

# **ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАГРЕВА И ЗАЖИГАНИЯ КАПЕЛЬ КОМПОЗИЦИОННОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА ПРИ ВАРЬИРОВАНИИ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

А.Г. Косинцев

Томский политехнический университет  
ЭНИН, АТП, группа 5Б3В

В последнее время все большую популярность среди топлив для объектов энергетики приобретают водоугольные суспензии (ВУС) [1]. По сравнению с традиционным пылеугольным топливом ВУС имеют ряд преимуществ, среди которых: пониженный выброс вредных веществ (в частности, оксидов азота) в атмосферу, технологическое удобство использования угля в жидкой форме и возможность утилизации отходов углепереработки при их добавлении в состав ВУС. Однако подобное топливо обладает низкой реакционной способностью [2–3], что влечет за собой дополнительные затраты ресурсов для зажигания капель ВУС.

Одним из способов повышения реакционной способности является использование легковоспламеняющихся веществ в состав ВУС [4–5]. Топлива с такими добавками называются композиционными жидкими суспензиями (КЖС). В качестве добавок могут выступать отходы продукции нефтяного происхождения, например отработанные масла энергоустановок (турбин, насосов, двигателей внутреннего сгорания).

Цель исследований – установить изменение характеристик нагрева и зажигания композиционных жидких суспензий при варьировании содержания органических отходов – отработанных масел.

На рис. 1 представлен внешний вид экспериментального стенда для исследования процессов, протекающих при нагревании одиночной капли жидкого топлива потоком разогретого воздуха.

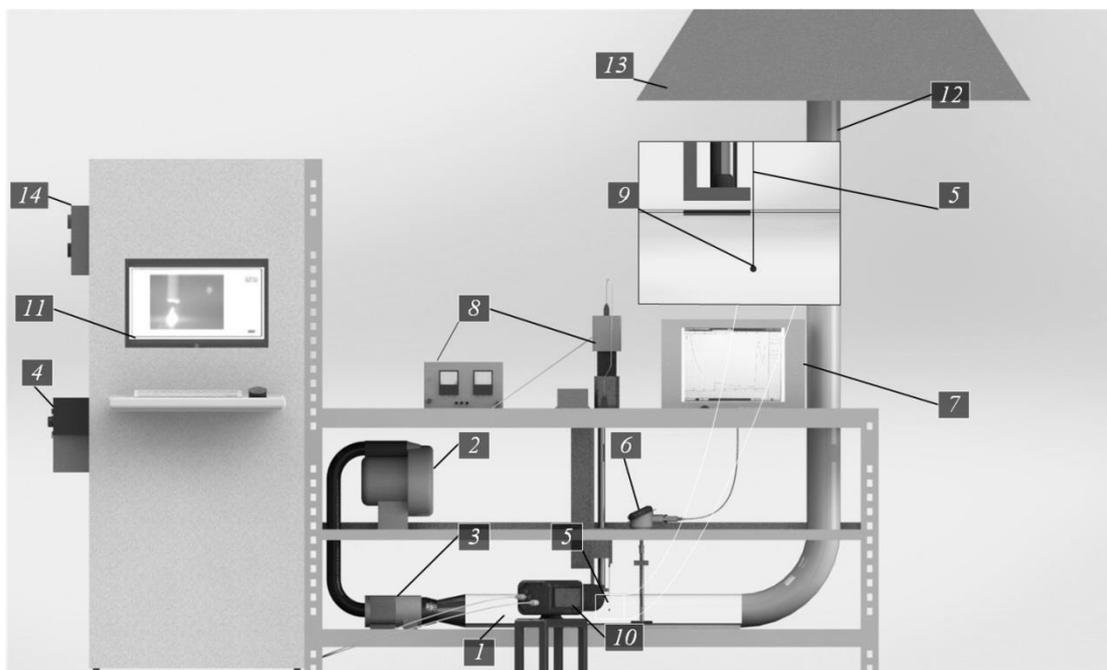


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 – полый стеклянный цилиндр; 2 – вентилятор высокого давления; 3 – воздухонагреватель; 4 – пульт управления нагревательной установкой; 5 – керамический стержень с наконечником; 6 – термоэлектрический термопреобразователь; 7 – самописец; 8 – координатный механизм подачи капли; 9 – капля композиционного топлива; 10 – высокоскоростная видеокамера; 11 – компьютер; 12 – воздухоотвод; 13 – вытяжка; 14 – пульт управления вытяжкой

Поток разогретого воздуха формировался в цилиндре из кварцевого стекла 1. С использованием вентилятора высокого давления 2 и воздухонагревателя 3 при помощи пульта управления 4 варьировались параметры источника нагрева (температура воздуха  $T_g=380-580$  °С, скорость потока  $V_g=2-6$  м/с). Контроль температуры воздуха осуществлялся хромель-алюмелевой термопарой 6, установленной в одном из трех технологических отверстий, выполненных в цилиндре 1. Скорость потока контролировалась анемометром UnionTest AN110.

Для ввода капли в цилиндр с потоком разогретого воздуха применялся координатный механизм 8, который обеспечивал транспортировку капли 9, подвешенной на наконечнике керамического стержня 5, через технологическое отверстие от периферии к центру канала 1.

Температура ( $T_g$ ), скорость движения ( $V_g$ ) воздуха, радиус капели ( $R_d$ ), время задержки зажигания ( $\tau_d$ ) регистрировались и вычислялись при помощи самописца 7, высокоскоростной камеры 10 и компьютера 11. Начальные размеры капели изменялись в диапазоне 0.5–1.5 мм. Смесь потока воздуха с продуктами сгорания КЖС удалялась

из цилиндра 1 при помощи воздухоотвода 12 и вытяжки 13, управляемой пультом 14.

Исследования проведены для двух групп составов. Первая группа представляла 4 состава на основе КЕК (отходы обогащения каменного угля марки К), отличающиеся относительной массовой концентрацией добавляемого отработанного турбинного масла (0, 5, 10, 15 %). Вторая группа включала также 4 состава на основе КЕК и отработанного синтетического автомобильного моторного масла (концентрация 0, 5, 10, 15 %).

На рис. 2 приведены типичные кадры при инициировании горения капли КЖС (КЕК 90 % + отработанное масло автомобильное 10 %).

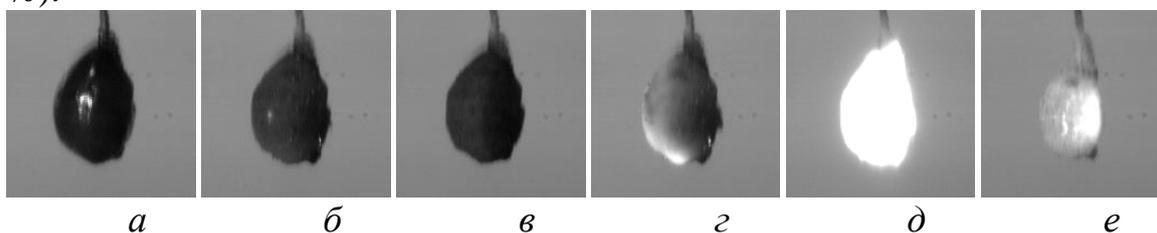


Рис. 2. Типичные кадры со стадиями зажигания капли КЖС при  $R_d \approx 1$  мм,  $T_g \approx 577$  °С,  $V_g \approx 5$  м/с: а – инертный прогрев; б – испарение влаги; в – термическое разложение и выход летучих; з – зажигание углерода; д – горение углерода; е – выгорание углерода

С увеличением концентрации жидкого горючего компонента в составе КЖС изменяется длительность стадий, о чем говорит уменьшение времени задержки зажигания (таблица).

Табл. 1 Времена задержки зажигания ( $\tau_d$ , с) капель КЖС

Горючая жидкость	Отработанное масло турбинное				Отработанное масло автомобильное			
	0 %	5 %	10 %	15 %	0 %	5 %	10 %	15 %
Массовая доля в составе КЖС								
Капля 0.5 мм	5.49	4.84	4.62	4.45	5.49	5.61	5.50	5.24
Капля 1 мм	14.76	10.52	9.25	8.94	14.76	10.58	10.43	9.69
Капля 1.5 мм	22.03	15.25	15.15	13.27	22.03	16.04	15.94	14.35

Можно отметить довольно близкие значения стадий инертного прогрева для КЖС с разным содержанием органической составляющей. На основе таблицы построен график зависимостей времен задержки зажигания капель КЖС от процентного содержания органических отходов (рис. 3).

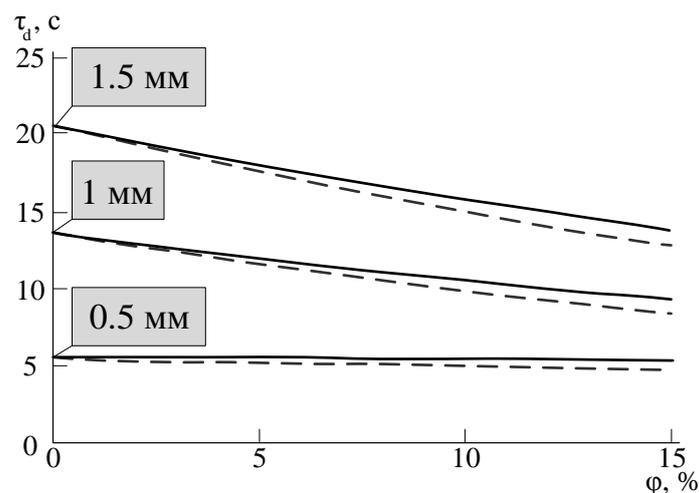


Рис. 3. Времена задержки зажигания капель КЖС в зависимости от массовой доли горючей жидкости: — — — отработанное масло турбинное; — отработанное масло автомобильное

Выполненные исследования показали, что времена задержки зажигания КЖС могут быть снижены на 20–40 % за счет добавления органических отходов, а установленные особенности сжигания КЖС иллюстрируют перспективы замены угольной пыли на композиционные смеси в энергетических установках.

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

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Gajewski W., Kijo-Kleczkowska A., Leszczynski J. Analysis of cyclic combustion of solid fuels // *Fuel*. – 2009. – V. 88. – P. 221–234.
2. Lior N. Energy resources and use: The present situation and possible paths to the future // *Energy*. – 2008. – V. 33. P. 842–857.
3. Takeshita T., Yamaji K. Potential contribution of coal to the future global energy system // *Environmental Economics and Policy Studies*. – 2014. – V. 8. P. 55–87.
4. Д. Ю. Бухонов, В. В. Морозов. Эффективность многоцелевого использования твердого топлива на ТЭС // *Теплоэнергетика*. – 2003. – № 12. – С. 65–67.
5. Г. С. Ходаков, Е. Г. Горлов, Г. С. Головин. Производство и трубопроводное транспортирование суспензионного водоугольного топлива // *Химия твердого топлива*. – 2006. – № 4. – С. 22–39.

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