

## ОТЛИЧИЕ УСЛОВИЙ ЗАЖИГАНИЯ КАПЕЛЬ ВОДОУГОЛЬНОГО И ОРГАНОВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ КОНВЕКТИВНОМ НАГРЕВЕ

Д.П. Шабардин<sup>1</sup>, Д.О. Глушков<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Томский политехнический университет  
ЭНИН, АТП, <sup>1</sup>группа 5БМ53

В настоящее время на большинстве промышленных предприятий скапливаются низкокалорийные твердые отходы угольного производства, жидкие отходы нефтехимии и нефтепереработки, а также другие горючие отходы, которые, как правило, не используются в качестве энергоресурсов [1]. Эти отходы складываются в хранилищах или на открытых полигонах, что приводит к механическому и химическому загрязнению окружающей среды [2]. Помимо экологического ущерба, такой подход является неэффективным по причине неполной степени переработки и использования энергоресурсов. Поэтому в последние годы достаточно активно обсуждается необходимость разработки и применения новых составов водоугольного топлива (ВУТ) [3] и органоводоугольного топлива (ОВУТ) [4] на основе этих отходов.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование отличий условий зажигания капель водо-угольного и органоводоугольного топлива при конвективном нагреве.

На рис. 1 представлена схема экспериментального стенда для изучения физико-химических процессов, протекающих при нагревании капли жидкого топлива. Поток окислителя с контролируемыми параметрами (скорость движения, температура) формировался внутри полого цилиндра 1 из кварцевого стекла нагнетателем 2 и воздухонагревателем 3. Изменение режимов функционирования этих устройств осуществлялось при помощи пульта управления нагревательной установкой 4. Значения температуры  $T_a$  и скорости  $V_a$  воздуха на выходе воздухонагревателя 3 варьировались в диапазоне 650–900 К и 0,5–5 м/с, соответственно. Измерение температуры осуществлялось термоэлектрическим термопреобразователем 6. При изменении режимов функционирования устройств 2 и 3 чувствительный элемент термоэлектрического термопреобразователя 5 монтировался за плоскостью подачи капли топлива в стеклянный цилиндр 1 вдоль направления движения потока воздуха. По показаниям температуры, отображаемым на дисплее регистратора 7, отслеживался момент установления стационарного температурного режима внутри цилиндра 1.

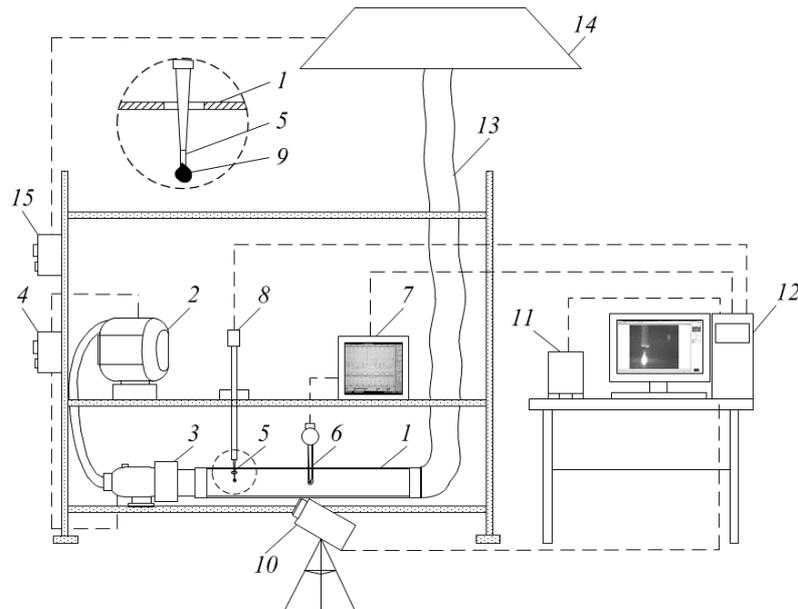


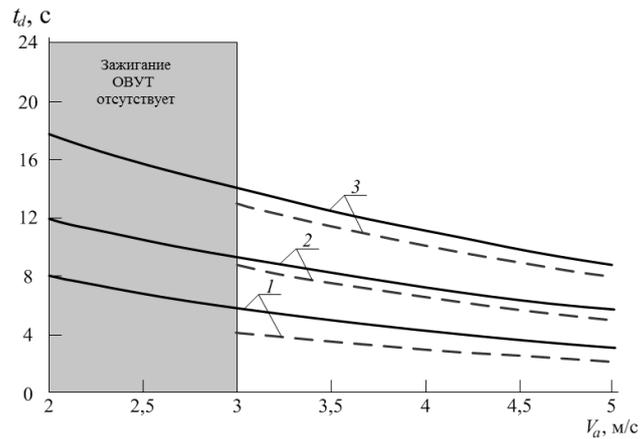
Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 – полый стеклянный цилиндр; 2 – нагнетатель высокого давления; 3 – воздухонагреватель; 4 – пульт управления нагревательной установкой; 5 – устройство подачи капли; 6 – термоэлектрический термопреобразователь; 7 – регистратор многоканальный; 8 – координатный механизм; 9 – капля топлива; 10 – высокоскоростная видеокамера; 11 – аналитические весы; 12 – компьютер; 13 – отвод газов; 14 – вытяжная вентиляция

Ввод одиночных капель ВУТ или ОВУТ в цилиндр 1 осуществлялся через одно из трех технологических отверстий, расположенных вдоль оси симметрии при помощи устройства подачи 5, закрепленного на передвижной платформе автоматизированного координатного механизма 8. Устройство подачи капли 5 выполнено из стальной проволоки с наконечником в форме сферы диаметром около 0,2 мм.

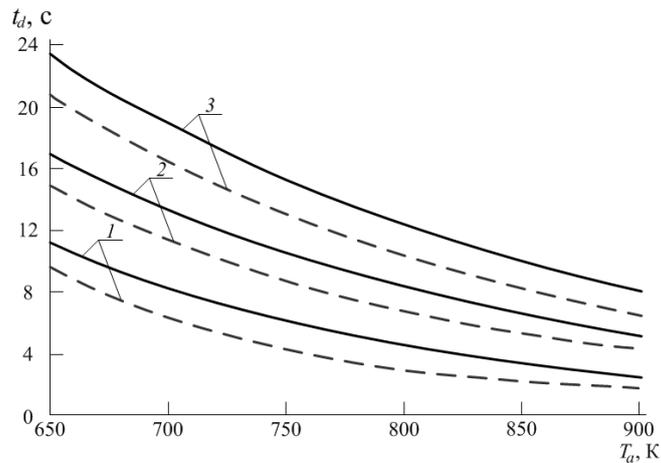
Контрольные измерения характерных диаметров капель выполнены с использованием высокоскоростной камеры 10. По изображению капли измерялось шесть диаметров в различных сечениях. Путем усреднения полученных данных вычислялся характерный размер  $D_d$ . Начальные размеры (диаметры) капель при проведении нескольких серий экспериментов изменялись в диапазоне 1–4 мм.

Основные параметры: температура ( $T_a$ ) и скорость движения ( $V_a$ ) воздуха, начальный размер ( $D_d$ ) капли, время задержки зажигания ( $t_d$ ) регистрировались при помощи компьютера 12. Значение  $t_d$  вычислялось с момента ввода капли ВУТ или ОВУТ в канал 1 до появления свечения, характеризующего зажигание топлива. Удаление газовой смеси воздуха с продуктами термического разложения и сгорания проводилось посредством канала 13 и вытяжной вентиляции 14.

Экспериментальные исследования проведены для двух составов: № 1 – ВУТ (бурый уголь 60 % масс, вода 40 % масс), № 2 – ОВУТ (бурый уголь 60 % масс, вода 30 % масс, тяжелая нефть 10 % масс). Зависимости основной интегральной характеристики – времени задержки зажигания ВУТ и ОВУТ топлива от скорости и температуры потока воздуха для капель нескольких характерных размеров представлены на рис. 2.



*a*



*б*

Рис. 2. Зависимости времени задержки зажигания ВУТ (сплошная линия) и ОВУТ (штриховая линия) от скорости (*a*) при  $T_a \approx 870$  К и температуры (*б*) при  $V_a \approx 5$  м/с потока воздуха для капель размерами: 1 –  $D_d \approx 1,5$  мм, 2 –  $D_d \approx 2,5$  мм, 3 –  $D_d \approx 3,5$  мм

Установлено, что индукционный прогрев капель ОВУТ реализуется быстрее по сравнению с каплями ВУТ при фиксированных параметрах источника нагрева и образцов топливных композиций. При идентичных условиях ( $V_a = \text{const}$ ,  $T_a = \text{const}$ ,  $D_d = \text{const}$ ) отклонения времен задержки зажигания для ВУТ (состав № 3) и ИКЖТ (состав № 4) достигают 10 % при  $3 < V_a < 5$  м/с (рис. 2*a*) и 15 % при  $650 < T_a < 900$  К (рис. 2*б*). Видно (рис. 2), что варьирование параметров источника

нагрева оказывает меньшее влияние на относительное изменение длительности индукционного периода для рассматриваемых образцов. Полученный результат позволяет сделать вывод, что компонентный состав топлива, а именно наличие небольшой (до 10 %) концентрации жидкого горючего вещества, оказывает достаточно существенное влияние на интегральные характеристики исследуемого процесса, в частности, уменьшение времени задержки зажигания за счет воспламенения продуктов испарения при их фильтрации к поверхности частицы.

Исследование выполнено за счет средств Российского научного фонда (проект № 15–19–10003).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Саломатов В.В., Кравченко И.В. Теоретическое исследование горения капли водоугольного топлива. Часть II. Стадия воспламенения // Горение и плазмохимия. – 2007. – Т. 5. – № 3. – С. 189–198.
2. Цепенюк А.И., Овчинников Ю.В., Стрижко Ю.В., Луценко С.В. Исследование процессов горения искусственного композитного жидкого топлива в циклонном предтопке // Энергетик. – 2011. – № 7. – С. 45–47.
3. Овчинников Ю.В., Цепенюк А.И., Шихотинов А.В., Татарникова Е.В. Исследование воспламенения твердых топлив и ИКЖТ // Доклады Академии наук высшей школы РФ. – 2011. – С. 117–126.
4. Морозов А.Г., Коренюгина Н.В. Гидроударные технологии в производстве водоугольного топлива // Уголь. – 2009. – № 11. – С. 54–56.

Научный руководитель: П.А. Стрижак, д.ф.-м.н., доцент, зав. каф. АТП ЭНИН ТПУ.