

**ЗАЖИГАНИЕ ДИСПЕРГИРОВАННОГО УГЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ГАЗОВЫМ ПОТОКОМ**К.Ю. Вершинина, Д.О. Глушков, П.А. Стрижак,

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: [dmitriyog@tpu.ru](mailto:dmitriyog@tpu.ru)**IGNITION OF DISPERSED COAL BY LOW-TEMPERATURE GAS FLOW**K.Yu. Vershinina, D.O. Glushkov, P.A. Strizhak,

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin av., 30, 634050

E-mail: [dmitriyog@tpu.ru](mailto:dmitriyog@tpu.ru)

**Annotation.** The regularities of physicochemical processes occurring under coal dust particles heating by air flow were investigated by means of experimental setup of gas flow high-speed diagnostics. Qualitative and quantitative characteristics were determined for the processes of coal dust inert heating, moisture evaporation, thermal decomposition, forming of combustible gas mixture, volatiles and carbon oxidation. It was found that oxidizer temperature required for coal particles ignition is no less than 500 °C. The experimental results can be used for developing predictive models of technological processes fire hazard of dust-preparation systems at coal-fired thermal power plants.

В качестве объекта исследования выбран бурый уголь Канско-Ачинского бассейна, который широко используется в качестве топлива на тепловых электростанциях крупнейших регионов России (Красноярский край, Республика Хакасия, Иркутская область). Образцы угольной пыли были получены путем размельчения крупных частиц твердого топлива с использованием шаровой барабанной мельницы. Размер 80% частиц угля в полидисперсной смеси образца не превышал 200 мкм.

Для анализа значений времен задержки зажигания в условиях реального технологического процесса и более детального изучения тепломассопереноса в окрестности частицы угля проведены экспериментальные исследования с использованием установки (рис. 1).

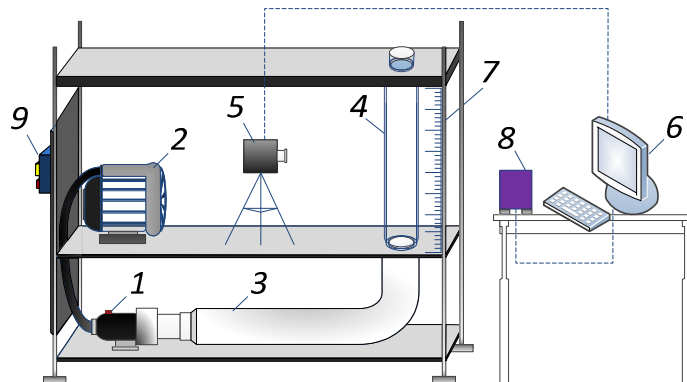


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – воздухонагреватель; 2 – вентилятор высокого давления; 3 – канал движения нагретого воздуха; 4 – полый стеклянный цилиндр; 5 – высокоскоростная видеокамера; 6 – персональный компьютер; 7 – штатив; 8 – аналитические весы; 9 – пульт управления

## «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

Основными элементами установки являются: воздухонагреватель 1 (максимальная температура воздуха на выходе 650 °С), вентилятор высокого давления 2 (статическое давление 8 кПа), высокоскоростная камера 5 (скорость съемки 4200 кадров/с, разрешение 1200x800), персональный компьютер 6 со специализированным программным обеспечением Tema Automotive.

При планировании эксперимента принята следующая схема исследуемого процесса. Частица угля фиксировалась на оси симметрии полого цилиндра. Затем в цилиндр подавался горячий воздух. При определении интегральных характеристик температура воздуха варьировалась в интервале от 200 до 600 °С, скорость потока была постоянной и составляла 1 м/с. При нагревании частицы происходило термическое разложение угля. За счет механизмов диффузионно-конвективного массопереноса летучие перемешивались с окислителем. В окрестности частицы образовывалась горючая газовая смесь. При достижении достаточных для зажигания значений температур и концентраций газообразных продуктов термического разложения в смеси происходило возгорание. Интервал времени от момента начала нагрева частицы угля в цилиндре 4 до момента появления пламени фиксировался видеокамерой 5 и регистрировался на персональном компьютере 6 (рис. 1). Значение этого интервала определяло время задержки зажигания  $t_d$ . Обработка результатов видеосъемки проводилась при помощи специализированного программного обеспечения Tema Automotive.

В результате экспериментальных исследований установлены предельные значения температур воздуха ( $T_{\min}$ ), при которых реализуется зажигание частиц угля размерами  $r=50-500$  мкм (таблица 1). Также определены времена задержки зажигания частиц угля при температуре внешней газовой среды  $T=600$  °С (таблица 1).

Таблица 1

Предельные температуры окислителя  $T_{\min}$  и времена задержки зажигания частиц угля  $t_d$  (при  $T=600$  °С)

$r$ , мкм	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
$T_{\min}$ , °С	600	592	584	577	571	567	563	560	557	554
$t_d$ , с	6,1	6,5	7,0	7,2	9,9	11,8	13,0	16,5	19,1	21,9

На рис. 2 приведены распределения температур в системе «частица – окислитель» в различные моменты индукционного периода. Видно, что в результате процесса термического разложения угля поглощается большое количество энергии, что ведет к снижению температуры воздуха в окрестности частицы. С ростом концентрации горючих газов энерговыделение нелинейно возрастает в результате ускорения реакции окисления. Это приводит к повышению температуры на границе «частица – окислитель» и ускорению прогрева глубинных слоев частицы. Рост скорости окисления газовой смеси сопровождается уменьшением концентрации горючих веществ в зоне экзотермической реакции. Зажигание происходит при достаточных концентрациях и температурах смеси летучих с кислородом воздуха.

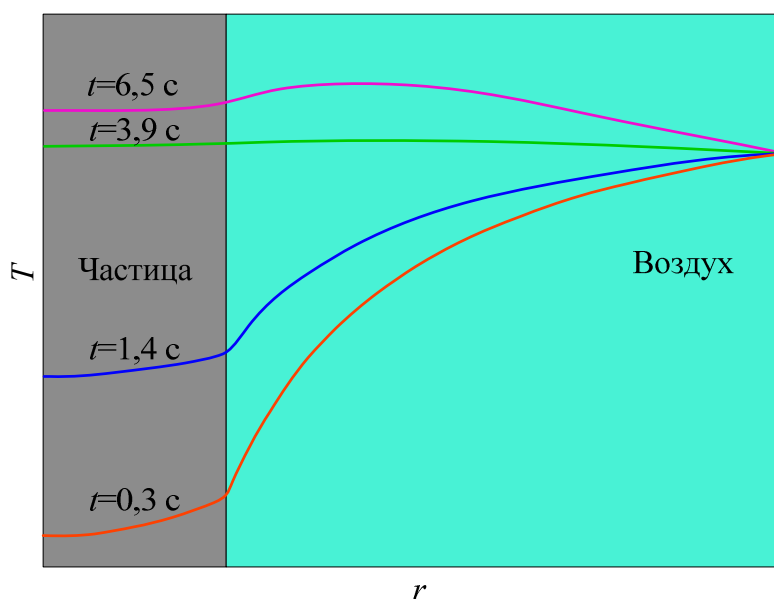


Рис. 2. Распределения температуры в окрестности частицы при  $r=100$  мкм и  $T=600$  °С в разные моменты времени

Совокупность данных о предельных температурах окислителя и длительности протекания индукционного периода (таблица 1) может быть использована при оценке потенциальной опасности процесса нагрева угольной пыли в условиях реального технологического процесса. Максимальные значения  $t_d$  для частиц размерами  $r=50$ – $500$  мкм не превышают 22 с (таблица 1). Установленные времена зажигания при относительно невысокой температуре воздуха позволяют объяснить возможные причины нерегламентированных возгораний в агрегатах и системах (например, топливоприготовления) объектов теплоэнергетики [1, 2]. В частности, при подготовке топлива к сжиганию возможно продолжительное нахождение угольной пыли в газовой среде с температурой более 500 °С в течение времени, существенно превышающем  $t_d$ . При полидисперсном составе угольной пыли реализация условий зажигания хотя бы одной из частиц инициирует воспламенение других частиц в ее окрестности.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-03-31304 мол\_а.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захматов В.Д. Угроза государственной программе по энергетической независимости Украины – переводу газовых электростанций на угольную пыль // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22. – № 8. – С. 63–69.
2. R.C. Carini, K.R. Hules. Prevention, Detection, and Control of Coal Pulverizer Fires and Explosions. – Electric Power Research Institute, 2000. – 284 p.