

**СЕКЦИЯ 1.  
ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА**

**ОТЛИЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЖИГАНИЯ ЧАСТИЦ УГЛЯ И  
КАПЕЛЬ УГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ В ПОТОКЕ  
ОКИСЛИТЕЛЯ**

К.Ю. Вершинина, С.А. Синдинова  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, АТП

Использование искусственных топливных суспензий в качестве энергоресурсов для нужд промышленной энергетики представляет интерес в связи с возможностью замены дорогостоящих и дефицитных видов топлив [1], а также решения ряда проблем, возникающих при эксплуатации пылеугольных ТЭС (пожаро- и взрывоопасность угольной пыли [2], выбросы вредных веществ [3], высокая степень шлакования поверхностей теплообменного оборудования [4]). Компонентная база для приготовления суспензионных топлив включает угольные отсеивы и шламы, отходы обогащения углей, отработанные нефтепродукты, спирты, масла, смолы и другие вещества [5]. Таким образом, применение двухкомпонентных (вода, угольная пыль) водоугольных (ВУС) и трехкомпонентных (вода, угольная пыль, горючая жидкость) органоводоугольных (ОВУС) суспензий позволяет расширять сырьевую базу энергетических установок и решать задачи снижения негативного воздействия на экологию при утилизации отходов различных отраслей промышленности.

Целью работы является экспериментальное определение условий и характеристик инициирования устойчивого горения частиц каменного угля, а также одиночных капель ВУС и ОВУС в потоке нагретого до умеренных (не более 700 °С) температур окислителя.

Принцип работы стенда (рис. 1) заключается в следующем: нагнетатель 1 подавал воздух с температурой окружающей среды на вход воздухонагревателя 2. Посредством воздуховода 4 разогретый воздух с температурой  $T_a$  подавался в полый стеклянный цилиндр 5. После стабилизации температуры воздуха внутри цилиндра 5 образец топлива 13 вводится в газовый поток через технологическое отверстие на его боковой стенке посредством координатного механизма 6 и устройства 7. Видеофиксация быстропротекающих процессов внутри цилиндра 5 в течение индукционного периода осуществлялась высокоскоростной видеокамерой Phantom V411 10 (максимальная скорость

видеозаписи 4200 к/с при полном разрешении 1280x800). Сохранение и обработка видеозаписи при помощи программного обеспечения Phantom Camera Control выполнялась на персональном компьютере 11. Время задержки зажигания определялось по видеозаписи и отсчитывалось до момента появления пламени. Измерение температуры воздуха внутри цилиндра 5 осуществлялось хромель-алюмелевыми термоэлектрическими термопреобразователями 8. Тренды температур записывались на регистратор РМТ 59М 9.

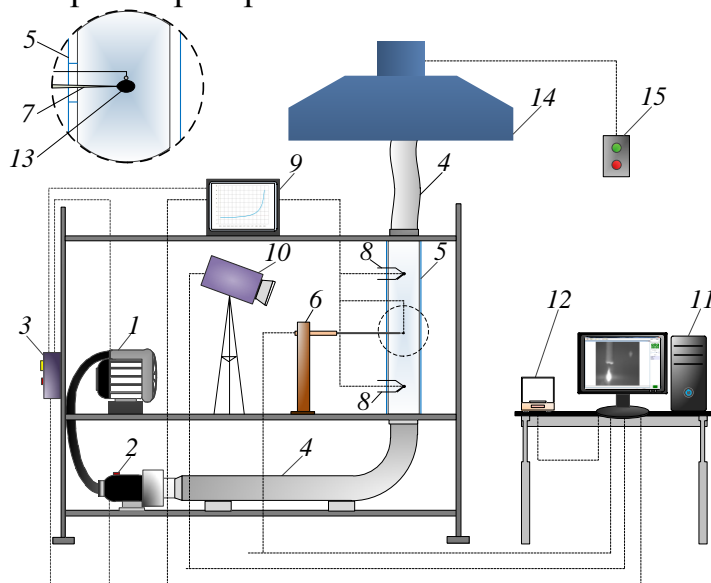


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 – нагнетатель; 2 – воздухонагреватель; 3 – пульт управления нагревательной установкой; 4 – воздуховод; 5 – полый стеклянный цилиндр; 6 – координатный механизм; 7 – устройство для фиксации образца топлива; 8 – термоэлектрические преобразователи; 9 – регистратор многоканальный; 10 – высокоскоростная видеокамера; 11 – компьютер; 12 – аналитические весы; 13 – образец топлива; 14 – вытяжная вентиляция; 15 – пульт управления вытяжной вентиляцией; - - - линии электрической связи

В качестве объекта исследования выбраны образцы каменного угля марки Д (Листвянское месторождение Новосибирской области), а также капли водоугольной (50 % твердая фаза, 50 % вода) и органоугольной (45 % твердая фаза, 45 % вода, 10 % отработанное автомобильное моторное масло) суспензий. Твердая фаза топливных суспензий представляла каменноугольную пыль дисперсностью около 100–150 мкм. Температуры  $T_a$  окислителя варьировались в диапазоне от 400 до 600 °С, скорости воздушного потока варьировались в диапазоне от 0.5 до 5 м/с.

Рис. 2 иллюстрирует зависимости времени задержки зажигания и времени горения топлив от температуры воздуха для частиц каменного угля, капель ВУС и ОВУС различного размера (1; 2; 3 мм).

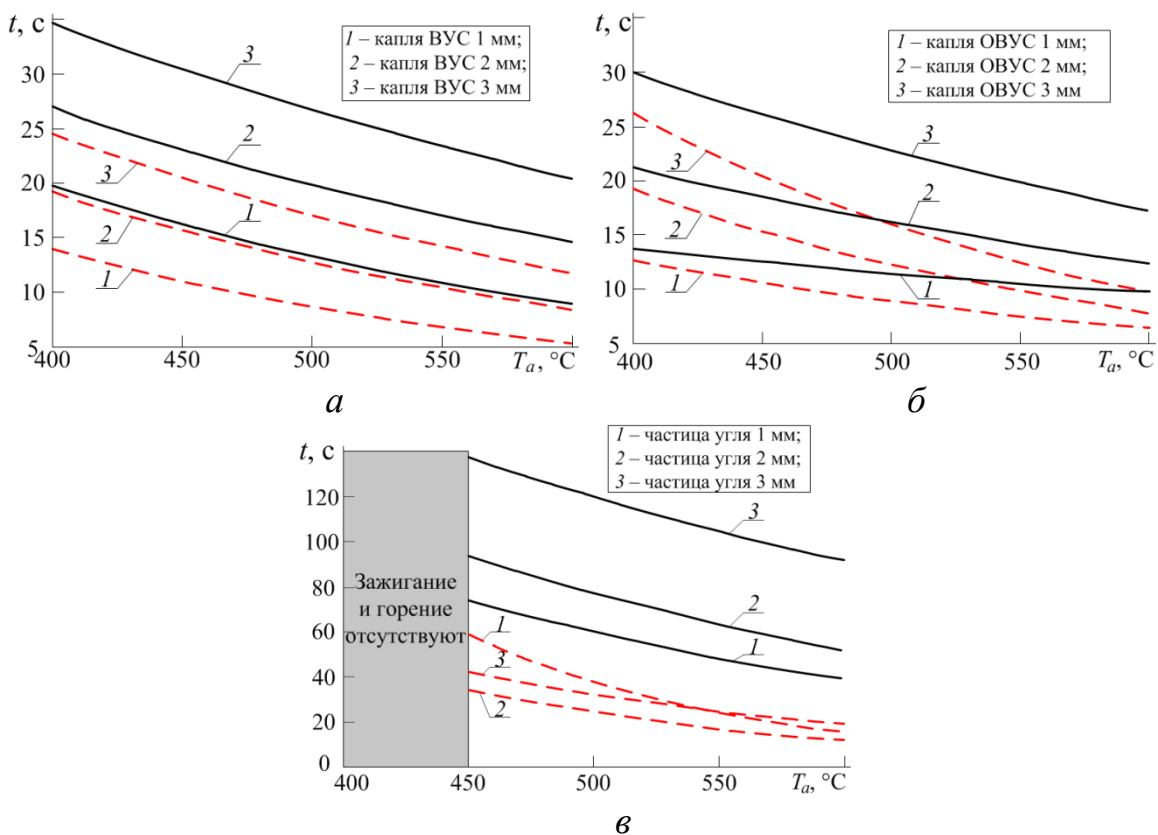


Рис. 2. Зависимости экспериментальных значений времен задержки зажигания (---) и длительностей процесса горения (—) капель ВУС (а); капель ОВУС (б); частиц угля (в) от температуры потока окислителя (при  $V_a \approx 5$  м/с)

Установлено, что времена задержки воспламенения и времена выгорания исследуемых суспензионных топлив возрастают с увеличением диаметра капли (при идентичных условиях проведения эксперимента) (рис. 2 а, б). Такой же характер имеют зависимости времени выгорания частиц каменного угля различных размеров (рис. 2 в). Однако в диапазоне температур окислителя от 450 °С до 530 °С, более длительные времена инертного прогрева характерны для частиц угля размером 1 мм, что обусловлено, скорее всего, небольшим общим содержанием летучих веществ в частице малого размера, их уносом конвективным потоком, и, как следствие, отсутствием газофазного зажигания в окрестности частицы. Кроме того, длительность процесса горения частиц угля (рис. 2 в) значительно превысила аналогичную характеристику для капель суспензионных топлив (рис. 2 а, б).

Выполненные эксперименты позволили выявить ослабевающее влияние скорости потока окислителя на времена задержки зажигания

и длительности процесса горения образцов топлив с ростом температуры  $T_a$ . В частности, при минимальных температурах окислителя изменение  $V_a$  в диапазоне 0.5–5 м/с приводило к уменьшению интегральных характеристик зажигания на 30–40 %. При максимальных для проведенных экспериментов значениях  $T_a$  варьирование  $V_a$  в диапазоне 0.5–5 м/с приводило к изменению времен задержки зажигания и длительностей горения топлив не более чем на 15 %. Этот результат обусловлен доминированием радиационного теплопереноса (по сравнению с кондуктивным и конвективным) на границе «образец топлива – окислитель» при росте  $T_a$ . Установленные особенности расширяют современные представления об отличии характеристик зажигания и горения капель ВУС, ОВУС и частиц традиционных твердых топлив.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-03-31304 мол\_а).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Савицкий Д.П., Егурнов А.И., Макаров А.С., Завгородний В.А. Жидкое топливо на основе угольных шламов и бурого угля (Обзор) // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2009. – № 1. – С. 13–17.
2. Портола В.А. Опасность самовозгорания угольной пыли // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 6. – С. 36–39.
3. Куликов М.А., Гаврилов Е.И., Демин В.Ф., Захарченко И.Е. Риски воздействия атмосферных выбросов электростанций на здоровье населения // Теплоэнергетика. – 2009. – № 1. – С. 71–76.
4. Бойко Е.А., Жадовец Е.М., Янов С.Р. Анализ тепловой эффективности полурadiационных и конвективных поверхностей нагрева пылеугольных паровых котлов // Электрические станции. – 2010. – № 10. – С. 41–46.
5. Лиштван И.И., Фалюшин П.Л., Смолячкова Е.А., Коврик С.И. Топливные суспензии на основе мазута, торфа, древесных отходов и древесного угля // Химия твердого топлива. – 2009. – № 1. – С. 3–7.

Научный руководитель: Д.О. Глушков, к.ф.-м.н., инженер-исследователь каф. АТП ЭНИН ТПУ.