

**СКОРОСТИ ВЫГОРАНИЯ ОРГАНОВОДОУГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ ИЗ УГЛЕЙ
И ОТХОДОВ ИХ ОБОГАЩЕНИЯ**

Д.П. Шабардин

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

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

E-mail: dpshabardin@mail.ru

**BURNOUT RATES OF FUEL SLURRIES CONTAINING PETROCHEMICALS, COALS AND COAL
PROCESSING WASTE**

D.P. Shabardin

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

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

E-mail: dpshabardin@mail.ru

Abstract. *In this paper, we determined the conditions and characteristics of the nucleation of the combustion front and its spread over the surface of droplets of suspension fuels, their prepared coal and coal enrichment waste. Studies have been conducted on the example of single droplets of fuel suspensions placed in a model combustion chamber using a robotic mechanism. The main variable parameters: initial diameter of drops is 1–2 mm; component composition of the fuel. The influence of these parameters on main characteristic is established: burnout front propagation velocity (corresponds to the burnout rate of the fuel). It is shown that under the conditions studied, these characteristics may change several times. This result is very important, as it illustrates the wide possibilities of adapting fuel combustion systems to the required conditions and the fuel compositions used. The experiments made it possible to distinguish the dominant influence of the liquid combustible component on the burnout rate of the fuel slurry droplets. This characteristic of the process can change 2-3 times with the addition of even 15–25% of waste oil. From the dependencies obtained in the experiments performed, it was concluded that the burning rates of fuel suspensions prepared on the basis of different grades of coal and coal preparation and processing wastes are almost identical in adequate conditions. This result illustrates the feasibility of involving coal preparation wastes in the fuel and energy cycle.*

Введение. В настоящее время актуальной задачей является развитие топливных технологий, использующих вместо дорогих традиционных энергоресурсов (угля, мазута, газа) доступные для многих регионов мира топливные композиции на основе отходов угле- и нефтепереработки. Известны результаты экспериментальных и теоретических исследований основных энергетических, экологических и технико-экономических индикаторов сжигания топливных суспензий (ВУТ и ОВУТ) из отходов углеобогащения [1]. В качестве неисследованных до настоящего времени остались условия и характеристики процессов зарождения и распространения фронта выгорания по поверхности капли топливной суспензии. Цель работы – экспериментальное определение скоростей выгорания капель органоводоугольных топлив на основе углей и отходов их переработки и обогащения [2].

Материалы и методы исследования. Подготавливались суспензии ВУТ и ОВУТ (табл. 1) на основе коксующегося угля и отхода его обогащения (фильтр-кека). Такие отходы формируются на

обогащательных комбинатах в больших объемах (по минимальным оценкам 10–15% обогащаемого угля переходит в отход) и, как правило, складываются в отвалы или бункеры для хранения. Для углеобогащательных фабрик фильтр-кеки являются некондиционным продуктом, однако их можно использовать вторично для выработки энергии, поскольку они содержат значительную долю углерода. Фильтр-кеки имеют влажность 40–60%, гранулометрический состав 80–100 μm . Такие технологические свойства позволяют считать фильтр-кеки готовым ВУТ. Используемые в данном исследовании угольные компоненты получены с фабрик «Северная» и «Черниговская-Коксовая» Кемеровской области. В качестве жидкого горючего компонента выбрано отработанное турбинное масло, как типичный отход производственной деятельности энергопредприятий.

Таблица 1

Исследованные суспензии

ВУТ		ОВУТ	
CWS 1	55% уголь коксующийся, 45% вода	CWSP 1	50% уголь коксующийся, 40% вода, 10% отработанное турбинное масло
CWS 2	100% влажный фильтр-кек коксующегося угля	CWSP 2	90% влажный фильтр-кек коксующегося угля, 10% отработанное турбинное масло
CWS 3	55% уголь слабоспекающийся, 45% вода	CWSP 3	50% уголь слабоспекающийся, 40% вода, 10% отработанное турбинное масло
CWS 4	100% влажный фильтр-кек слабоспекающегося угля	CWSP 4	90% влажный фильтр-кек слабоспекающегося угля, 10% отработанное турбинное масло

Для определения скорости выгорания использовался экспериментальный стенд (рис. 1а). Схема процесса приведена на рис. 1б. При обработке результатов экспериментов использовалось выражение [3]: $V_b = D_d^2 / \tau_b$, где V_b – скорость выгорания, $\text{мм}^2/\text{с}$; D_d – диаметр капли, мм ; τ_b – время полного выгорания, с .

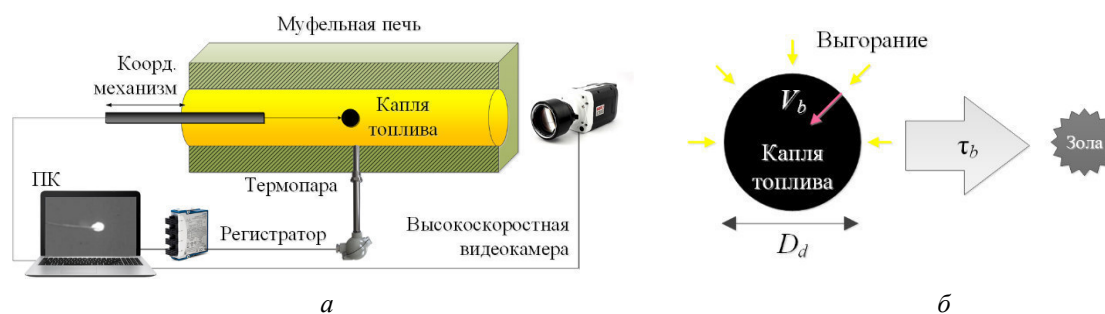


Рис. 1. Схема вычисления скорости выгорания капли топливной суспензии

Исследование скоростей выгорания. Зависимости скорости выгорания капель ВУТ и ОВУТ от их размеров приведены на рис. 2. Также показаны аналогичные зависимости для капель суспензии, полученных в [3]. Скорость выгорания исследованных в [3] суспензий практически не зависела от размера капель и контролировалась, в основном, диффузией кислорода к топливу. В настоящей работе скорости выгорания ОВУТ зависят от размеров капель (рис. 2б), а скорости выгорания ВУТ зависят от размеров капель в меньшей степени (рис. 2а). Этот результат обусловлен влиянием скоростей испарения жидкого горючего компонента на условия формирования горючей парогазовой смеси вблизи поверхности капли топлива. Зависимости скоростей выгорания топливных суспензий от температуры являются экспоненциальными. Их можно объяснить Аррениусовскими зависимостями скоростей

газофазного и гетерогенного выгорания компонентов топлив. В среднем, скорость сгорания капли ОБУТ увеличивалась на 30–55% при возрастании размера капли в диапазоне 1–2 мм.

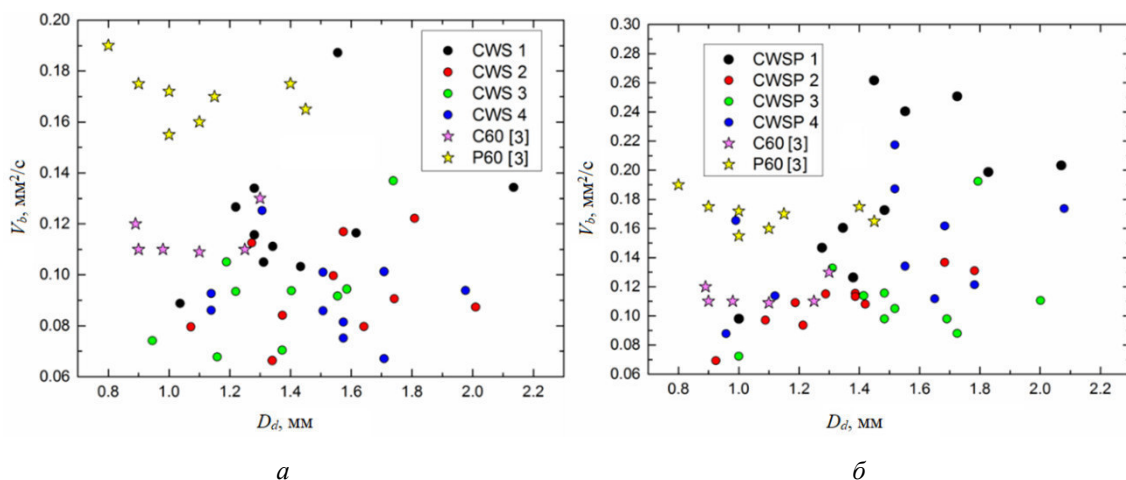


Рис. 2. Типичные скорости выгорания капель исследованных композиций БУТ (а) и ОБУТ (б) при варьировании размеров капель и температуре в камере сгорания $T_g \approx 750^\circ\text{C}$

Заключение. По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сформулировать несколько рекомендаций для снижения инерционности зажигания и увеличения скорости выгорания суспензионных топлив:

- добавление масла в суспензию приводит к дроблению капли (интенсификация эффекта «микровзрывов»). Как следствие, снижаются инерционность зажигания и длительность выгорания;
- увеличение доли нефтепродукта ведет к увеличению скорости выгорания;
- для уменьшения времени задержки зажигания и длительности выгорания целесообразно уменьшать размеры капель;
- увеличивать температуру в камере сгорания целесообразно для уменьшения времени задержки зажигания, но не для увеличения скорости выгорания;
- увеличить скорость выгорания капель БУТ можно за счет использования в качестве добавки угольного компонента высокого качества (в частности, низкозольного угля). Аналогичный результат достигается и при добавлении в суспензию жидкого горючего компонента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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. – Т. 143. – С. 60–68.
2. Vershinina, K.Yu., Shabardin, D.P., Strizhak, P.A. Burnout rates of fuel slurries containing petrochemicals, coals and coal processing waste // Powder Technology. – 2019. – Т. 343. – С. 204–214.
3. Zhu, M., Zhang, Z., Zhang, Y., Liu, P., Zhang, D. An experimental investigation into the ignition and combustion characteristics of single droplets of biochar water slurry fuels in air // Appl Energy. – 2017. – Т. 185. – С. 2160–2167.