

капель (для совокупности одиночной, малой группы и потока капель) ОВУТ.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 15-19-10003).*

#### Литература

1. Расчеты аппаратов кипящего слоя: справочник / А.П. Баскаков [и др.]. Л.: Химия, 1986. – 352 с.
2. Аэров М.Э., Тодес О.М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. Л.: Химия, 1968. – 247 с.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1976. – 552 с.
4. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. – 720 с.
5. Сухоруков В.И. Научные основы совершенствования техники и технологии производства кокса. Екатеринбург: АЛЛО, 1999. – 393 с.
6. Гува А.Я. Краткий теплофизический справочник. Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 300 с.
7. Павленко С.И. Мелкозернистые бетоны из отходов промышленности. М.: АСВ, 1997. – 176 с.

### **РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНОВОДОУГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ УГЛЕ – И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ**

**К. Ю. Вершинина**

*Научный руководитель: с.н.с. кафедры АТП, С. Ю. Лырщиков*

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

Переработка основных органических энергоносителей – нефти и угля сопровождается образованием отходов – нефтешламов и фильтр-кеков [1, 2], соответственно. Объемы этих отходов составляют в зависимости от месторождений, технологии переработки и интенсивности производства от 8 % до 15 % к объему добычи энергоносителей [3]. В России данные вопросы особенно актуальны в связи с открытым хранением большинства таких отходов. К настоящему времени стало понятным, что дальнейшее захоронение или хранение на открытых площадках фильтр-кеков, нефтешламов и отработанных горючих жидкостей становится невозможным. Необходимы срочные мероприятия международного уровня по переработке как накопившихся за последние десятилетия отходов, так и вновь образующихся.

Одним из самых перспективных решений данной проблемы может быть утилизация отходов нефте– и углепереработки с использованием технологий водоугольных (ВУТ) [4] и органоводоугольных (ОВУТ) [5, 6] суспензий, так как такие топлива транспортируются с применением трубопроводов, имеют меньшие концентрации антропогенных выбросов за счет добавления воды характеризуются повышенной пожаровзрывобезопасностью. В качестве компонентов таких топлив могут применяться многочисленные отходы углепереработки или низкосортные угли. Также потенциальными компонентами ВУТ и ОВУТ могут стать [5, 6] отработанные горючие жидкости, нефтешламы, смолы и др.

Фильтр-кеки представляют перспективные (по экономическим, экологическим, энергетическим характеристикам [5, 6], а также с точки зрения пожаровзрывобезопасности) компоненты топлив, но слабо изученные. В-первую очередь, отсутствует информация о реологических свойствах ОВУТ на основе таких кеков.

Цель настоящей работы – получение информационной базы данных о реологических свойствах суспензий ОВУТ, приготовленных на основе наиболее широко производимых фильтр-кеков.

В качестве основного компонента органоводоугольного топлива использовались отходы обогащения каменных углей – фильтр-кеки, полученные на группе обогатительных фабрик Кемеровской области (Россия, Кузбасс). В качестве жидкого горючего компонента использовались мазут и отработанное турбинное масло. Реологические свойства органоводоугольных топливных композиций изучались с помощью ротационного вискозиметра MLW Rheotest 2. Результаты определения напряжения сдвига от скорости сдвига для всех изученных составов удовлетворительно описываются моделью Балкли – Гершеля.

В работе определены реологические свойства перспективных суспензий ОВУТ, приготовленных из отходов обогащения угля и использованных нефтепродуктов, таких как фильтр-кеки обогащения углей различной стадии углефикации и отработанные индустриальные масла. Вязкость изученных в работе составов лежит в диапазоне 200 – 600 мПа\*с. Показано, что вязкость составов ВУТ на основе кеков определяется, в первую очередь, стадией углефикации обогащаемого угля, а для составов ОВУТ вязкость не коррелирует со стадией углефикации обогащаемого угля. Изучено влияние компонентного состава топлива (содержание воды), типа и концентрации используемого жидкого горючего компонента, температуры и времени хранения топлива на вязкость суспензий ОВУТ. Установлена возможность регулирования вязкости топливных составов для достижения требуемых для практического применения значений и определены критерии оптимизации составов топлив, такие как теплота сгорания, время зажигания и полного сгорания, вязкость составов.

Полученные нами закономерности изменения реологических свойств топлив качественно соответствуют описанным в литературе свойствам для подобных видов топлива, но провести количественное сравнение характеристик топлив довольно сложно вследствие широчайшего набора возможных компонент, используемого различными авторами, а так же довольно сильно различающихся соотношением компонентов в составах.

Высокие экологические характеристики при использовании водоугольного топлива, приготовленного из фильтр-кеков и низкосортного угля, характеризуется несколькими аспектами. С одной стороны, дымовые газы при использовании водоугольного топлива содержат крайне низкое количество оксидов серы и азота [7] в сравнении с пылеугольными котлами. С другой стороны использование фильтр-кеков в качестве топлива существенно сокращает проблемы связанные с их хранением и переработкой. Стоит также отметить, что фильтр-кеки по своим параметрам представляют собой практически готовое водоугольное топливо с оптимальным размером твердых частиц (менее 200 мкм).

Приготовление топливных составов с добавлением различных жидких горючих компонент позволяет существенно улучшить характеристики суспензий, такие как теплота сгорания, время задержки зажигания и полного сгорания. При использовании в качестве таких компонент отходов нефтяного происхождения так же решается задача безопасной и экономически целесообразной утилизации таких веществ с получением тепловой и электрической энергии. Основными горючими веществами органического происхождения для создания органоводоугольных топлив являются отработанные моторные и турбинные масла, мазут, продукты химической промышленности и другие подобные.

#### Литература

1. Kontorovich AE, Epov MI, Eder LV. Long-term and medium-term scenarios and factors in world energy perspectives for the 21st century, Russian Geology and Geophysics. 2014;55(5-6):534–43.
2. Xu M, Zhang J, Liu H, Zhao H, Li W. The resource utilization of oily sludge by co-gasification with coal. Fuel 2014;126:55–61.
3. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 5, Issue 4, April-2014.
4. Hui Wang, Xiumin Jiang, Minxiao Zhang, Yufeng Ma, Hui Liu, Shaohua Wu, A new fluidization-suspension combustion technology for coal water slurry // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. – 2010. – V. 49. – I. 10. – P. 1017-1024.
5. Glushkov D.O., Syrodoy S.V., Zakharevich A.V., Strizhak P.A. Ignition of promising coal-water slurry containing petrochemicals: Analysis of key aspects // Fuel Processing Technology. 2016. V. 148. P. 224–235.
6. D. O. Glushkov, S. Yu. Lyrshchikov, S. A. Shevyrev, P. A. Strizhak Burning Properties of Slurry Based on Coal and Oil Processing Waste // Energy Fuels, 2016, 30 (4), pp 3441–3450.
7. Wenyang Chen, Ruina Xu. Clean coal technology development in China // Energy Policy. 2010. V. 38. No. 5. P. 2123–2130.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЗАЖИГАНИЯ СУСПЕНЗИОННЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ

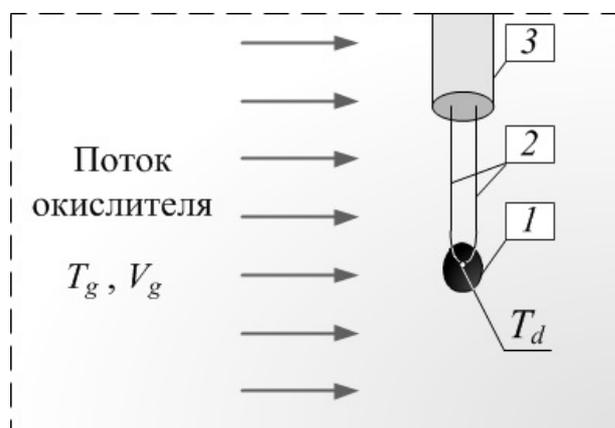
К.Ю. Вершинина

Научный руководитель д.ф.-м.н. П.А. Стрижак

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Вовлечение отработанных и невостребованных нефтепродуктов (масел, шламов) и отходов обогащения углей в энергетический сектор является важным шагом для утилизации широкой группы промышленных отходов и расширения топливной базы генерирующих предприятий. Реализация этого подхода возможна путем приготовления и сжигания в энергетических котлах водоугольных [1] и органоводоугольных топливных суспензий [3]. Особый интерес представляет перспектива низкотемпературного зажигания (температура окислителя на этапе инициирования горения не более 1000 К) [4], позволяющего использовать композиционное жидкое топливо как на этапе прогрева топочной камеры, так и в основном цикле работы котельного агрегата.

Цель работы – экспериментальное установление характеристик низкотемпературного зажигания капель



жидких композиционных топлив на основе отходов углеобогащения и отработанных нефтепродуктов.

В качестве компонентов органоводоугольных топлив использовались отходы обогащения (фильтр-кеки) углей марок К, Д и Г, отработанные турбинное, автомобильное масла, мазут. Экспериментальный стенд и методика проведения эксперимента, вычисления и регистрации исследуемых параметров аналогичны используемым в [2]. Капля топлива на спае малоинерционной платинородий-платиновой термопары помещалась в поток разогретого воздуха (рис. 1). Начальный радиус капли ( $R_d$ ) варьировался в диапазоне 0.5–1.5 мм. Температура и скорость движения потока окислителя варьировались в диапазонах 600–1000 К и 0.5–2 м/с.

Рис. 1. Внешний вид капли органоводоугольного топлива на спае малоинерционной термопары: 1 – капля органоводоугольного топлива, 2 – термопара, 3 – керамическая изоляция