

Таблица 3. Результаты расчетов

Вариант расчета	Степень выгорания коксового остатка, %	Концентрация NO _x на выходе из топки, мг/м ³
Заводская компоновка горелки со сжиганием полифракционной пыли	98,01	162
Расстояние между ярусами горелок 1 метр с разделением фракций по ярусам	99,44	151
Расстояние между ярусами горелок 2 метра с разделением фракций по ярусам	99,59	146

Из представленных результатов видно, что разделение полифракционной угольной пыли на “крупную” и “мелкую” фракции, с последующим введением их в топку на разной высоте приводит к увеличению степени выгорания коксового остатка на 1,43÷1,58 % и одновременному снижению концентрации NO_x на выходе из топки на 6,8÷9,9 %. Таким образом применение пофракционного сжигания пылеугольного топлива может эффективно применяться для уменьшения потерь тепла с механическим недожогом и некоторого снижения выбросов NO_x.

ЛИТЕРАТУРА:

1. IEA online data services. Renewables information // IEA. URL: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity> (дата обращения 10.11.2022).
2. Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 144 с.
3. Пронин А.К. Предпосылки для применения пофракционного сжигания пылеугольного топлива // Бутаковские чтения: материалы I Всероссийской с международным участием молодежной конференции. – Томск: Томский политехнический университет, 2021. – С. 317-320.
4. Ranade V.V., Gupta D.F. Computational modeling of pulverized coal fired boilers. – Boca Raton: CRC Press, 2014. – 288 p.
5. FLUENT Theory Guide, Version 17.2. – Canonsburg, PA, ANSYS, Inc., 2016. – 812 p.
6. Маршак Ю.Л., Сучков С.И., Дик Э.П., Рубин М.М., Гончаров А.И., Конопелько И.П. и др. Исследование сжигания малозольного березовского угля в низкотемпературной тангенциальной топочной камере // Теплоэнергетика – 1981. – № 7. – С. 9-14.
7. Маршак Ю.Л., Козлов С.Г., Дик Э.П., Сучков С.И., Слепухова В.А. Шлакование топочной камеры при сжигании березовского угля // Теплоэнергетика – 1980. – № 1. – С. 16-22.

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.С. Заворин, профессор НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

МОДИФИКАТОР ГОРЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ

А.В. Губин, К.Б. Ларионов
Томский политехнический университет

На данный момент, несмотря на активное развитие возобновляемых источников энергии, в различных странах уголь является одним из основных дешевых и наиболее распространенных видов топлив. По данным ВР, потребление угля в 2021 году выросло более чем на 6 % [1]. Несмотря на рост спроса традиционных видов топлив, при их сжигании образуются вредные выбросы, которые пагубно влияют на окружающую среду. При сгорании топлива в избытке воздуха и при высоких температурах, создаются вредные продукты, такие как оксиды азота [2].

Каталитический способ сжигания топлив – наиболее эффективный. При таком способе, окисление топлива происходит на поверхности катализатора при относительно низкой температуре [3]. Существует способ каталитического сжигания, основанного на использовании оксидов металлов, а также их предшественников в виде солей. Действие катализаторов приводит к увеличению скорости реакции и увеличению выделения удельного количества тепла [4].

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования изменения реакционной способности твердых топлив (антрацит и бурый уголь) с помощью предшественников оксидов металлов.

В качестве исследуемых образцов твердого топлива были использованы антрацит (А) и бурый уголь (ЗБ), предварительно измельченные и просеянные на ситах с размером ячейки менее 100 мкм. Далее на полученные порошки были нанесены добавки, предварительно растворенные в водноспиртовом растворе с объемным соотношением (воды/этиловый спирт) 50/50%. В качестве добавок были использованы: селитра техническая, нитрит натрия, нитрит азотнокислый и нитрат кальция. Массовая доля добавки к топливу составляла 5 %. После модифицирования образцов, полученная суспензия при температуре 80 °С выдерживалась до полного испарения водноспиртового раствора.

Исследование реакционной способности было выполнено с применением экспериментального стенда сжигания твердого топлива. Экспериментальный стенд состоит из следующих элементов: камера сгорания в виде терморегулируемой муфельной печи (Спутник, Россия) мощностью 2 кВт с цифровым регулятором температуры (погрешность измерения термодатчика $\pm 3-5$ °С) объемом 0,003 м³; высокоскоростная видеокамера FASTCAM SA4 5 (Photron, США) с форматом изображения – 1024×1024 пикселей, частотой съемки – 250 кадров в секунду (параметры указаны для настоящей работы); дистанционно управляемый координатный механизм; поточный газоанализатор Тест-203 (БОНЭР, Россия).

Методика проведения эксперимента включала несколько этапов. В терморегулируемой печи устанавливалась температура греющей среды $T_g = 700$ °С. Далее топливная навеска массой $\approx 0,1 \pm 0,01$ г помещалась с помощью цилиндрической формы на держатель координатного механизма, ход которого калибровался по заданной координате в центр камеры сгорания и приводился в действие с помощью РС. Держатель топливной навески был закреплен на трубку с внутренним диаметром 6 мм. Одновременно с началом движения трубки с топливной навеской в сторону камеры сгорания начиналась видеофиксация. Образующиеся в процессе горения газофазные продукты (СО, СО₂, NO_x) проходили через трубку и анализировались с помощью поточного газоанализатора.

Изменение реакционной способности определялось с помощью параметра «время задержки зажигания», который был вычислен по результатам высокоскоростной видеосъемки процессов зажигания и горения исследуемых образцов. Определение данного параметра осуществлялось следующим образом: время задержки зажигания – интервал от момента входа держателя с топливной навеской в фокус камеры до начала образования видимого свечения поверхности топлива, что соответствовала началу процесса горения.

Результаты определения времени задержки зажигания исследуемых образцов представлены на рисунке 1.

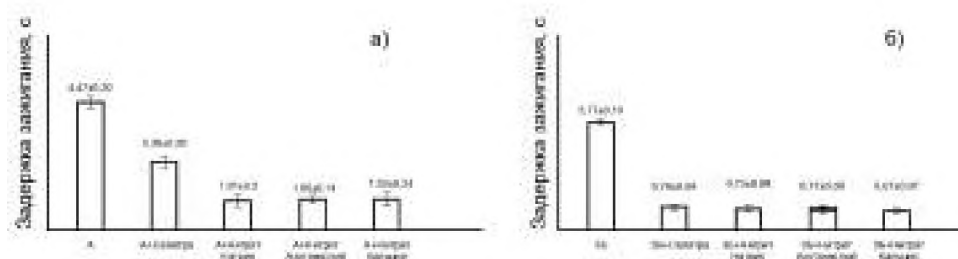


Рис. 1. Время задержки зажигания для исходных и модифицированных образцов: а) антрацита, б) бурого угля

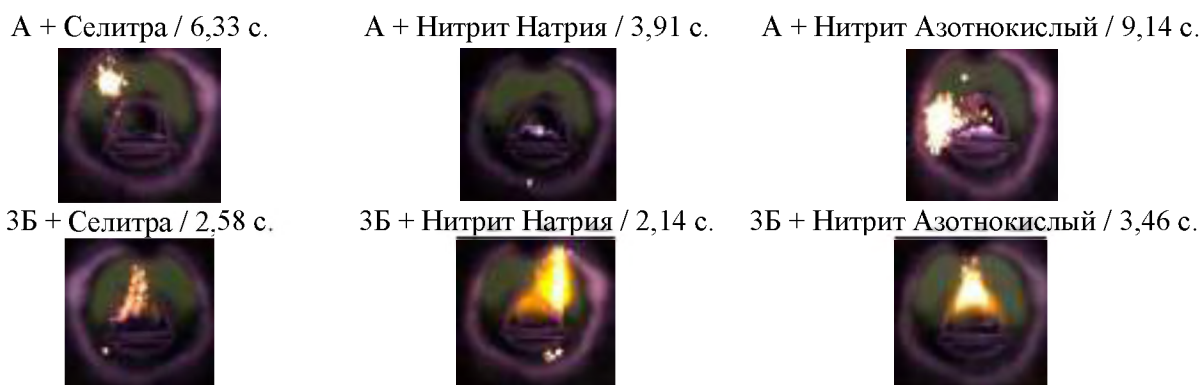


Рис. 2. Кадры высокоскоростной видеосъемки процесса горения модифицированных образцов твердого топлива, визуализирующие характерное образование микровзрывов

Результаты определения времени задержки зажигания, показали, что использование активирующих добавок способствуют к повышению реакционной способности твердого топлива. Наиболее ярко это выражено для образцов антрацита, которые имеют меньшее содержание летучих веществ и как следствие более высокую степень углефикации. Также процесс горения модифицированных образцов сопровождался с периодическим образованием микровзрывов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Statistical Review of World Energy. [Электронный ресурс]: ВР. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (дата обращения: 13.11.2022).
2. Каталитическая система и способ восстановления NO_x / Мэйл Д.Л., Соловейчик Г.Л., Палматье Э.Л., Роша Т.Г., Ханку Д., Уорнер Г.Л., Редлайн Д.К., Будшейм Э.Д., Чен К., Баддл С.Т. // Джeneral элекрик компани. – 2009. – 18 с.
3. Каталитическое сжигание: достижения и проблемы / Пармон В.Н., Симонов А.Д., Садыков В.А., Тихов С.В. // Физика горения и взрыва. – 2015. – т.51. № 2. – 5-13 с.
4. КАТАЛИТИЧЕСКОЕ СЖИГАНИЕ БИОМАССЫ И ИСКОПАЕМЫХ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ / Мороз А.А. // Материалы 62-й научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов. – 2006. – 150-152 с.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 21-79-00091).

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА, ПОЛУЧАЕМОГО МЕТОДОМ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА, В КАЧЕСТВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТОПЛИВА НА ПРИМЕРЕ ТЭЦ АЧИНСКОГО ГЛИНОЗЕМНОГО КОМБИНАТА

В.П. Лойко, Ю.С. Долгов, В.С. Мезенцева
Сибирский федеральный университет
ФЭ, ТЭС, группа ФЭ20-01Б, группа ФЭ19-01Б

Актуальность работы обусловлена указом президента, в рамках которого одним из приоритетных направлений научно-технологического развития Российской Федерации является переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья [1]. Развитие в этом направлении также предусматривается на втором этапе Энергетической стратегии России, на период до