

**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ЗАЖИГАНИЕ КАПЕЛЬ ЖИДКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
ТОПЛИВ ПРИ ВИТАНИИ В ПОТОКЕ РАЗОГРЕТОГО ВОЗДУХА**

**Т.Р. Валиуллин**

Научный руководитель профессор П.А. Стрижак

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

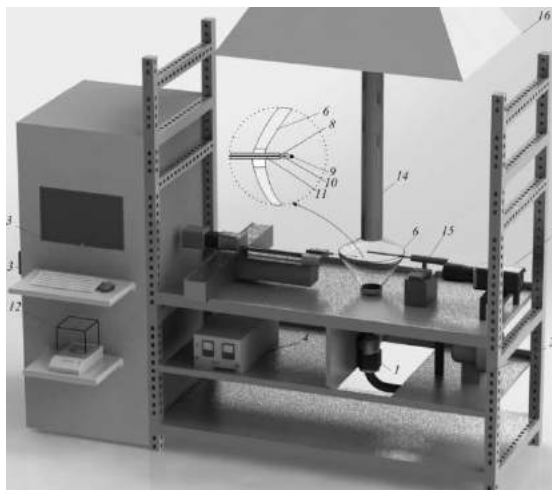
Водоугольные (ВУТ) и органоводоугольные (ОВУТ) топливные композиции на основе отходов переработки углей и нефтей, а также низкосортного энергетического сырья способны решить экологические, экономические и технологические задачи. За последние 10–15 лет в качестве перспективных ВУТ [1] рассматриваются органоводоугольные топливные (ОВУТ) суспензии, полученные на основе нефтей и продуктов их переработки, различных горючих жидкостей и углей, объемы которых ежегодно растут [2].

Создание технологий энергоэффективного и экологически чистого сжигания ВУТ и ОВУТ позволит утилизировать в промышленных масштабах многочисленные отходы, например, отработанные автомобильные турбинные, трансформаторные, компрессорные, касторовые масла, нефтяные отложения, фусы, водонефтяные эмульсии, низкосортные нефти и угли, фильтр-кеки после переработки углей, углеродный остаток после переработки автомобильных шин и другие. Объемы использования угля к 2020 году могут значительно увеличиться, и тем самым объемы отходов также существенно возрастут [3-4]. Исходя из имеющихся объемов отходов в странах таких, как Россия, Китай, США, Япония следует делать вывод, что вопросы их утилизации являются первостепенными.

Цель исследования – определение условий и интегральных характеристик зажигания жидких композиционных топлив (ОВУТ) при температурах менее 1000 К в потоке окислителя, достаточны для эффективного сжигания в теплоэнергетических установках. Выбранные низкотемпературные режимы [5-6] зажигания позволяют значительно увеличить срок эксплуатации, повысить надежность и снизить время выхода энергетического оборудования.

Одно из перспективных направлений определения интегральных характеристик процессов сжигания ОВУТ - зажигание одиночных капель в режиме витания в специализированной камере сгорания (рис.3), изготовленной из оптически прозрачного кварцевого стекла. Эксперименты проводились с использованием стэнда, схема которого приведена на рис.1. Непосредственный ввод капли в камеру (и сброс) осуществлялись с помощью специализированного элемента, условная схема которого представлена на рис. 2.

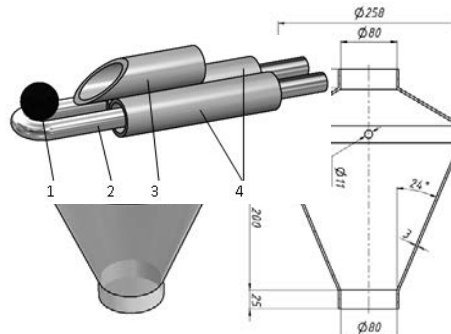
Данный экспериментальный метод по определению интегральных характеристик зажигания капель ОВУТ, соответствует наиболее приближенным процессам, которые протекают в реальных теплоэнергетических установках.



*Рис.1 Схема экспериментального стэнда: 1 – воздухонагреватель; 2 – нагнетатель; 3 – пульт управления; 4 – блок питания и управления координатного механизма; 5 – координатный механизм; 6 – камера сгорания; 7 – высокоскоростная видеокамера; 8 – нихромовая нить; 9 – капля топливной композиции; 10 – режущий элемент; 11 – металлические полые стержни; 12 – весы; 13 – персональный компьютер; 14 – гофрированный термоизолированный канал; 15 – цифровой измеритель температуры (в комплекте с хромель-алюмелевой термопарой); 16 – вытяжная вентиляция.*

*Рис.2 Схема сброса капли ОВУТ в камеру сгорания: 1 – капля ОВУТ; 2 – нихромовая нить; 3 – режущий элемент; 4 – металлические полые стержни.*

В процессе проведения экспериментов регистрировались параметры: температура ( $T_g$ ) и скорость движения ( $V_g$  на входе в камеру сгорания, т.е. в ее нижней цилиндрической части) воздуха (окислителя); размер (радиус  $R_d$ ) и масса ( $m_d$ ) капли топливной композиции; время введения капли в камеру до сброса ( $\tau_m$ ); время задержки зажигания ( $\tau_d$ ). Для проведения экспериментов были использованы следующие составы, которые отображены в таб.1. Проведенные



экспериментальные результаты по определению времени задержки зажигания ОБУТ представлены на рис.4 и рис.5.

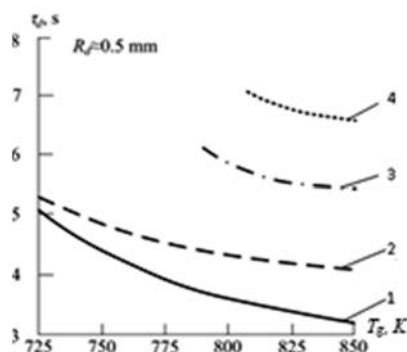


Рис.4 Зависимость времени задержки зажигания каплей ОБУТ от температуры окислителя при витании в камере сгорания

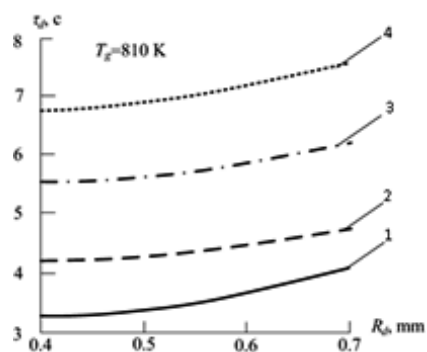


Рис.5 Зависимость времени задержки зажигания каплей ОБУТ от их размера при витании их в камере сгорания

Таблица

Исследованные составы ОБУТ

Номер состава	Относительная массовая концентрация твердых компонентов, %		Относительная массовая концентрация жидких горючих компонентов, %		Относительная массовая концентрация воды, %	Относительная массовая концентрация пластификатора, %
	Уголь "Б2"	Кек "К"	Отраб. моторное масло	Отраб. турбинное масло		
1	50	-	10	-	39.5	0.5
2	50	-	-	10	39.5	0.5
3	-	50.5	10	-	39	0.5
4	-	50.5	-	10	39	0.5

В условиях режима витания капли регистрировалось снижение времени задержки зажигания по сравнению с наиболее распространённым подходом к определению характеристик зажигания и горения, основанным на подвешивании каплей топлива на проволочках, керамических нитях и на спае малоинерционной термопаре при сопоставимых компонентных составах, начальных температурах окислителя и исходном диаметре капли [7, 8]. Установлено, что в среднем сокращение времени задержки зажигания (при сравнении этих режимов) составляло от 0.5 с до 4 с, а также диапазоны температур зажигания и горения от 700 К до 1000 К.

Предложенный подход по исследованию интегральных характеристик зажигания каплей топлива ОБУТ в режиме витания в модельной камере сгорания может быть реализован для различных составов с широким диапазоном содержания основных компонентов ОБУТ и ВУТ – жидких горючих веществ, воды и твердой горючей основы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 15-19-10003).

#### Литература

1. Горлов Е.Г. Композиционные водосодержащие топлива из углей и нефтепродуктов // Химия твердого топлива. 2004. № 6. С. 50–61.
2. Kontorovich A.E., Eder L.V. Long-term and medium-term scenarios and factors in world energy perspectives for the 21st century // Russian Geology and Geophysics. 2014. V. 55. № 5-6. P. 534–543.
3. BP Statistical Review of World Energy. 2015. <http://www.bp.com>.
4. Coal Information. International Energy Agency. 2015. <http://www.iea.org/>
5. Glushkov D.O., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. Low-Temperature Ignition of Coal Particles in an Airflow // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2015. V. 9. № 2. P. 242–249.
6. Glushkov D.O., Strizhak P.A., Vysokomornaya O.V. Numerical research of heat and mass transfer during low-temperature ignition of a coal particle // Thermal Science. 2015. V. 19. № 1. P. 285–294.
7. Kijo-Kleczkowska A. Combustion of coal-water suspensions. Fuel 2011;90(2):865–77.
8. Dmitrii O. Glushkov, Dmitrii P. Shabardin, Pavel A. Strizhak, Ksenia Yu. Vershinina. Influence of organic coal-water fuel composition on the characteristics of sustainable droplet ignition // Fuel Processing Technology. 2016. V. 143. P. 60–68.