

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

А.В. Губин

*Научные руководители: Ларионов К.Б., ассистент каф. АТЭС ЭНИИ ТПУ;
Казанцева Л.Х., преподаватель физики МБОУ Лицей при ТПУ г.Томска*

Введение

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 традиционные виды органических и синтетических топлив [1]. Согласно существующей тенденции развития традиционной энергетике [2], ведущая роль в топливно-энергетическом балансе отдается углю [3].

Поскольку запасы угольного топлива многократно превышают суммарные запасы нефти и газа, в ближайшей перспективе данный вид традиционного топлива рассматривается как ведущий источник электрической и тепловой энергии.

В свою очередь рост потребления угольного топлива приводит к ухудшению экологической ситуации, особенно в тех регионах, где расположены угледобывающие и углеперерабатывающие предприятия [4]. Это связано с тем, что прямое сжигание угля сопровождается значительными выбросами оксидов азота, углерода, серы и золы [5]. В связи с этим, в ведущих странах мира активно ведутся работы по совершенствованию технологий использования угольного топлива, с целью обеспечить повышение экологической и экономической составляющей, а также организовать надежную и безопасную эксплуатацию энергетического оборудования на объектах энергетике. Одним из современных решений в угольно-энергетической промышленности является получение синтез-газа путем газификации водоугольного топлива (ВУТ) с целью его дальнейшего использования в энергетических установках [6].

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

Согласно работам [8], основными достоинствами ВУТ являются экономические и экологические составляющие, которые позволяют снизить эксплуатационные затраты при хранении и транспортировке топлива на 20–30 %, стоимость 1 тонны условного топлива в 1,5–4 раза, что позволяет уменьшить себестоимость вырабатываемой тепловой энергии в 1,3–4 раза. Эффективная активация ВУТ, коэффициент полезного действия, которого составляет 99,5 %, позволяет уменьшить выбросы в атмосферу оксидов серы (на 20 %), оксидов азота (на 30 %) и других неблагоприятных компонентов.

Переработка основного органического энергоносителя – угля сопровождается образованием отходов. Угольные отходы представляют большую опасность для окружающей среды. Часть этих отходов подвергается захоронению, но основная масса не перерабатывается. К настоящему времени в мире накоплено более 1 млрд. тонн. Перевод данного вида отходов в ВУТ с целью дальнейшего получения синтез-газа позволит не только улучшить экологическую обстановку в данных региона, но и повысит экономический эффект.

При всех выше перечисленных преимуществах, технологический процесс получения синтез-газа путем газификации ВУТ имеет достаточно большой ряд до конца не решенных проблем, связанных с самим механизмом процесса газификации [8], от которых зависит качество получаемого газа и соответственно его эффективное сжигание в энергетических установках. Исходя из вышесказанного, возникает необходимость для всесторонних исследований ВУТ на научно-аналитическом оборудовании.

Целью данной работы является:

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

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

В процессе работы рассмотрена существующая технологию газификации ВУТ на примере технологического процесса «E-Gas» [9]. На основе имеющегося мирового опыта использования синтез-газа в энергетической отрасли [10] нами предложена технологическая схема использования получаемого синтез-газа путем газификации ВУТ для энергоснабжения автономных объектов.

Экспериментальная часть

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

В качестве исходных образцов были использованы шламы каменных углей марок К и СС Кузбасских обогатительных фабрик «Северная» и «Черниговец», соответственно, и бурый уголь марки 2Б месторождения «Бородинское» (Красноярский край). Согласно элементному составу представленных образцов углей, определенных с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JCM-6000 и ряда технических (паспортных) характеристик выявлено, что наибольшим значением теплотворной способности обладают как раз угольные шламы марок К и СС. Это прежде всего связано с большим содержанием углерода в химическом составе исходного топлива и балластных веществ.

После проведения анализа исходного топлива был проведен гранулометрический анализ с помощью лазерного анализатора размера частиц Analysette 22, который показал, что преобладающая (90 %) размерность пробы составляет в диапазоне 100–140 мкм. Такая тонкость помола свидетельствует о том, что приготовление ВУТ из данного вида образцов не потребует существенных временных и энергетических затрат.

Далее 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, как показал опыт, данного времени достаточно обеспечить качественное смешение и осуществить дополнительный размол твердой части.

Результаты и обсуждение

При осуществлении процесса газификации углей, основными газовыми компонентами получаемого синтез-газа являются CO, CO₂, CH₄, H₂, а так же не сорбируемые компоненты в виде паров воды, примесей оксидов серы и азота, сероводород и прочее.

В результате проведения экспериментов с различными температурами нагрева в процессе газификации ВУТ, были получены соответствующие составы синтез-газа, позволяющие сделать вывод о том, что с увеличением скорости нагрева снижается выход диоксида углерода CO₂, что благоприятно сказывается на теплоте сгорания синтез-газа.

При увеличении интенсивности нагрева образцов углей наблюдается снижение концентрации водорода H₂ и метана CH₄, но при этом увеличивается концентрация монооксида углерода CO. Это вызвано более высокой скоростью реакции окисления CH₄ и H₂ с выделяющейся влагой и кислородом O₂ углей в процессе их нагрева [10].

Зная количественный состав синтез-газа можно определить расчетным путем теплоту сгорания [11]. Из полученных результатов расчетов следует, что скорость нагрева образцов углей существенно влияет на состав получаемого синтез-газа и его теплоту сгорания. У всех рассматриваемых образцов углей максимальное значение теплоты сгорания прослеживается при скорости нагрева 20 °С/мин. Наибольшее значение наблюдается у ВУТ на основе угольных отходов марки СС – 12,24 МДж/м³, а минимальное значение у ВУТ на основе бурого угля марки 2Б – 10,64 МДж/м³. Разница в значениях составляет около 15 %. Данный эффект вызван в большем содержании углерода в элементном составе угольного образца марки СС, т. к. в результате взаимодействия углерода и воды на выходе образуются СО и H₂.

Интенсивный прирост в значениях теплоты сгорания у синтез-газа наблюдается в интервале скоростей нагрева от 5 °С/мин до 10 °С/мин. Далее при дальнейшем ее увеличении в интервале от 15 °С/мин до 20 °С/мин наблюдается замедление роста.

Выводы

В результате проведения экспериментальных исследований был получен синтез-газ из ВУТ на основе отходов угледобывающих и углеобогачительных фабрик марок К и СС, а так же низкосортного бурого угля марки 2Б и установлен количественный химический состав для различных скоростей нагрева суспензий. Проведено исследование показало, что количественный состав синтез-газа при увеличении скорости нагрева имеет линейный характер изменения содержания компонентов. Стоит отметить, что при возрастании скорости нагрева значительно снижается CO_2 . Также отмечено, что на фоне увеличения горючего компонента CO , незначительно снижаются такие соединения как CH_4 и H_2 .

Полученная теплотворная способность синтез-газа позволяет сделать вывод о том, что исследуемые ВУТ, могут быть использованы в современных автономных энергоустановках малой мощности [12]. При этом стоит отметить, что полученный синтез-газ из отходов угольной промышленности имеет более высокие показатели качества по теплотворной способности и химическим свойствам нежели низкосортный бурый уголь марки 2Б, что дает дополнительную привлекательность к утилизации данного вида отходов с экономической и экологической стороны.

Список литературы

1. Гаврилов В.П. Состояние ресурсной базы нефтедобычи в России и перспективы ее наращивания / В.П. Гаврилов // Геология нефти и газа. – 2012. – № 5. – С. 30–38.
2. Газификация угля в энергетике: современное состояние и тренды: Аналитический обзор / Филиппов С.П. и др. // Фонд «Энергия без границ», 2012. – С. 39–42.
3. Дубинин А.М. Трансформация углей в электрическую и тепловую энергию / А.М. Дубинин, С.П. Маврин // Теплоэнергетика. – 2014. – № 7. – С. 30.
4. Воробьев Б.М. Уголь или газ – энергетическая альтернатива XXI века / Б.М. Воробьев // Вестник Российской академии наук. – 2011. – Том 11. №1. – С. 65–69.
5. Чуханов З.В. Некоторые проблемы топлива и энергетики / З.В. Чуханов // М. АН СССР. 1961.
6. Архипов В.А. Исследование физико-химических и энергетических характеристик органоводоугольных топлив / В.А. Архипов, А.М. Сидор, В.Г. Сурков // «Технічна теплофізика та промисловата теплоенергетика». Випуск 5, 2013
7. Пинчук В.А. Исследование и разработка режимов газификации водоугольного топлива / В.А. Пинчук, Т.А. Шаратура, Г.Л. Шевченко // Современная наука, 2010, №3 (5).
8. Долинский А.А. Водоугольное топливо: перспективы использования в теплоэнергетике и жилищно-коммунальном секторе / А.А. Долинский, А.А. Халатов // 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 Project [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 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, Стандартинформ 2009.
12. Ходаков Г.С. ВУС в энергетике / Г.С. Ходаков // Теплоэнергетика. – 2007. – № 1. – С. 35–45.