

топлива его экономия будет составлять около 1 млрд. тонн ежегодно на протяжении 20 лет (в течение регламентированного срока эксплуатации котла). В течение этого же промежутка времени будет утилизировано $24.24 \cdot 10^9$ тонн фильтр-кеков; $5.76 \cdot 10^9$ тонн ТБО; $0.36 \cdot 10^9$ тонн отработанных масел. Это позволит полностью решить проблемы утилизации отработанных масел, ежегодно производимых отходов углеобогащения, также на 10% уменьшить объем накопленных до 2017 года фильтр-кеков. Кроме этого добавление в состав композиционных топлив ТБО позволит утилизировать их в количестве до 50% от ежегодного объема производства.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (МК-2454.2018.3).

Utilization of municipal solid waste by burning in the composite fuels

D. P. Shabardin, D. O. Glushkov, K. K. Paushkina, D. S. Sivkov

*National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia*

dpshabardin@tpu.ru

By 2017, about 70 billions ton of municipal solid wastes (MSW), coal enrichment waste (filter-cakes), and used oils are accumulated all over the world. Quantity of waste increases every year. The energy content (more than $650 \cdot 10^{18}$ J) of such wastes characterizes the prospects of their utilization by burning in the content of composite fuels. Therefore, within the framework of the performed research, the regularities and necessary conditions for ignition of droplets of composite fuels based on filter cake with the addition of typical MSW (woods, food wastes, polymer materials, cardboards) in an amount of 10% by weight were experimentally established under heating conditions corresponding to the conditions of fuel combustion in boiler furnaces.

For typical compositions of fuel, a region of guaranteed ignition delay times of fuel droplets with sizes of about 1 mm is established in the range of ambient temperatures of 600–1000 °C. Minimum values of ignition delay times are about 3 s, maximum values are about 25 s.

The addition of MSW in the composite fuel leads to a reduction by 60% and 35% (or 110 ppm and 45 ppm) of NO_x and SO_x concentration in the flue gas compared to a fuel without adding MSW.

A partial replacement of coal (50% of energy generation) by an equivalent amount of composite fuel (in terms of energy generation) will

save about 1 billion ton of solid fossil fuels per year. During 20 years (the boiler's operational lifetime) it will be recycled about $24.24 \cdot 10^9$ tons of filter-cakes; about $5.76 \cdot 10^9$ tons of MSW; about $0.36 \cdot 10^9$ tons of used oils. The problem of utilization of used oils and annually produced filter-cakes will be solved completely. The quantity of filter-cakes accumulated until 2017 will be reduced by 10%. Besides, adding of MSW in the composite fuels will allow utilizing up to 50% of the annual production quantity of MSW.

The work was supported by the grant of the President of Russian Federation (МК-2454.2018.3).

Экспериментальное исследование горения капель водосодержащих топлив из торфа, угольных шламов и измельченного угля

Н.Е. Шлегель, К.Ю. Вершинина, П.А. Стрижак

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

nik.shlegel.ask@gmail.com

Приведены результаты экспериментальных исследований и сравнительного анализа характеристик, предельных условий и режимов зажигания перспективных суспензионных топлив, приготовленных с использованием торфа, угольных шламов, отходов флотации угля (фильтр-кека) и низкосортного бурого угля. В качестве добавки (10% масс.) использовалось отработанное турбинное масло. Установлены основные характеристики зажигания и горения суспензий: времена задержки зажигания и длительности горения капель, предельные температуры зажигания и максимальные температуры горения, антропогенные выбросы. Вычислены относительные коэффициенты использования (с учетом энергетических, экологических и экономических показателей) топливных суспензий в сравнении с углем и мазутом. Показано, что наибольшие перспективы имеют топлива с комбинированным составом (при одновременном использовании угля, шлама, торфа). Совокупный относительный показатель эффективности исследованных суспензий изменялся в диапазоне 1.01–3 (по сравнению с углем) и в диапазоне 2.9–24 (по сравнению с мазутом). Использование суспензий позволяет снизить стоимость тепловой