

УДК 662.612

**ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА СУСПЕНЗИОННОГО ТОПЛИВА
НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ
НА ВРЕМЕННЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЕНИЯ**

К.К. Паушкина

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Д.О. Глушков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: kkp1@tpu.ru

**INFLUENCE OF THE COMPONENT COMPOSITION OF SUSPENSION FUEL BASED ON COAL
PROCESSING WASTE ON THE TEMPORARY AND ECOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF COMBUSTION**

K.K. Paushkina

Scientific Supervisor: PhD in Physical and Mathematical Sciences D.O. Glushkov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30, 634050

E-mail: kkp1@tpu.ru

***Abstract.** In this paper, we justify the implementation of the strategy for combined industrial and municipal waste recovery by burning it as part of composite liquid fuels. To this end, we conducted an experimental research into the ignition and combustion of 2-mm single droplets of composite liquid fuels based on wet coal processing waste with typical municipal solid waste components (wood, rubber, plastic, cardboard) and used turbine oil, added as combustible components. We have established guaranteed ignition delay time values for three various groups of fuel compositions in a motionless air medium at 600–1000 °C. The minimum values of the gas-phase ignition delay times are 3 s, the maximum ones are 25 s. Temperature changes in a fuel droplet during combustion were measured using thermocouples. Maximum temperatures reach 1300 °C for compositions with 10% of used oil. The combustion temperatures of fuel compositions without oil are 200–300 °C lower. The main anthropogenic emission concentrations (carbon, nitrogen, and sulfur oxides) in flue gases do not exceed those from dry coal combustion. Adding used oils to composite fuels reduces dioxin and furan concentrations in flue gases when municipal solid waste in the fuel burns out due to high combustion temperatures, on the one hand, and increases the concentration of the main anthropogenic emissions, on the other hand. However, this deterioration of environmental performance remains within the allowable emission rate limits for power plants burning solid fuels.*

Введение. Производство отходов является неизбежным следствием бытовой и хозяйственной деятельности человека, однако в последние годы данное явление стало одной из основных экологических проблем в мире. Только на территории Российской Федерации на полигонах (более 150 тыс. Га) уже накоплено более 94 млрд. т твердых отходов [1]. Ежегодный прирост твердых коммунальных отходов во всем мире составляет более 2,1 млрд. т [2]. Перспективным вариантом для снижения загрузки полигонов и нормализации экологической обстановки в их окрестностях является применение мелкодисперсных

твердых коммунальных отходов в качестве компонентов композиционных жидких топлив, состоящих из отхода углеобогащения и горючей жидкости (отработанные масла).

Разработка и внедрение на практике перспективных промышленных технологий требует всестороннего изучения технических, экологических и экономических аспектов нового направления в утилизации отходов. Поэтому целью настоящей работы является экспериментальное исследование процессов зажигания и горения одиночных капель для группы составов жидких композиционных топлив, отличающихся как дополнительными компонентами из числа типичных горючих ТКО, так и их концентрацией.

Экспериментальная часть. Исследование выполнено для группы композиционного жидкого топлива на основе фильтр-кека (ФК) коксующегося каменного угля фабрики «Северная» Кемеровской обл. (размер частиц менее 80 мкм, массовая концентрация воды около 50%). Для приготовления составов использовалась методика [3, 4]. Типичные ТКО (картон, древесина, резина, пластик) измельчались по отдельности в мельнице до размеров менее 140 мкм. Далее готовились три группы топливных составов: I – ФК 90% + ТКО 10%; II – ФК 80% + ТКО 20%; III – ФК 70% + ТКО 20% + масло 10%.

Процессы зажигания и горения одиночных капель композиционных топлив исследованы в сериях из 5–7 экспериментов, проводимых при идентичных начальных условиях: муфельная печь Loiplf50/500-1200 прогревалась до заданной температуры (T_g), сгенерированная электронным дозатором Finnpiquette Novus капля топлива на держателе вводилась внутрь печи при помощи координатного механизма СПШ20-23017/2000Z. Процессы, протекающие в течение индукционного периода, регистрировались высокоскоростной видеокамерой Phantom V411. Времена задержки зажигания (t_d) определялись по эволюции светимости капли во времени в рамках алгоритма Threshold, реализованного в ПО Tema Automotive. Систематические погрешности определения t_d не превышали 3%. Случайные погрешности для серий экспериментов, проведенных при идентичных условиях, не превышали 10%.

Результаты. Установлены области устойчивого зажигания трех групп топливных композиций разного состава при температурах окружающей среды 600–1000 °С (рис. 1).

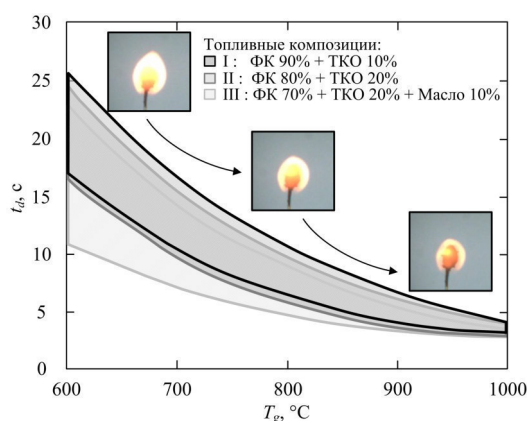


Рис. 1. Области (выделены цветом) устойчивого зажигания трех групп составов композиционного жидкого топлива

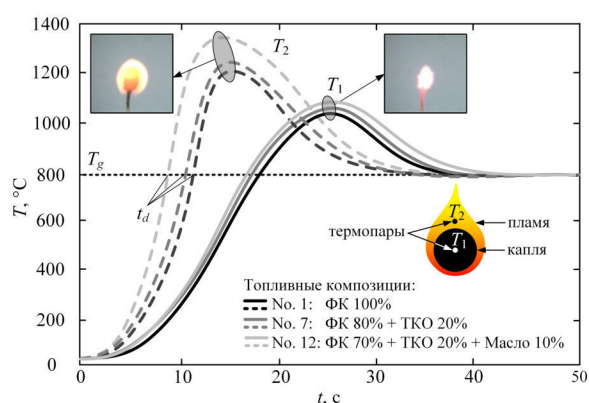


Рис. 2. Изменение температуры капель разных составов композиционного жидкого топлива в течение индукционного периода при $T_g = 800$ °С

Минимальные значения времен задержки зажигания t_d составляют около 3 с, максимальные – около 25 с. Для разных составов композиционного топлива установлены отличия (до 20%) времен задержки зажигания, которые более явно выражены при близких к предельным условиям зажигания, а

также отличия температур в процессе горения, максимальные значения которых достигают 1300 °С для составов с добавлением 10% отработанного турбинного масла (рис. 2). Достаточно высокие температуры в процессе горения композиционных топлив, содержащих ТКО, положительно влияют на снижение концентрации диоксинов и фуранов в дымовых газах.

Анализ состава продуктов сгорания с помощью газоанализатора Testo 340, который монтировался на стенде вместо видеокамеры. Концентрации оксидов углерода при сжигании топлива с компонентами ТКО отличаются менее существенно по сравнению с оксидами азота и серы и составляют: CO_2 – 16–18%, CO – не более 370 ppm. При добавлении в состав композиционного топлива разных ТКО максимальное отличие концентраций NO_x составляет 50% (150 ppm), SO_x – 40% (50 ppm), притом, что максимальные концентрации NO_x и SO_x в продуктах сгорания исходного ФК составляют 340 ppm и 130 ppm, соответственно. Для составов с 20%-й добавкой ТКО концентрации NO_x и SO_x меньше на 5–10% по сравнению с соответствующими составами при 10%-й добавке ТКО. В случае добавления в топливо отработанного масла концентрации NO_x и SO_x больше на 18–22% и на 10–12% по сравнению с соответствующими составами без добавления горючей жидкости. Т.о., чем больше ТКО в составе композиционного топлива, тем меньше концентрации NO_x и SO_x в газообразных продуктах сгорания по сравнению с исходным ФК. Добавление же отработанного масла в такие топливные композиции ведет к увеличению концентрации антропогенных выбросов, но не превышает предельно допустимые нормативные выбросы загрязняющих веществ энергетических установок для сжигания твердого топлива. Поэтому полученные результаты являются основой для разработки экологически, энергетически и экономически эффективной технологии утилизации ТКО путем сжигания в составе композиционных топлив в топках котлов вместо угля.

Заключение. На основании результатов выполненного экспериментального исследования с использованием метода высокоскоростной видеорегистрации установлен механизм зажигания и горения одиночных капель трех групп составов композиционного жидкого топлива на основе ФК с добавлением в качестве горючих компонентов мелкодисперсных частиц типичных ТКО (древесины, резины, пластика, картона), а также отработанного турбинного масла.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 18-43-700001 р_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году».
2. Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 –Washington, DC: World Bank, 2018. – 274 p.
3. Glushkov D.O., Paushkina K.K., Shabardin D.P. Co-combustion of coal processing waste, oil refining waste and municipal solid waste: Mechanism, characteristics, emissions // *Chemosphere*. – 2020. – V. 240. – P. 124892.
4. 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.