

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ И ГОРЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЕЛЛЕТИРОВАННЫХ ТОПЛИВ*

К. Ю. Вершинина¹, В. В. Дорохов², Г. С. Няшина³, Д. С. Романов⁴, В. В. Скорюпин⁵,
Д. К. Шведов⁶

Аннотация: Приведены результаты экспериментальных исследований характеристик термического разложения и горения в высокотемпературной среде композиционных топливных пеллет на основе отходов. Эксперименты проводились на экспериментальном стенде, включающем муфельную печь и высокоскоростную видеокамеру Phantom Miro C110. Характеристики термического разложения определялись при помощи термогравиметрического (ТГ) анализатора METTLER-TOLEDO TGA/DSC 3+. Основные регистрируемые характеристики процесса: времена задержки газофазного и гетерогенного зажигания и продолжительности горения. Установлено, что наибольшие различия в характеристиках зажигания и горения пеллет с добавками картона и угольного шлама наблюдаются при малых (менее 800 °С) температурах окислительной среды в камере сгорания. Наименьшими задержками газофазного зажигания характеризуются пеллеты «100% опилки» (7,58–2,15 с при температуре окислительной среды 700–900 °С), а наибольшими — «85% опилки, 15% картон» (15,43 с при температуре окислительной среды 700 °С) и «85% опилки, 15% угольный шлам» (7,85 с при температуре окислительной среды 900 °С).

Ключевые слова: пеллетированные топлива; отходы углеобогащения; времена задержки зажигания; продолжительность горения

DOI: 10.30826/CE23160408

EDN: KBZBAO

Литература

1. I.E.A. — International Energy Agency World Energy Outlook, 2022. 524 p. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>.
2. Kiehadrouinezhad M., Merabet A., Ghenai C., Abo-Khalil A. G., Salameh T. The role of biofuels for sustainable microgrids: A path towards carbon neutrality and the green economy // *Heliyon*, 2023. Vol. 9. P. e13407. doi: 10.1016/J.HELIYON.2023.E13407.
3. Nguyen N. M., Alobaid F., Dieringer P., Eppe B. Biomass-based chemical looping gasification: Overview and recent developments // *Applied Sciences*, 2021. Vol. 11. P. 7069. doi: 10.3390/AP11157069.
4. Wei Z., Cheng Z., Shen Y. Recent development in production of pellet fuels from biomass and polyethylene (PE) wastes // *Fuel*, 2024. Vol. 358. P. 130222. doi: 10.1016/J.FUEL.2023.130222.
5. García R., González-Vázquez M. P., Rubiera F., Pevida C., Gil M. V. Co-pelletization of pine sawdust and refused derived fuel (RDF) to high-quality waste-derived pellets // *J. Clean. Prod.*, 2021. Vol. 328. P. 129635. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2021.129635.
6. Pua F. L., Subari M. S., Ean L. W., Krishnan S. G. Characterization of biomass fuel pellets made from malaysia tea waste and oil palm empty fruit bunch // *Mater. Today — Proc.*, 2020. Vol. 31. P. 187–190. doi: 10.1016/J.MATPR.2020.02.218.
7. Kułczyński M., Jabłoński S., Kaczmarczyk J., Świątek L., Pstrowska K., Lukaszewicz M. Technological aspects of sunflower biomass and brown coal co-firing // *J. Energy Inst.*, 2018. Vol. 91. P. 668–675. doi: 10.1016/J.JOEI.2017.06.003.
8. Guo F., Zhong Z. Co-combustion of anthracite coal and wood pellets: Thermodynamic analysis, combustion efficiency, pollutant emissions and ash slagging // *Environ. Pollut.*, 2018. Vol. 239. P. 21–29. doi: 10.1016/j.envpol.2018.04.004.
9. Guo F., He Y., Hassanpour A., Gardy J., Zhong Z. Thermogravimetric analysis on the co-combustion of biomass pellets with lignite and bituminous coal // *Energy*, 2020. Vol. 197. P. 117147. doi: 10.1016/j.energy.2020.117147.
10. Kizuka R., Ishii K., Ochiai S., Sato M., Yamada A., Nishimiya K. Improvement of biomass fuel properties for rice straw pellets using torrefaction and mixing with wood chips // *Waste Biomass Valori.*, 2021. Vol. 12. P. 3417–3429. doi: 10.1007/S12649-020-01234-8.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 23-79-10098). Авторы выражают благодарность сотрудникам Лаборатории тепломассопереноса (<https://hmtslab.tpu.ru/>) Национального исследовательского Томского политехнического университета за помощь в проведении исследований и обсуждении результатов.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, vershininaks@tpu.ru

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, vvd11@tpu.ru

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, gsn1@tpu.ru

⁴Национальный исследовательский Томский политехнический университет, dsr7@tpu.ru

⁵Национальный исследовательский Томский политехнический университет, vvs127@tpu.ru

⁶Национальный исследовательский Томский политехнический университет, dks7@tpu.ru

11. *Isemin R., Mikhalev A., Klimov D., Grammelis P., Margaritis N., Kourkoumpas D. S., Zaichenko V.* Torrefaction and combustion of pellets made of a mixture of coal sludge and straw // *Fuel*, 2017. Vol. 210. P. 859–865. doi: 10.1016/J.FUEL.2017.09.032.
12. *Pang Y., Shen S., Chen Y.* High Temperature steam gasification of corn straw pellets in downdraft gasifier: Preparation of hydrogen-rich gas // *Waste Biomass Valori.*, 2019. Vol. 10. P. 1333–1341. doi: 10.1007/S12649-017-0143-3.
13. *Yilmaz E., Wzorek M., Akçay S.* Co-pelletization of sewage sludge and agricultural wastes // *J. Environ. Manage.*, 2018. Vol. 216. P. 169–175. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.09.012.
14. *Sarker T. R., Azargohar R., Stobbs J., Karunakaran C., Meda V., Dalai A. K.* Complementary effects of torrefaction and pelletization for the production of fuel pellets from agricultural residues: A comparative study // *Ind. Crop. Prod.*, 2022. Vol. 181. P. 114740. doi: 10.1016/J.INDCROP.2022.114740.
15. *Dorokhov V. V., Nyashina G. S., Strizhak P. A.* Thermogravimetric, kinetic study and gas emissions analysis of the thermal decomposition of waste-derived fuels // *J. Environ. Sci.*, 2024. Vol. 137. P. 155–171. doi: 10.1016/J.JES.2023.02.050.
16. *Tabakaev R., Shanenkov I., Kazakov A., Zavorin A.* Thermal processing of biomass into high-calorific solid composite fuel // *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 2017. Vol. 124. P. 94–102. doi: 10.1016/j.jaap.2017.02.016.
17. *Vershinina K. Y., Dorokhov V. V., Medvedev V. V., Romanov D. S.* Combustion of coal flotation wastes and woodworking wastes in blends and suspensions // *Coke Chem.*, 2019. Vol. 62. P. 202–209. doi: 10.3103/S1068364X19050041.
18. *Vershinina K. Y., Dorokhov V. V., Romanov D. S., Strizhak P. A.* Combustion stages of waste-derived blends burned as pellets, layers, and droplets of slurry // *Energy*, 2022. Vol. 251. doi: 10.1016/j.energy.2022.123897.
19. *Salvador S., Quintard M., David C.* Combustion of a substitution fuel made of cardboard and polyethylene: Influence of the mix characteristics — experimental approach // *Fuel*, 2004. Vol. 83. P. 451–462. doi: 10.1016/J.FUEL.2003.10.004.
20. *Wang Q., Wang H., Sun B., Bai J., Guan X.* Interactions between oil shale and its semi-coke during co-combustion // *Fuel*, 2009. Vol. 88. P. 1520–1529. doi: 10.1016/J.FUEL.2009.03.010.

Поступила в редакцию 20.11.2023