

**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАЖИГАНИЯ КАПЛИ
ОРГАНОВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ РАЗНЫХ ПОДХОДАХ ЕЕ ПОМЕЩЕНИЯ В
ПОТОК РАЗОГРЕТОГО ОКИСЛИТЕЛЯ**

К.Ю. Вершинина, Д.О. Глушков

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. П.А. Стрижак

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: vershininaks@gmail.com

**INTEGRAL IGNITION CHARACTERISTICS OF DROPLET OF COAL-WATER FUEL
CONTAINING PETROCHEMICALS AT DIFFERENT METHODS OF ITS TRANSFER INTO
HOT OXIDIZER FLOW**

K.Yu. Vershinina, D.O. Glushkov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. P.A. Strizhak

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: vershininaks@gmail.com

***Abstract.** The ignition and burning of single droplets of coal water fuel containing petrochemicals (CWFP) were investigated. Two experimental approaches were applied. At first, the droplet was fixed inside the flow by special holder (thermal couple, metallic wire or ceramic rod) and the second way is free injection of the droplet into the combustion chamber. The main CWFP components were filter-cake (the coal processing waste), the used turbine oil, the plasticizer. The initial droplet radius was 0.5-1 mm, the temperature and the oxidant flow velocity were 400–1000 K and 0.5–5 m/s. The ignition delay times were defined. The comparison of parameters of the flying droplets ignition with corresponding values for droplets that were fixed by holder was done.*

Для выявления экспериментальной методики и условий, которые наиболее адекватно воспроизводят на лабораторном уровне процессы, протекающие в камерах сгорания энергетических установок, проведено сравнение интегральных характеристик зажигания одиночных капель органоугольного топлива (ОВУТ) [1, 2] при разных подходах их помещения в поток разогретого окислителя – стационарном положении капли, подвешенной на держателе, или витании капли в камере сгорания.

Компонентами ОВУТ являлись: фильтр-кек каменного угля марки «К» (отход обогащения угля марки «К» методом флотации) с массовой долей 94.5 %, отработанное турбинное масло (массовая доля 5 %), пластификатор «Неолас» с массовой долей 0.5 %. Компоненты в требуемом соотношении помещались в рабочий стакан гомогенизатора MPW-324 и затем смешивались в течение 10 минут. Генерация капель осуществлялась электронным дозатором Finnpiquette Novus.

На рис. 1 представлена схема стенда, используемого для исследования зажигания одиночных капель ОВУТ, закрепленных на держателе в потоке окислителя. Поток разогретого воздуха в цилиндрическом канале 1 создавался при помощи нагнетателя 2 и нагревателя 3. Для измерения температуры окислителя использовались термоэлектрические преобразователи 4. Капля 7 крепилась на держателях различного

вида (металлическая проволочка, спай термопары, керамический стержень) и затем посредством координатного механизма *б* опускалась в поток окислителя через отверстие в стенке цилиндра *1* и фиксировалась на оси его симметрии. Для регистрации процессов, протекающих в окрестности капли топлива и для обработки полученных видеозаписей использовались высокоскоростная камера *8* и программное обеспечение Tema Automotive. Диапазоны изменения температуры и скорости потока окислителя составляли 400–1000 К и 0.5–5 м/с.

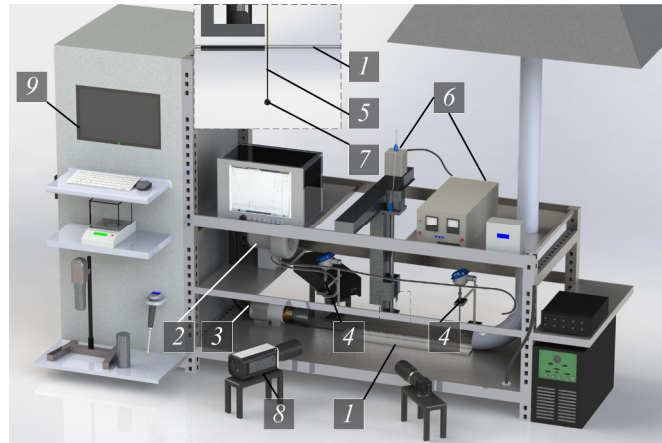


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 – цилиндрический канал из кварцевого стекла; 2 – нагнетатель; 3 – воздухонагреватель; 4 – термопары; 5 – держатель (или малоинерционная термопара); 6 – координатный механизм; 7 – капля ОБУТ; 8 – высокоскоростная видеокамера; 9 – персональный компьютер

Получены зависимости времен задержки зажигания каплей ОБУТ от температуры окислителя и размера капли (рис. 2).

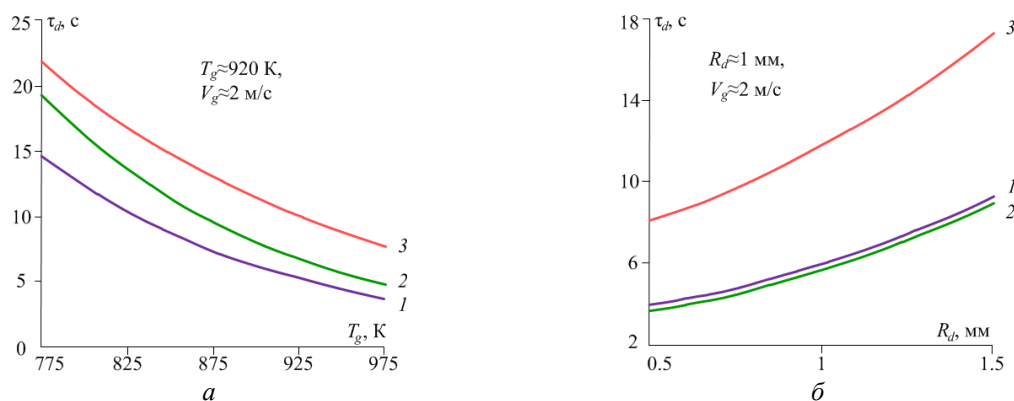


Рис. 2. Времена задержки зажигания каплей ОБУТ от температуры окислителя (а) и размера капли (б) при применении разных держателей: 1 – спай термопары; 2 – металлическая (сталь) проволочка; 3 – керамический стержень

Перенос тепла от поверхности капли к держателю оказывает достаточно существенное влияние на характеристики зажигания. Максимальный сток тепла зарегистрирован при использовании керамического стержня, что выражается в завышенных значениях τ_d (по сравнению с τ_d , полученными при подвешивании капли на спай термопары или металлическую проволочку). Размер капли также существенно влияет на характеристики зажигания – при увеличении R_d с 0.5 мм до 1.5 мм наблюдался нелинейный рост τ_d (в среднем в 2.2 раза при креплении капли на спае термопары или металлической проволочке и почти в 3 раза при использовании керамического стержня).

На рис. 3 приведены зависимости, полученные при исследовании зажигания капли ОВУТ в процессе ее витания в потоке окислителя. Для получения данных зависимостей использовался экспериментальный стенд (аналогичный используемому в [3]) с камерой сгорания, представляющей конусообразный канал, изготовленный из жаропрочного стекла. В стенке камеры выполнено отверстие, через которое осуществлялся сброс одиночной капли ОВУТ в поток окислителя посредством координатного механизма [3]. Рост температуры внутри камеры сгорания приводил к значительному снижению τ_d капли (рис. 3, а) по причине интенсификации процессов испарения, термического разложения топливного состава за счет увеличения количества теплоты, подводимой к поверхности витающей капли. Крупные капли требуют более длительного прогрева до наступления момента зажигания (рис. 3, б).

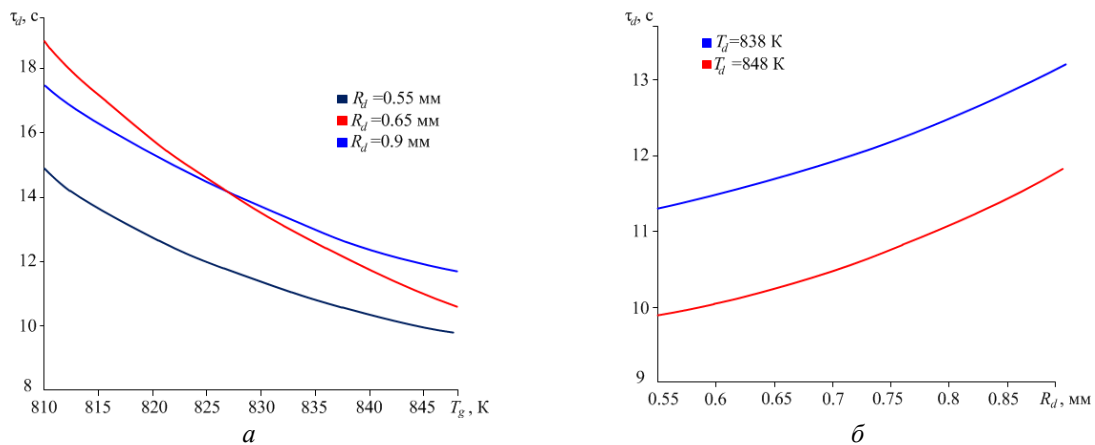


Рис. 3. Времена задержки зажигания витающих капель ОВУТ от температуры окислителя (а) и размеров (б) капли ($V_g \approx 2$ м/с)

При идентичных условиях проведения экспериментов для витающих капель характерны меньшие (на 7–25 %) τ_d , чем для капель, стационарно расположенных в потоке окислителя, что связано с разными протеканием тепло- и массообмена (при витании капли реализуется более равномерное обтекание потоком разогретого воздуха, что приводит к интенсификации испарения влаги и горючей жидкости, термического разложения фильтр-кека). Результаты проведенных исследований показывают ограничения и преимущества подходов к исследованию зажигания и горения частиц ОВУТ в лабораторных условиях.

Исследования выполнены за счет средств гранта Российского Научного Фонда (проект № 15–19–10003).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горлов Е.Г. Композиционные водосодержащие топлива из углей и нефтепродуктов // Химия твердого топлива. – 2004. – № 6. – С. 50–61.
2. Glushkov D.O., Shabardin D.P., Strizhak P.A., Vershinina K.Yu. Influence of organic coal-water fuel composition on the characteristics of sustainable droplet ignition // Fuel Processing Technology. – 2016. V. 143. – P. 60–68.
3. Valiullin T.R., Strizhak P.A., Shevyrev S.A. Low temperature combustion of organic coal-water fuel droplets containing petrochemicals while soaring in a combustion chamber model // Thermal Science – Online First. 10.2298/TSCI151215221V.