

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК НА ИХ ИЗМЕЛЬЧАЕМОСТЬ

А.Д. Мисюкова, С.А. Янковский, В.Е. Губин

Томский политехнический университет, ИШЭ, группа А4-44

Научный руководитель: В.Е. Губин, к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Ископаемое топливо для выработки тепловой и электрической энергии является наиболее распространенным и доступным по всему миру. Ежегодное развитие производства и прирост населения приводит к увеличению объемов потребления ресурсов, и в первую очередь энергетических. Как следствие – рост выработки энергии и потребления топлива, влечет за собой колоссальные объемы выбросов парниковых газов (углекислый газ, метан и оксид азота) [1]. Углекислый газ является основной причиной глобального потепления и изменения климата. Например, на территории Сибири за последние 20 лет рост среднегодовой температуры воздуха составил +3,9 °С [2]. Однако, прекращение использования угля на тепловых электрических станциях многих стран мира на данный момент не является возможным в виду дороговизны прочих альтернативных источников энергии. В последние годы наиболее активно ведется поиск решений по снижению воздействия на окружающую среду угольными ТЭС за счет частичной замены угля более экологичными добавками. Одним из возможных решений может стать совместное сжигание угля с лигноцеллюлозной биомассой, в частности, с отходами переработки деловой древесины. Одним из наиболее активно развивающихся способов является совместное сжигание угля и биомассы в котлоагрегатах большой и малой мощности, технология которого была реализована, например, в Финляндии и США [3, 4].

Одним из важнейших этапов подготовки угля перед его подачей в котел является его дробление и измельчение. Решение задачи по подготовке топлив к сжиганию, является одной из самых важных в энергетике. Подготовка древесно-угольных топливных смесей для их совместного сжигания в горелочных устройствах также является до сих пор не решенным вопросом.

В исследованиях, выполненных нами ранее [5] было установлено, что за 12 часов совместного помола угля и древесных опилок в барабанной шаровой мельнице остаток на сите составил $R_{200} > 30$ %. Был сделан вывод, что 12 часов помола недостаточно для массового формирования топливных смесей на основе бурых углей и древесных отходов.

Однако, для промышленного применения топливных смесей увеличение времени помола смеси нецелесообразно, поэтому была предложена гипотеза о необходимости предварительной термической обработки древесины перед её подачей в барабанную шаровую мельницу.

Целью данной работы является оценка влияния предварительной термической обработки древесных опилок на характеристики их измельчаемости при просеивании и совместном размоле с улем.

Методика исследования

Объектом исследования являются мелкодисперсные сосновые опилки, остающиеся после лесопиления и переработки деловой древесины. Перед началом экспериментов древесные опилки очищались от древесной коры и веток, после одну часть древесины подсушивали до влажности не более 6 %, а вторую часть – до влажности не более 1 %. После высушивания опилки фракционировались на стандартизированной системе сит с размером ячеек от 1000 до 180 мкм в течение 10 минут, остаток на каждом сите взвешивался на высокоточных весах.

Результаты фракционного исследования представлены в табл. 1.

Для определения влияния термической обработки древесных опилок на характеристики их измельчения в смеси с углем был выполнен совместный размол различных компонент смесевых топлив с учетом сушки и без нее в барабанной шаровой мельнице. Для этого угольные частицы, просеянные через сито с размером ячеек 1000 мкм смешивались с древесными опилками в различных концентрациях по массе с общим весом 200 г смеси помещались в барабанную шаровую мельницу. Процесс смешивания и измельчения выполнялся одновременно в течение 12 ч. После завершения помола выполнялся просев смеси через стандартизованную систему сит.

Результаты и обсуждение

В результате исследования определено, что смесь с высушенными древесными опилками фракционировалась лучше смеси, в которой опилки не были дополнительно обработаны. Результаты фракционного анализа графически представлены на рис. 1.

Типичные изображения смесей после смешения и размола приведены на рис. 2, а, б.

Из анализа рис. 2 видно, что опилки, не прошедшие предварительную термическую обработку, в большей части прессуются под воздействием угля и размольных шаров. Волокна древесины не распадаются, что препятствует достаточному измельчению.

Дополнительно просушенные древесные опилки показали лучшие результаты – спрессованных частиц в смеси было меньше, и проход через сито с размером ячеек 200 мкм увеличился в 4 раза.

В результате выполненных экспериментальных исследований можно сделать вывод, что предварительный нагрев и сушка древесных опилок до значений $W^a \leq 1\%$ существенно влияет на совместное измельчение древесно-угольных смесей. Результаты экспериментов показали, что для подсушенной древесной биомассы проход через сито с размером ячеек 500 мкм увеличился в 0,87 раз, через сито с размером ячеек 400 мкм – в 2 раза, а с размером ячеек 180 мкм – в 4 раза. Таким образом можно сделать вывод, что дополнительная

Таблица 1. Результаты фракционного исследования древесных опилок

| Влажность аналитическая | $W^a = 6\%$ | $W^a = 0,7\%$ |
|-------------------------|-------------|---------------|
| Остаток на сите, мкм | | |
| R_{1000} | 35,2 | 25,8 |
| R_{500} | 10,8 | 17,0 |
| R_{400} | 3,2 | 5,6 |
| R_{180} | 0,4 | 1,8 |

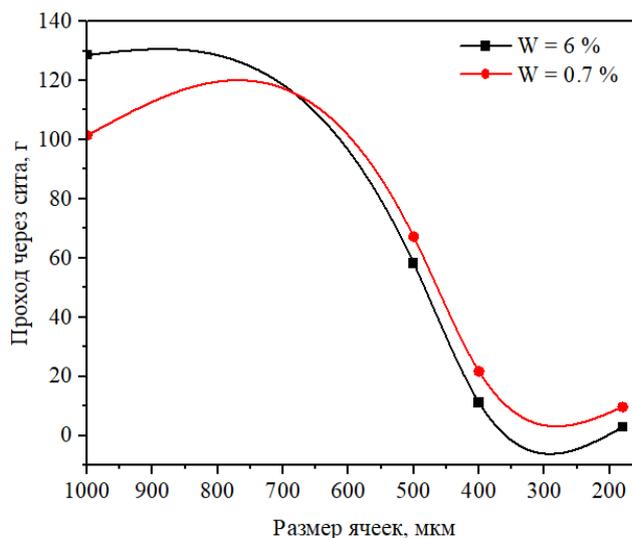


Рис. 1. Интегральная зерновая характеристика, полученная на шаровой барабанной мельнице: 1 – У-100; 2 – У-90/Д-10; 3 – У-75/Д-25; 4 – У-50/Д-50; 5 – область тонких фракций пыли; 6 – область грубых фракций пыли

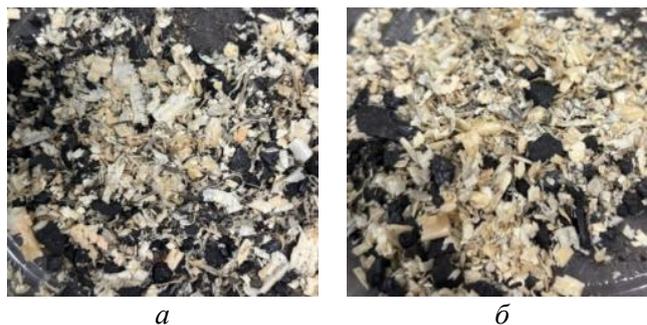


Рис. 2. Типичные изображения смесей угля и древесных опилок после совместного смешения в шаро-барабанной мельнице: а – влажность опилок 6%; б – влажность опилок 0,7%

сушка древесных опилок перед измельчением и смешением с углем для последующего совместного помола позволит существенно оптимизировать процессы подготовки угольно-древесных смесевых топлив для совместного сжигания в пылеугольных котлах.

Работа выполнена при поддержке гранта FSWW-2022-0018, реализуемого в рамках проекта создания новых молодежных лабораторий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Overview of Greenhouse Gases // U.S. Environmental Protection Agency 2024. – URL: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases> (дата обращения 01.11.2024)
2. Holocene vegetation and hydroclimate changes in the Kansk forest steppe, Yenisei River Basin, East Siberia / A.B. Mikhailova, A.N. Grenaderova, I.V. Kurina, L.S. Shumilovskikh, T.G. Stojko // An international journal of Quaternary research. – 2021. – V. 50. – P. 948–966.
3. A review of biomass co-firing in north America / E. Agbor, X. Zhang, A. Kumar // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – V. 40. – P. 930–943.
4. An evaluation of biomass co-firing in Europe / F. Al-Mansour, J. Zuwala // Biomass Bioenergy. – 2010. – V. 34. – P. 620–629.
5. Мисюкова А.Д., Янковский С.А. Фракционный анализ топлив на основе угля и древесной биомассы после их совместного измельчения // XL Сибирский теплофизический семинар. – Новосибирск: Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 2024. – С. 258.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ И ГОРЕНИЯ УГЛЕЙ И КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОПЛИВ НА ИХ ОСНОВЕ

К.А. Карташова, В.В. Дорохов

Томский политехнический университет, ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа 5БМ33

Научный руководитель: К.Ю. Вершинина, к.ф.-м.н., доцент ИШФВП ТПУ

В наши дни наблюдается рост урбанизации и индустриализации, что вызывает множество экологических и энергетических проблем. В этой связи увеличивается количество исследований, посвященных изучению нетрадиционных источников энергии и совместному сжиганию топлив с высокой теплотворной способностью [1]. Таким образом, со временем можно заметить тенденцию к возможности внедрения новых топливных композиций. В качестве компонентов для топливных смесей можно использовать отходы промышленности, разные виды биомассы и их производные [2].

Использование отходов для создания композитных топлив – современный и эффективный метод переработки, обеспечивающий экономическую выгоду и экологическую безопасность. Жидкие добавки к топливу способствуют уменьшению вредных выбросов, снижают сажеобразование, увеличивают скорость горения (несмотря на меньшую теплоту сгорания) и изменяют режим горения, создавая эффект микровзрыва [3,4].

Для определения характеристик термического разложения и горения смесевых топлив на основе бурого угля, опилок, воды и отработанного моторного масла использовали TGA анализатор METTLER-TOLEDO TGA/DSC 3+. Схема экспериментального стенда представлена на рис. 1. Скорость нагрева окислительной среды варьировалась от 10 до 30 °С.

Приготовленные образцы топлива представляли собой топливные смеси с следующими составами: 90 % бурого угля, 10 % древесных опилок; 60 % бурого угля, 40 % воды; 50 % бурого угля, 40 % воды, 10 % отработанного моторного масла. Все доли указаны в массовой концентрации.