

EDN: BXCMQS

УДК 621.1

## Investigation of the Possibility of Igniting Coal Dust Using Intermetallic Radiation Burners

**Yuri B. Goncharenko,**  
**Alexander V. Kulik, Alexey Y. Koptev\*,**  
**Oleg G. Panchenko and Anastasia A. Glazebnaia**  
*Far Eastern Federal University*  
*Vladivostok, Russian Federation*

Received 23.05.2024, received in revised form 13.08.2024, accepted 17.12.2024

**Abstract.** Burner devices made of porous materials (radiation porous burners) are an innovative technology in which most of the fuel energy is converted into electromagnetic radiation energy in the infrared region of the spectrum in order to convert it into other types of energy: thermal, electrical, chemical. The possible prospects for the introduction of radiation porous burners into burner devices for igniting coal dust are due to the localization of the ignition point of the pulverized coal mixture, in which there is no movement of the core of the torch, a decrease in its pulsation is observed. The paper presents the results of experiments on the ignition of coal dust using porous burner devices.

**Keywords:** porous burners, design of burners, pulverized coal fuel, ignition of solid fuels.

Citation: Goncharenko Yu. B., Kulik A. V., Koptev A. Y., Panchenko O. G., Glazebnaia A. A. Investigation of the possibility of igniting coal dust using intermetallic radiation burners. J. Sib. Fed. Univ. Eng. & Technol., 2025, 18(1), 57–63. EDN: BXCMQS



## Исследование возможности розжига угольной пыли с помощью интерметаллидных радиационных горелочных устройств

Ю. Б. Гончаренко, А. В. Кулик,  
А. Ю. Коптев, О. Г. Панченко, А. А. Глазбная  
*Дальневосточный федеральный университет  
Российская Федерация, Владивосток*

**Аннотация.** Горелочные устройства из пористых материалов (радиационные пористые горелки) представляют собой инновационную технологию, при которой большая часть энергии топлива превращается в энергию электромагнитного излучения инфракрасной области спектра с целью ее преобразования в другие виды энергии: тепловую, электрическую, химическую. Возможные перспективы внедрения радиационных пористых горелок в горелочные устройства для розжига угольной пыли обусловлены локализацией точки воспламенения пылеугольной смеси, при которой отсутствует перемещение ядра факела, наблюдается снижение его пульсации. В работе приведены результаты экспериментов по розжигу угольной пыли с использованием пористых горелочных устройств.

**Ключевые слова:** пористые горелочные устройства, конструкция горелочных устройств, пылеугольное топливо, воспламенение твердого топлива.

Цитирование: Гончаренко Ю. Б. Исследование возможности розжига угольной пыли с помощью интерметаллидных радиационных горелочных устройств / Ю. Б. Гончаренко, А. В. Кулик, А. Ю. Коптев, О. Г. Панченко, А. А. Глазбная // Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии, 2025, 18(1). С. 57–63. EDN: ВХСМ QS

Современный этап научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России связан с повышением эффективности энергетических процессов во всех сферах производственной деятельности, обусловленный обеспечением энергетической безопасности страны, а также переходом к ресурсосберегающей экономике [1].

При этом, согласно разработанным нормативно-правовым актам, преобразование энергии на органическом топливе и, в частности, развитие новых технологий сжигания угля является необходимым условием для стабильного роста отраслей топливно-энергетического комплекса России [2–3], развитие новых технологий в данной области является важной научной задачей.

В настоящее время ухудшение качества углей, а также применение на электростанциях не-проектных низкоресурсных марок углей создает негативные условия работы энергоисточников, ухудшается эффективность сжигания и устойчивость начальной стадии горения, интенсифицируется шлакование топочных камер и газоходов котельных агрегатов [4], увеличиваются периоды ремонта котельных агрегатов. Проведенные исследования по сжиганию дальневосточных углей [5] показывают, что сжигание не-проектных углей с незначительно различающимися физико-химическими свойствами приводит к неустойчивому горению, для стабилизации которого появляется необходимость подсветки факела, при этом после прекращения дополнительной подсветки горение угольной пыли ухудшается и через некоторое время факел погасает. Однако мазутная подсветка факела снижает экологические характеристики котельных агрегатов, в уходящих газах увеличивается содержание оксидов серы, увеличивается механический недожег

улей, что приводит к снижению КПД котельных агрегатов. Описанные обстоятельства повышают актуальность и важность поиска и апробации новых способов и технологий сжигания углей на существующих объектах энергетики.

Наиболее изученными являются следующие системы розжига и подсветки пылеугольных горелок: плазменная технология, термоциклонные предтопки, система муфельной растопки, технология термической подготовки углей. Данные системы, за исключением плазменной технологии, обладают существенным недостатком – в связи с низкой эффективностью регулирования количества подвода теплоты к горелочному устройству становится невозможным определение места воспламенения пылеугольной смеси, вследствие чего наблюдается пульсация факела.

Локализации точки воспламенения возможно добиться применяя радиационную пористую горелку. Кроме того, перспективы внедрения радиационных пористых горелок на объекты энергетической отрасли обосновываются их специфическими особенностями [6–7]:

- возможность сжигать бедные топливно-воздушные смеси, что позволяет данным устройствам работать на широкой номенклатуре топлив;
- пониженная температура газообразных продуктов сгорания, благодаря чему снижается металлоемкость теплообменников конвективной части агрегатов;
- мгновенная передача энергии инфракрасного потока нагреваемому телу.

Исследования процессов воспламенения и горения дальневосточных углей [8, 9] проведены для неподвижных частиц, при которых изучена вся последовательность процессов воспламенения и горения частиц угольной пыли, начиная с момента поступления её в камеру горения до полного выгорания частиц. Малоизученным остается метод воспламенения пылеугольной смеси за счет инфракрасного потока, который преобладает в радиационных пористых горелках. Для изучения процесса зажигания и горения угольной пыли вблизи радиационной пористой горелки собрана экспериментальная установка, горелочное устройство использовано мощностью 25 кВт (размер пор 600–900 микрон при пористости 50–55 %) в форме полого цилиндра, изготовленного из NiAl [10, 11] методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для организации возврата тепла от продуктов горения к свежей смеси за счет радиационного теплообмена. Горение газовой смеси осуществляется внутри пористого каркаса, при этом 60 % энергии преобразуется в лучистое тепло [12]. Форма каркаса – полый цилиндр с внешним диаметром 67 мм, внутренним 36 мм. Полная длина каркаса 40 см, из них торцы длиной 2 см с каждой стороны не участвуют в сжигании топлива, так как являются элементами крепления.

В качестве топлива использован сжиженный углеводородный газ (LPG), с составом – 30 % пропан, 70 % бутан. Теплота сгорания 45,7 МДж/кг, нижний предел воспламенения 2,0 %.

Воспламенение и дальнейшее горение топливной смеси происходит полностью во внутреннем режиме горения, характерный тем, что на внешней поверхности каркаса наблюдаются продукты полного сгорания  $\text{CO}_2$ , а температура внутренней стенки каркаса выше, чем температура наружной стенки.

Перед подачей пыли проводился разогрев горелки до рабочей температуры, время разогрева 5–10 мин. Предварительно перемешанная смесь горючего газа и воздуха подается во внешнюю радиационную горелку, на поверхность которой устанавливается кварцевая труба-реактор. В процессе работы инфракрасной горелки вдоль трубки создается мощный радиационный тепловой поток.

Для оценки возможности зажигания пылеугольной смеси на экспериментальной установке проведены эксперименты с различными расходами, при которых наблюдается устойчивое воспламенение частиц угольной пыли на выходе из кварцевой трубки. Результаты экспериментов № 1–3 приведены на рис. 1–4.

В ходе экспериментов установлено, что воспламенение угольной пыли происходит при расходе пыли 3,3 г/мин, скорость аэросмеси 4,75 м/с.

При увеличении расхода пыли на 25 %, за счет увеличения расхода первичного воздуха, скорость движения аэросмеси увеличилась на 9 % по сравнению с опытом № 1. Это привело к более интенсивному горению за счет большей концентрации угольной пыли в потоке воздуха.

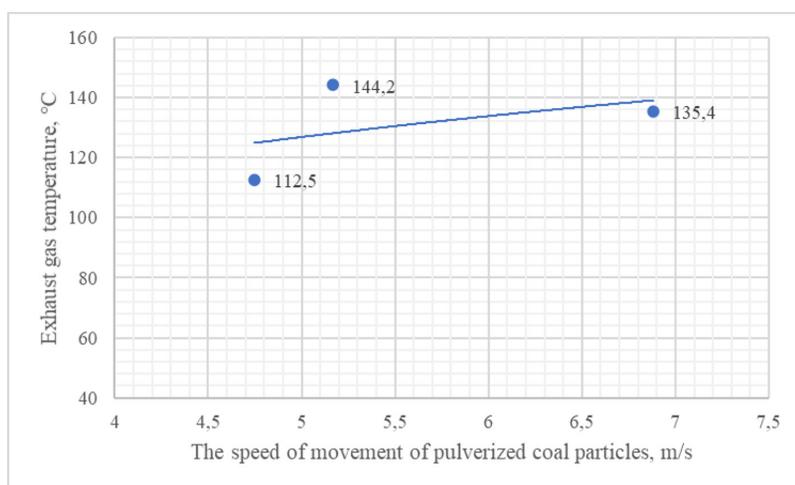


Рис. 1. Зависимость температуры уходящих газов от скорости движения пылеугольной смеси

Fig. 1. Dependence of the temperature of the exhaust gases on the velocity of the pulverized coal mixture

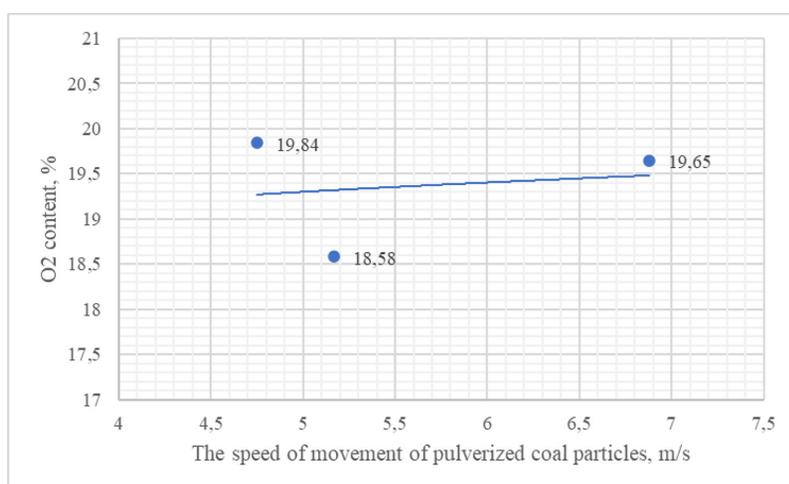


Рис. 2. Зависимость содержания O<sub>2</sub> от скорости движения пылеугольной смеси

Fig. 2. Dependence of the O<sub>2</sub> content on the velocity of the pulverized coal mixture

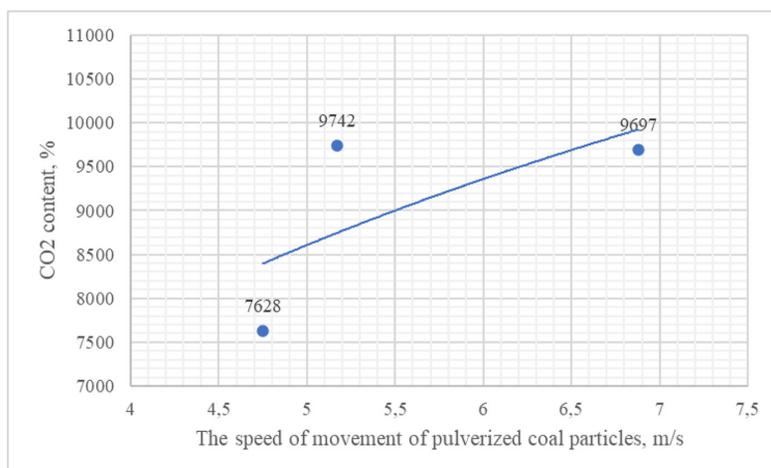


Рис. 3. Зависимость содержания CO от скорости движения пылеугольной смеси

Fig. 3. Dependence of the CO content on the velocity of the pulverized coal mixture

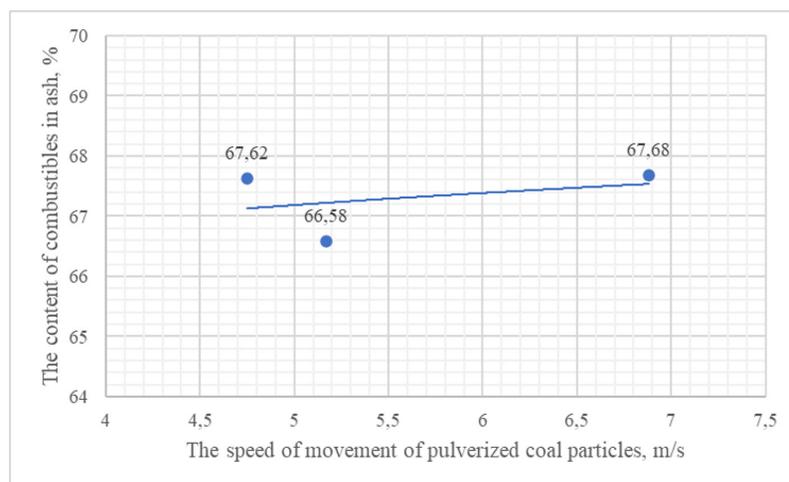


Рис. 4. Зависимость содержания горючих в золе от скорости движения пылеугольной смеси

Fig. 4. Dependence of the combustible content in the ash on the speed of movement of the pulverized coal mixture

Однако при увеличении расхода пыли на 85 %, по сравнению с опытом № 2, расход, а также скорость первичного воздуха увеличены на 35 %, что привело к снижению интенсивности горения. Это обуславливается тем, что подаваемая угольная пыль не успевала сгорать, что привело к проскоку несгоревшей пыли через проточный реактор. Воспламенение заметно только в самом конце кварцевой трубки.

При экспериментах температура излучателя варьировалась в диапазоне 900–913 °С. Наиболее интенсивное горение получено при скорости аэросмеси 5,17 м/с. Газовый анализ показал высокую концентрацию монооксида углерода (CO) в продуктах сгорания (7600–9700 ppm), что свидетельствует о протекании процесса горения. Содержание кислорода варьировалось от 18,6 до 19,8 % (бедная по топливу смесь). В результате экспериментальных исследований

установлено, что для устойчивого воспламенения угольной пыли необходимое время пребывания частиц под воздействием излучателя составляет 0,102 сек для бикинского угля, 0,083 сек для нижнебикинского угля, 0,065 сек для нижнебикинского угля при достаточно низкой температуре потока нагретого воздуха на выходе из кварцевой трубки (144,2 °С). Наблюдаемые в экспериментах процессы воспламенения частиц протекают существенно интенсивней, чем при нагреве горячими газами. Так, при нагреве неподвижных частиц угольной пыли горячими газами с температурой 1 127 °С время воспламенения дальневосточных углей составляет от 0,1 до 0,35 сек [9], что свидетельствует о преобладающей роли мощности инфракрасного излучения над температурой газового потока.

### Список литературы / References

[1] Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 N 1523-р (ред. от 25.12.2023) «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» [Decree of the Government of the Russian Federation dated 06/09/2020 No. 1523-р (as amended on 12/25/2023) “On approval of the Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035” (In Rus.)]

[2] Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. N 899 “Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации” (с изменениями и дополнениями) [Decree of the President of the Russian Federation No. 899 dated July 7, 2011 “On approval of priority directions for the development of science, technology and technology in the Russian Federation and the list of Critical Technologies of the Russian Federation” (with amendments and additions) (In Rus.)]

[3] Приказ Минэнерго России от 21.12.2021 N 1436 “Об утверждении Прогноза научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года” [Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation dated 12/21/2021 No. 1436 “On approval of the Forecast of scientific and technological development of the branches of the fuel and energy complex of Russia for the period up to 2035” (In Rus.)]

[4] Капельсон Л. М. Пути сокращения расхода газа и мазута на пылеугольных электростанциях, рассчитанных на сжигание низкореакционных углей. *Теплоэнергетика*. 2002. 1. 56–60. – EDN XIQMNX [Kapelson, L. M. Ways to reduce gas and fuel oil consumption at pulverized coal power plants designed for burning low-reactive coals. *Teploenergetika*. 2002. 1. 56–60. – EDN XIQMNX (In Rus.)]

[5] Маслов В. Е., Хидиатов А. М., Васюк В. С. Опытнo-промышленное сжигание бикинского бурого угля. *Теплоэнергетика*, 1974. 4, 38–41 [Maslov V. E., Khidiatov A. M., Vasyuk V. S. Pilot-industrial combustion of Bikinsky brown coal. *Teploenergetika*, 1974. 4, 38–41 (In Rus.)]

[6] Патент № 2640305 С 1 Российская Федерация, МПК F23D 14/16. радиационная газовая горелка: № 2017107577: заявл. 07.03.2017: опубл. 27.12.2017 / А. С. Мазной, А. И. Кирдяшкин, А. Н. Гушин [и др.]; заявитель Общество с ограниченной ответственностью “Синтез-СВ”. – EDN VBOFHU. [Patent No. 2640305 С 1 Russian Federation, IPC F23D 14/16. radiation gas burner: No. 2017107577: application 07.03.2017: publ. 27.12.2017 / A. S. Maznoy, A. I. Kirdyashkin, A. N. Gushchin [et al.]; applicant Limited Liability Company “Sintez-SV”. – EDN VBOFHU.) (In Rus.)]

[7] Wood S., Harris A. T. Porous burners for lean-burn applications. *Progress in energy and combustion science*. 2008. 34. 5. 667–684.

[8] Новицкий Н. В., Мартынова М. Н., Хидиатов А. М. и др. Теплотехнические характеристики углей Бикинского месторождения как топлива для электростанций. *Теплоэнергетика*, 1973. 8, 22–24 [Novitsky N. V., Martynova M. N., Khidiatov A. M., etc. Thermal engineering characteristics of the Bikinskoye coal deposit as fuel for power plants. *Teploenergetika*, 1973. 8, 22–24 (In Rus.)]

[9] Хидиатов А. М., Бабий В. И., Маслов В. Е. и др. Реакционные свойства и особенности горения бикинского угля. *Химия твердого топлива*, 1973. 3, 18–21 [Khidiatov A. M., Babiy V. I., Maslov V. E., etc. Reactionary properties and combustion features of Bikin coal. *Chemistry of Solid Fuels*, 1973. 3, 18–21 (In Rus.)]

[10] Патент RU 2640305, Минаев С. С., Гушин А. Н., Цой К. А., Гушин Д. А., Кирдяшкин А. И., Штым К. А., Мазной А. С., Филиппов Д. А. Радиационная газовая горелка <http://www.findpatent.ru/patent/264/2640305.html> [Patent RU 2640305, Minaev S. S., Gushchin A. N., Tsoi K. A., Gushchin D. A., Kirdyashkin A. I., Shtym K. A., Maznoy A. S., Filippov D. A., Radiation gas burner <http://www.findpatent.ru/patent/264/2640305.html> (In Rus.)]

[11] Патент RU 197126 U 1, Минаев С. С., Цой К. А., Кирдяшкин А. И., Штым К. А., Мазной А. С. Смеситель газозвушной смеси радиационной газовой горелки. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42714180> [Patent RU 197126 U 1, Minaev S. S., Tsoi K. A., Kirdyashkin A. I., Shtym K. A., Maznoy A. S., Mixer of a gas-air mixture of a radiation gas burner. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42714180> (In Rus.)]

[12] Hashemi A., Nikfar M. and Motaghedifard R. “Experimental study of operating range and radiation efficiency of a metal porous burner,” (In English), *Thermal Science*, Article vol. 19, 1, 11–20, 2015.