтедобычи в России и перспективы ее наращивания // Геология нефти и газа, 2012, №5. – С. 30-38.
2. Филиппов С.П. и др. Газификация угля в энергетике: современное состояние и тренды: Аналитический обзор // Фонд «Энергия без границ», 2012. – С. – 39-42.
3. Дубинин А.М., Маврин С.П. Трансформация углей в электрическую и тепловую энергию // Теплоэнергетика. 2014. № 7. С. 30.
4. Воробьев Б.М. Уголь или газ - энергетическая альтернатива XXI века // Вестник Российской академии наук, 2011, Том 11. №1. – С. 65-69.
5. Чуханов З.В. Некоторые проблемы топлива и энергетики // М. АН СССР. 1961.
6. Архипов В.А., Сидор А.М., Сурков В.Г. Исследование физико-химических и энергетических характеристик органоводоугольных топлив // «Технічнатефлофізика та промисловатефлоенергетика». Випуск 5, 2013
7. Пинчук В.А., Шарабура Т.А., Шевченко Г.Л. Исследование и разработка режимов газификации водоугольного топлива // Современная наука, 2010, №3 (5).
8. Долинский А.А., Халатов А.А. Водоугольное топливо: перспективы использования в теплоэнергетике и жилищно-коммунальном секторе // Пром. Теплотехн., 2007, т. 29, №5.
9. Higman C. Gasification / Higman C. – Amsterdam: Elsevier, 2003. – 391 с.
10. Технологии «Shell» для газификации угля. Альтернативные топлива, энергетика [Электронный ресурс] // [http://newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=6429](http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=6429)

11.ГОСТ 31369-2008 Вычисление теплоты сгорания, плотности, отн. плотности и числа Воббе на основе компонентного состава // Москва, Стандартиформ 2009.

Научный руководитель: К.Б. Ларионов, ассистент каф. АТЭС ЭНИН ТПУ.

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ПРИНЦИПА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ МОЩНОСТИ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЯХ**

Р. Яруллов  
Лицей при ТПУ

В настоящее время почти все электростанции и подстанции России работают в составе энергообъединений. Основу любого энергообъединения составляют мощные электростанции (тепловые, атомные станции, гидроэлектростанции), связанные между собою воздушными линиями напряжением 500 или 750 кВ. Параллельная работа электростанций позволяет уменьшить себестоимость производства электрической энергии и повысить надежность электроснабжения.

С другой стороны, при объединении большого количества электростанций энергосистема становится более сложной, передаваемые по линиям мощности растут, увеличивается вероятность развития крупных системных аварий. В Америке такие системные аварии получили название «Black-Out». Системной называют аварию, которая приводит к вынужденной остановке части или всех электростанций энергообъединения. Известны случаи, когда системная авария начиналась с перегрузки нескольких линий.

В данной работе рассмотрена одна из возможных причин перегрузки линий электропередачи и разработано устройство, для демонстрации известного принципа регулирования потоков мощностей в разветвленных сетях.

Современные разветвленные электрические сети могут иметь в своем составе замкнутые кольцевые структуры. Один из возможных примеров такой структуры представлен на рис. 1.