

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕПЕРЕРАБОТКИ
В КАЧЕСТВЕ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Г.С. Няшина, Н.Е. Шлегель

Научный руководитель д.ф.-м.н., заведующий кафедрой АТП, ЭНИН П.А. Стрижак
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Природные ресурсы традиционных энергоносителей достаточно интенсивно исчерпываются (получено довольно много обоснованных не радужных прогнозов за последние годы, например, [6]). В последние 5–7 лет особенно нестабильны цены на энергоресурсы (нефть и газ). Затянувшиеся кризисы становятся чрезвычайно ущербными для многих регионов и государств [7]. Довольно значительны экологические проблемы (вследствие выбросов оксидов серы и азота) при использовании углей даже самого высокого качества (запасы таких углей также существенно ограничены) [5]. В таких условиях особую актуальность приобретают технологии использования (создания новых топливных водоугольных композиций) отходов производства традиционных топлив, в частности, углей и нефтей [1]. Наиболее известными принято считать технологии водоугольных и органоводоугольных топлив.

Основной акцент при создании суспензий водоугольных и органоводоугольных топлив сделан [1, 4] на использовании низкосортных углей, органических отходов и тяжелых нефтяных остатков. Это связано с необходимостью достижения нескольких целей [1, 4]: снижения концентраций окислов серы и азота при горении углей, расширения сырьевой базы для изготовления топлив из отходов и соответствующих остатков, повышения полноты сгорания низкосортных углей, эффективной утилизации органических отходов и тяжелых нефтяных остатков. В России уже проведены технико-экономические обоснования целесообразности широкого вовлечения типичных отходов углепереработки в энергетический цикл [2]. Самыми выгодными вследствие больших объемов ежегодного прироста принято считать фильтр-кеки [2], которые образуются при флотации углей на перерабатывающих (обогащительных) фабриках (при подготовке угля на экспорт). Однако открытым остается вопрос экологии применения (сжигания) таких отходов углепереработки. К тому же, пока не опубликованы результаты ни экспериментальных, ни теоретических исследований, обосновывающую возможность минимизации выбросов в атмосферу парниковых газов при использовании водоугольных и органоводоугольных суспензий по сравнению с углем.

Цель данной работы заключается в экспериментальном исследовании концентраций основных антропогенных выбросов (CO , CO_2 , NO_x , SO_x) при сжигании перспективных отходов углепереработки – фильтр-кеков каменных углей.

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований сжигания наиболее распространенных фильтр-кеков каменных углей: тощих, слабоспекающихся, коксующихся, длиннопламенных, газовых. Также выполнены эксперименты с исходными углями, из которых получают данные кеки.

Сжигание капель водоугольного топлива на основе кеков, а также водоугольных суспензий, приготовленных из углей, выполнялось на стенде [3]. Порция топлива массой 1 грамм вводилась в камеру сгорания (внутренний объем 0.027 м^3). Температура окислителя (воздуха) в камере сгорания изменялась в диапазоне от $500 \text{ }^\circ\text{C}$ до $1000 \text{ }^\circ\text{C}$. Регистрация концентраций газообразных выбросов проводилась в течение 1 минуты. При дальнейшем рассмотрении и анализе рассматривались максимальные концентрации выбросов CO , CO_2 , NO_x и SO_x . Применялся специализированный газоанализатор Test1 (измерительные каналы: O_2 (диапазон 0–21 %, доп. погрешность 0,1 %), CO (диапазон 0–10 000 ппм, доп. погрешность 100 ппм), CO_2 (диапазон 0–20 %, доп. погрешность 0,1 %), NO_x (диапазон 0–2000 ппм, доп. погрешность 10 ппм), SO_x (диапазон 0–2000 ппм, доп. погрешность 10 ппм)).

На рис. 1 приведены установленные в экспериментах концентрации вредных выбросов при сжигании исследованных топливных композиций (представлены максимальные значения соответствующих концентраций).

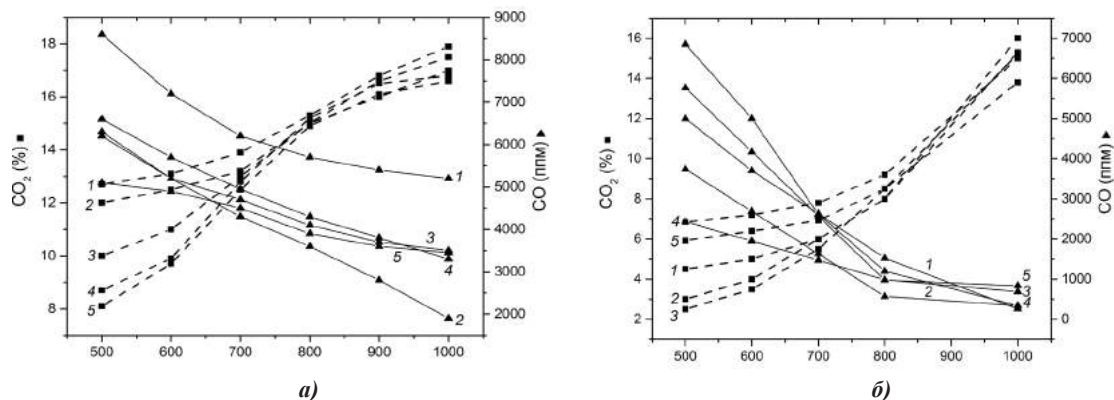


Рис. 1. Зависимости максимальных концентраций выбросов в атмосферу от температуры сжигания:
а – сравнение CO_2 для кеков 1 – кек СС; 2 – кек К; 3 – кек Г; 4 – кек Т; 5 – кек Д;
б – сравнение CO_2 для водоугольного топлива на основе углей 1 – СС; 2 – К; 3 – Г; 4 – Т; 5 – Д;

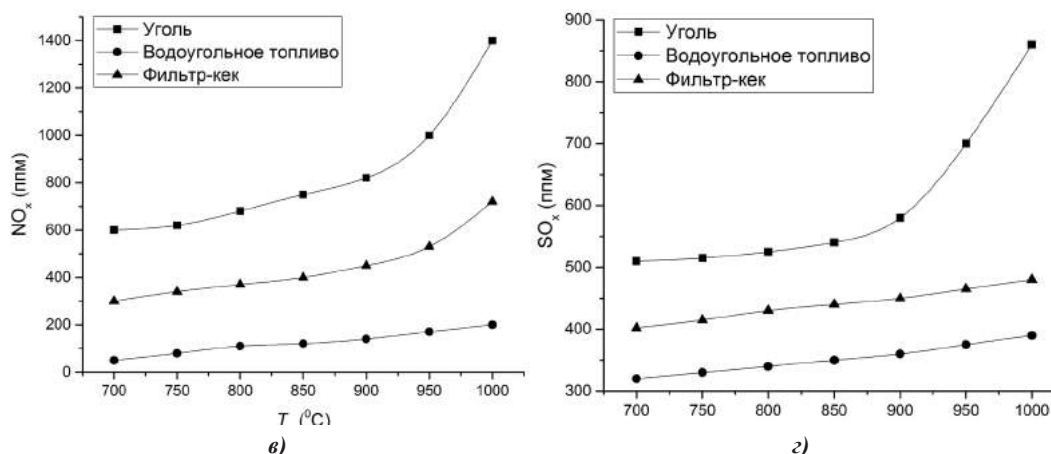


Рис. 1. Зависимости максимальных концентраций выбросов в атмосферу от температуры сжигания: в – сравнение NO_x для кеков, водоугольного топлива на основе углей, а также угольной пыли; г – сравнение SO_x для кеков, водоугольного топлива на основе углей, а также угольной пыли.

Зависимости (рис. 1) характеризуют несколько ключевых аспектов. В частности, водоугольные суспензии на основе фильтр-кеков имеют максимальные концентрации основных вредных выбросов (CO и CO_2), несущественно отличающиеся от аналогичных параметров для водоугольного топлива на основе исходных углей (рис. 1. а, б). Если же учесть соотношение стоимости углей и отходов их переработки (фильтр-кеков), а также теплоты сгорания [3], то приоритет применения фильтр-кеков становится очевидным. Особенно значимым этот приоритет становится, если принять во внимание, что уже имеющиеся запасы и объемы ежегодного производства фильтр-кеков чрезвычайно велики (десятки миллионов тонн). Кривые, иллюстрирующие зависимости концентраций основных антропогенных выбросов от температуры, показывают, что содержания оксидов азота (рис. 1. в) и серы (рис. 1. г) в продуктах сгорания снижаются в несколько раз при использовании технологий водоугольного топлива по сравнению со сжиганием угольной пыли. Сравнение концентраций основных парниковых газов (например, CO_2) показывает, что технологии водоугольного топлива не обеспечивают существенное уменьшение этих выбросов, но по NO_x и SO_x приоритет очевиден (рис. 1. в, г). В тоже время из представленных зависимостей выбросов CO_2 от температуры можно сделать вывод о том, что переход к более низким температурам создает условия для существенного уменьшения концентрации этого парникового газа.

Также по результатам экспериментов (рис. 1) можно заключить, что на выбросы угарного и углекислого газов этот диапазон может влиять более существенно (на 30–40 % могут снизиться их концентрации). Перспективность перехода к более низким температурам сжигания топлива обусловлена еще и тем, что для многих отходов углепереработки их смешение с водой помогает снижать пороговые (минимальные) температуры зажигания (за счет эффектов микровзрывов [2]). Так как для малых температур можно обеспечить устойчивое зажигание, концентрации вредных выбросов в этом случае минимальны и несущественно изменится недожог, соответственно такие температуры могут стать приоритетными в энергетике.

Исследования выполнены за счет средств проекта ВИУ_ЭНИН_25_2016.

Литература

- Deng S., Shi Y., Liu Y., Zhang, C., Wang, X., Cao, Q., Li, S., Zhang, F. Emission characteristics of Cd, Pb and Mn from coal combustion: Field study at coal-fired power plants in China // *Fuel Process. Technol.* – 2014. – V. 126. – P. 469–475.
- Glushkov D.O., Strizhak P.A., Chernetskii M.Yu. Organic Coal-Water Fuel: Problems and Advances (Review) // *Therm. Eng.* – 2016. – V. 63. – №. 10. – P. 707–717.
- Glushkov D.O., Syrodoy S.V., Zakharevich A.V., Strizhak P.A. Ignition of promising coal-water slurry containing petrochemicals: Analysis of key aspects // *Fuel Process. Technol.* – 2016. – V. 148. – P. 224–235.
- Hu G., Li J., Zeng G. 2013. Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: a review // *J. Hazard. Mater.* – 2013. – V. 26. – P. 470–490.
- Jianzhong L., Ruikun W., Jianfei X., Junhu Z., Kefa C. Pilot-scale investigation on slurring, combustion, and slagging characteristics of coal slurry fuel prepared using industrial wasteliquid // *Appl. Energy.* – 2014. – V. 115. – P. 309–319.
- Kontorovich A.E., Epov M.I., Eder L.V. Long-term and medium-term scenarios and factors in world energy perspectives for the 21st century // *Russ. Geol. Geophys.* – 2014. – V. 5. – P. 534 – 543.
- Lior N. Energy resources and use: The present situation and possible paths to the future // *Energy.* – 2008. – V. 33 – P. 842–857.