

2. Жуков М.Ф., Перегудов В.С. О плазменной технологии растопки котлов, работающих на пылеугольном топливе // Теплоэнергетика. –1996. – № 12. – С. 61–64.
3. Цепенюк А.И., Серант Ф.А. и др. Разработка и внедрение муфелизированных предтопок для снижения технического минимума пылеугольных котлов // Энергетик. – 2015. – № 12. – С. 45–51.
4. Делягин Г.Н., Лебедев В.И., Пермяков Б.А. Теплогенерирующие установки: Учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1986.
5. Кормилицын В. И., Лысков М. Г., Румынский А. А. Комплексная эко-совместимая технология сжигания водомазутной эмульсии и природного газа с добавкой сбросных вод. // Теплоэнергетика.–1996.– № 9.–С. 13 - 17.

Научный руководитель: Д.О. Глушков, к.ф.-м.н., доцент каф. АТП ЭНИН ТПУ.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ СЖИГАНИЕ СУСПЕНЗИОННЫХ УГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ С ПРИМЕСЬЮ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Г.С. Няшина, Н.Е. Шлегель
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТП, группа А6-13

1. Введение

Энергетические проблемы являются определяющими во многих экономических, социальных и экологических сферах. Именно от эффективной работы энергетического комплекса в значительной мере зависит экономический потенциал государств и благосостояние населения. Основными источниками энергии на сегодня являются геологические топливно-энергетические ресурсы: нефть, уголь, газ, горючие сланцы, торф, уран и др. По оценкам экспертов [1,2], доля угля в структуре мирового топливно-энергетического баланса составляет около 25–35%. С использованием угля производится 40–45% мировой электроэнергии [1,2].

Одной из основных проблем, связанных с использованием угля, является наносимый природе вред при его добыче, переработке и сжигании. Самые актуальные экологические проблемы (изменение климата, кислотные дожди, общее загрязнение среды) прямо или косвенно связаны с использованием данного энергоресурса [3]. Значительные экологические проблемы связаны с твердыми отходами ТЭС – золой и шлаками.

Рациональное использование собственных энергоресурсов, благоприятный климат и экологически чистая окружающая среда являются ключевыми факторами устойчивого развития любого государства [3,4]. На первый план выступают программы, которые способны без ущерба для быстрого экономического роста, реализовать целый ряд мер по повышению энергоэффективности и

снижению концентраций антропогенных выбросов. В рамках данного направления исследований предложено сосредоточиться на решении основных фундаментальных и прикладных задач в области определения эффективных, в первую очередь, с точки зрения экологических аспектов, условий использования перспективных водоугольных суспензий взамен традиционным энергоресурсам (мазут, газ, уголь). Под водоугольным топливом (ВУТ) понимается смесь измельченного угольного компонента с водой. В качестве горючей основы могут использоваться [5] угольные шламы и отсеvy, отходы углеобогачительных фабрик (фильтр-кеки), низкосортные угли. Для обеспечения необходимого уровня энергетической мощности и повышения энергоэффективности при использовании ВУТ в суспензии добавляется 10–15% жидкого горючего компонента [5]. Таким образом, получаются суспензии органоводоугольных топлив (ОВУТ).

Но применение жидких горючих отходов и низкорекреационных компонентов в составе ОВУТ приводит к неизбежному росту концентраций антропогенных выбросов. Основным направлением решения данной проблемы представляется активное применение растительных добавок [6-8]. Можно отметить, что общая тенденция проводимых в последние годы исследований по рассматриваемой научной тематике заключается в использовании больших объемов растительных добавок для получения энергии и минимизации негативного влияния на окружающую среду. Смешение растительных отходов и угольных топлив приводит к диверсификации источников энергии, так как их сырьевая база обширна и постоянно пополняется [6-8].

Россия располагает свыше 25% мировых запасов леса и занимается активной переработкой древесного материала. Лесами, из которых почти 80% приходится на долю хвойных, занято 2/5 территории страны. Основные запасы леса сосредоточены в Сибири и на Севере Европейской части страны. К категории древесного топлива относятся, кроме собственно деревьев, их растительные отходы (пни, сучья, ветви, вершинные части деревьев) и опады (хвоя, листья, валежник, кора), также промышленные отходы (обрезки, щепы, стружка, опилки, деревянная тара и др.) [8]. Низкий спрос на древесные отходы, образованные в результате лесозаготовки и лесопереработки, объясняется недостаточным развитием предприятий по их переработке и наносит существенный экономический ущерб и экологические последствия.

Цель настоящей работы – экспериментальное определение влияния добавок лесного горючего материала и древесных отходов на концентрации антропогенных выбросов при сжигании суспензионных угольных топлив.

2. Экспериментальная методика

Для изучения концентраций газообразных выбросов, образующихся при горении углей, продуктов и отходов углерепереработки, а также перспективных суспензий ВУТ и ОВУТ с соответствующими добавками и примесями, использовался стенд, аналогичный представленному в [9]. Основными элементами экспериментальной установки являются камера сгорания, представляющая собой трубчатую муфельную печь, и газоанализатор. Применение муфельной печи обеспечивает возможность создания воздушной среды с широким диапазо-

ном температур (700–1,000 °С). Для проведения экспериментов топливная навеска взвешивалась при помощи аналитических весов с дискретностью 0.01 грамм. Масса навески в каждом эксперименте варьировалась в диапазоне 0.5–1.5 грамма. Для обеспечения автоматического ввода и фиксации модульного зонда в камере сгорания использовался координатный механизм (аналогично [9]). Модульный зонд осуществлял отбор газообразных проб, которые поступали в корпус газоанализатора.

3. Результаты и обсуждения

На рис. 1 представлены концентрации основных антропогенных выбросов (SO_x , NO_x), образующиеся при сжигании водоугольного топлива (на основе фильтр-кека) в сравнении с органоводоугольными суспензиями с примесями древесных компонентов.

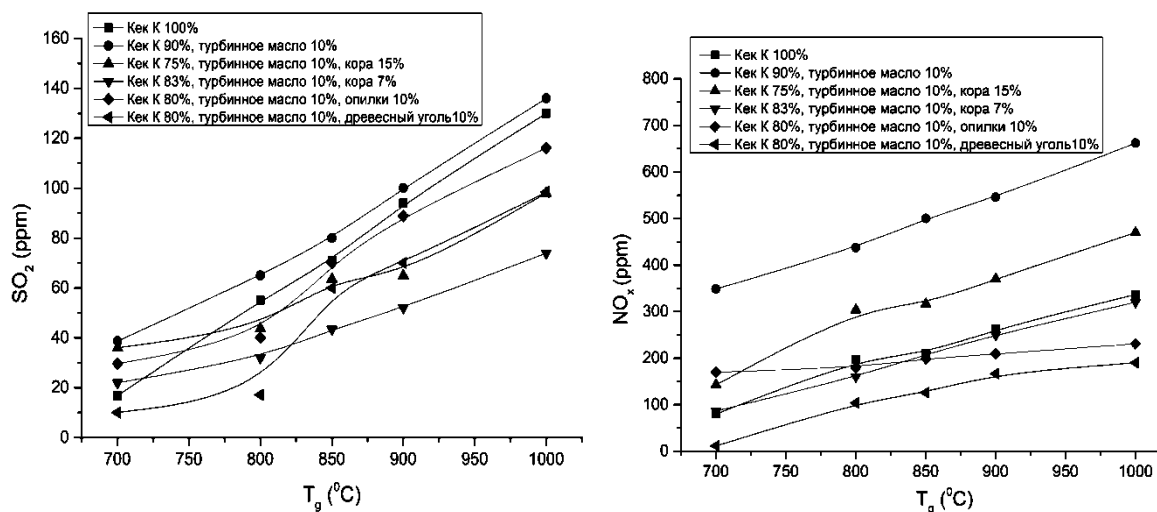


Рис. 1. Экспериментальные зависимости концентраций SO_x и NO_x от температуры в муфельной печи при варьировании древесных компонентов в суспензиях ОВУТ

Уменьшение выбросов диоксида серы в смесях ОВУТ с древесными компонентами можно объяснить малой долей содержания серы в последних, что напрямую оказывает влияние на серосодержание всей смеси. Установлено, что минимальными экологическими показателями по окислам серы (20-65 ppm) характеризуется топливо на основе фильтр-кека, отработанного турбинного масла с 7-15% древесной коры. Щелочно-земельные металлы, присутствующие в дубовой коре в больших количествах, обладают выраженной способностью захватывать SO_x путем образования сульфатов кальция и калия в присутствии кислорода, которого в коре так же достаточно (41.5%). Выбросы диоксидов серы при сжигании ОВУТ и ОВУТ с частицами опилок соизмеримы между собой и не превышают 100 ppm.

Наличие лишь 10% опилок в суспензии ОВУТ привело к снижению концентраций оксидов азота, образующихся при горении топлива, более чем в 2 раза (150–200 ppm в сравнении с 350–650 ppm для ОВУТ на основе фильтр-кека и турбинного масла). Установленное снижение образования топливных оксидов азота обусловлено следующим. Опилки способствуют интенсификации процесса зажигания (температуры термического разложения и зажигания опилок ниже на 200–300 К, чем фильтр-кека) и увеличению выхода монооксида углерода,

который принимает участие в восстановительных реакциях в направлении формирования свободного N_2 ($NO_x + CO = N_2 + CO_2$). Таким образом, с точки зрения выбросов NO_x приоритет суспензий с 10% опилок становится очевиден.

Заключение

По полученным экспериментальным данным можно сделать вывод о том, что древесный уголь, опилки, кора способны повысить экологические индикаторы сжигания органоводоугольных суспензий за счет специфических особенностей их химического состава и интенсифицирующих реакций, протекающих в ходе горения топлива. Несмотря на высокие экологические показатели применения древесного угля в виде добавки к ОБУТ, его производство в мире недостаточно, и использование его в виде компонента к ОБУТ может усложнить и повысить стоимость топлива. Однако масштабы производства предметов из древесины и темпы развития деревообрабатывающей промышленности в мире находятся на высоком уровне. Количество образующихся древесных отходов пропорционально масштабам производства. В этих условиях применение опилок и коры в качестве примесей для композиционного угольного топлива становится перспективным.

Исследования выполнены за счет средств гранта РНФ 15-19-10003.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Feng Liu, Tao Lyu, Li Pan, Fei Wang. Influencing factors of public support for modern coal-fired power plant projects: An empirical study from China // *Energy Policy*. – 2017. – V. 105. – P. 398-406
2. Li H., Yang S., Zhang J., Qian Y. Coal-based synthetic natural gas (SNG) for municipal heating in China: analysis of haze pollutants and greenhouse gases (GHGs) emissions. *J.Cleaner Prod.* – 2016 – V. 112. P. 1350-1359.
3. Guttikunda S.K., Jawahar P. Atmospheric emissions and pollution from the coal-fired thermal power plants in India // *Atmospheric Environment*. – 2014. – V. 92. – P. 449-460
4. Chao Zhao, Kunli Luo. Sulfur, arsenic, fluorine and mercury emissions resulting from coal-washing byproducts: A critical component of China's emission inventory // *Atmospheric Environment*. – 2017. – V. 152. – P. 270-278
5. P.A. Strizhak, K.Yu. Vershinina. Maximum combustion temperature for coal-water slurry containing petrochemicals // *Energy*. – 2017. – V. 120. – P. 34-46
6. Guo-qing Liu, Qing-cai Liu, Xiao-qing Wang, Fei Meng, Shan Ren, Zhen-peng Ji. Combustion Characteristics and Kinetics of Anthracite Blending with Pine Sawdust // *Journal of Iron and Steel Research, International*. – 2015. – V. 22. – I. 9. – P. 812-817
7. M.V. Gil, C. Pevida, J.J. Pis, F. Rubiera. Thermal behaviour and kinetics of coal/biomass blends during co-combustion // *Bioresource Technology*. – 2010. – V. 101. – I. 14. – P. 5601-5608

8. Asri Gani, Keiju Morishita, Kunihiro Nishikawa, Ichiro Naruse. Characteristics of Co-combustion of Low-Rank Coal with Biomass // Energy Fuels. – 2005. – V.19. – I. 4. – P.1652-1659
9. Margarita A. Dmitrienko, Galina S. Nyashina, Pavel A. Strizhak. Environmental indicators of the combustion of prospective coal water slurry containing petrochemicals // Journal of Hazardous Materials. – 2017. – V. 338. – P. 148-159.

Научный руководитель П.А. Стрижак, д.ф.-м.н., зав. кафедрой АТП ЭНИН ТПУ.

ПЕРСПЕКТИВЫ БЕЗМАЗУТНОЙ РАСТОПКИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ. ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

О.Е. Ляховская
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТП, группа 5БМ6Д

В настоящее время на пылеугольных ТЭС на территории нашей страны используется высококалорийное жидкое топливо (мазут) для повышения эффективности воспламенения, а также для стабилизации процесса горения угля. Мазут ежедневно используют для растопки котлов, стабилизации выхода жидкого шлака и подсветки факела.

Актуальность его замены на ТЭС становится очевидной с каждым годом все больше и больше, по причине неуклонного роста цен на мазут. А также совместное сжигание угля и обладающего более высокой реакционной способностью мазута ухудшает эколого-экономические показатели котлов: повышается механический недожог топлива и уменьшается КПД-брутто, снижается надежность эксплуатации котельного оборудования и возрастает скорость высокотемпературной коррозии экранных поверхностей, появляются выбросы пятиокси ванадия, увеличивается выход оксидов азота и серы. В энергетической стратегии развития России до 2020 г. предусматривается не только рост объемов добычи нефти, но и одновременное увеличение глубины ее переработки, что приведет к ухудшению качества мазута. Вытеснение мазута из топливного баланса низкосортными углями является важнейшей проблемой энергетики.

Известные методы снижения расхода мазута при сжигании низкосортных углей: реконструкция горелочных устройств, отдельное и смешанное сжигание угля и под-светочного топлива – мазута, подогрев воздуха и пылевоздушной смеси, утонение помола, кардинально не решают проблему сокращения расхода жидкого топлива, особенно на стадии растопки котлоагрегата [2, 4, 6].

Мазут применяют не только как резервное топливо для котельных агрегатов средней и большой производительности, но и как растопочное топливо для пылеугольных топок и дополнительное при комбинированном сжигании газа с жидким топливом. В соответствии со СНиП 11-35-76 «Котельные уста-