

этом повышение производительности для вариантов (Б1, Б2) наблюдается как при фактическом распределении, так и равномерном распределении ветра по направлениям, что свидетельствует о надежности полученных решений в условиях неопределенности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Таровик В.И. Развитие морских электростанций использующих возобновляемые источники энергии / В.И. Таровик, Н.А. Вальдман, М.С. Труб, Л.Л. Озерова // Арктика: экология и экономика. - 2013.- N 2 (10).- С. 34-47.
2. González J.S. Optimal wind-turbine micro-siting of offshore wind farms: A grid-like layout approach / J.S. González, A.L. Trigo-García, M.B. Payán, J.R. Santos, A.G. González-Rodríguez // Applied Energy. - 2017.- V. 200.- P. 28-38.
3. Давыдов Д.Ю. Оптимизация кабельной сети сбора мощности морских ветроэлектростанций с применением параметризованного эвристического алгоритма / Д.Ю. Давыдов, С.Г. Обухов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: «Энергетика». - 2021.- Т. 21.- N 3.- С. 66-75.
4. Давыдов Д.Ю. Модель скорости ветра на основе дробного стохастического процесса / Д.Ю. Давыдов, С.Г. Обухов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2021.- Т. 332.- N 5.- С. 39-48.

Научный руководитель: С.Г. Обухов, д.т.н., профессор ОЭЭ ИШЭ ТПУ.

УТИЛИЗАЦИЯ НЕГОРЮЧИХ КОМПОНЕНТ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА В СОСТАВЕ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТЕПЛА

А.Ж. Калтаев¹, К.Б. Ларионов², В.Е. Губин²
Томский политехнический университет^{1,2}
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова^{1,2}, группа А1-46¹

Лигниноцеллюлозная биомасса в настоящее время является пригодным энергетическим ресурсом для уменьшения антропогенных выбросов [1]. Однако её прямое сжигание неэффективно ввиду малой насыпной и энергетической плотности [2]. Для повышения этих характеристик применяют различные методы термической конверсии, например, пиролиз. Пиролиз как правило проходит при относительно низких температурах 300-800 °С [3]. Несмотря на значительный коммерческий потенциал данных технологий и существующий объем научных исследований в этой области [4], внедрение подобных технологий в промышленность в настоящее время ограничено [5]. Это связано, в том числе и с тем, что в процессе пиролиза возникают множество побочных материальных

потоков, требующих специального обращения ввиду их свойств и составов. Так в процессе пиролиза образуется пирогенетическая вода, которая конденсируется вместе с пиролизным маслом [6]. Выход этой воды в значительной степени зависит от исходной влажности и варьируется в диапазоне от 15 до 30 мас.% [6]. Наличие водорастворимых компонентов в биомасле таких как уксусная кислота [7], фенолы [8], кетоны [9], затрудняют утилизацию пирогенетической воды. Существующие способы её утилизации такие как биосорбенты [10], ультразвуковое воздействие [11] и выпаривание [12], являются крайне энерго- и ресурсозатратными.

Сжигание пирогенетической воды представляется эффективным решением ввиду относительной простоты и отсутствию токсичных и/или загрязняющих жидких веществ [13]. Однако её прямое сжигание невозможно ввиду малой теплотворной способности, поэтому для данных целей она используется в смеси либо с твердым [13], либо с жидким топливом [14]. Однако сжигание всей воды, полученной в ходе пиролиза, выглядит нецелесообразно ввиду возможности извлечения ценных компонент для последующей переработки. Данные по характеристикам зажигания и горения отдельных фракций пирогенетической воды в составе ВУТ, необходимых для создания комплексной технологии пиролиза, в литературе не представлены.

В настоящей работе были исследованы процессы воспламенения и горения капель водоугольного топлива (ВУТ) на основе пирогенетической воды и ее фракций, полученных в температурных диапазонах – менее 100, 100-150 и 150-200 °С. Пирогенетическую воду получали путем осаждения биомасла полученного на промышленном предприятии Биоуголь. В качестве твердой фазы использовали отходы углеобогащения – фильтр-кек. Твердая и жидкая фаза замешивались в соотношении 50/50. Изменение реакционной способности выражалось в уменьшении времени задержки зажигания и минимальной температуры зажигания в среднем на 39,7 и 6,9 % соответственно. Низшая теплота сгорания увеличилась от 0,1 до 1,4 МДж/кг в зависимости от используемой фракции пирогенетической воды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Zhou C.-H., Xia X., Lin C.-X., Tong D.-S., Beltramini J. Catalytic conversion of lignocellulosic biomass to fine chemicals and fuels // *Chem. Soc. Rev.*– 2011.– Vol. 40 (11).– P. 5588.
2. Shen X., Kommalapati R., Huque Z. The Comparative Life Cycle Assessment of Power Generation from Lignocellulosic Biomass // *Sustainability.*– 2015.– Vol. 7 (10).– P. 12974–12987.
3. Ghosh P., Sengupta S., Singh L., Sahay A. Life cycle assessment of waste-to-bioenergy processes: a review // *Bioreactors. Elsevier.*–2020.– P. 105–122.
4. Jiao Y., Li D., Wang M., Gong T., Sun M., Yang T. A scientometric review of biochar preparation research from 2006 to 2019 // *Biochar.*– 2021.– Vol. 3 (3).– P. 283–298.

5. Dayton D.C., Mante O.D., Weiner J. Effect of Temperature on the Pilot-Scale Catalytic Pyrolysis of Loblolly Pine // *Energy & Fuels*.– 2021.– Vol. 35 (16).– P. 13181–13190.
6. Vitasari C.R., Meindersma G.W., de Haan A.B. Water extraction of pyrolysis oil: The first step for the recovery of renewable chemicals // *Bioresour. Technol.*– 2011.– Vol. 102 (14).– P. 7204–7210.
7. Lange J., Müller F., Bernecker K., Dahmen N., Takors R., Blombach B. Valorization of pyrolysis water: a biorefinery side stream, for 1,2-propanediol production with engineered *Corynebacterium glutamicum* // *Biotechnol. Biofuels* – 2017.– Vol. 10 (1).– P. 277.
8. Nunes L.J.R., Godina R., Matias J.C.O., Catalao J.P.S. Characterization of the effect of pyrolysis in torrefied wood chips // *Renew. Energy Power Qual. J.*– 2018.– Vol. 1.– P. 516–521.
9. Chanaka Udayanga W.D., Veksha A., Giannis A., Lisak G., Lim T.-T. Effects of sewage sludge organic and inorganic constituents on the properties of pyrolysis products // *Energy Convers. Manag.*– 2019.– Vol. 196.– P. 1410–1419.
10. de Caprariis B., De Filippis P., Hernandez A.D., Petrucci E., Petrullo A., Scarsella M., Turchi M. Pyrolysis wastewater treatment by adsorption on biochars produced by poplar biomass // *J. Environ. Manage.*– 2017.– Vol. 197.– P. 231–238.
11. Lu X., Qiu W., Peng J., Xu H., Wang D., Cao Y., Zhang W., Ma J. A Review on Additives-assisted Ultrasound for Organic Pollutants Degradation // *J. Hazard. Mater.*– 2021.– Vol. 403.– P. 123915.
12. Yang H., Yao J., Chen G., Ma W., Yan B., Qi Y. Overview of Upgrading of Pyrolysis Oil of Biomass // *Energy Procedia* – 2014.– Vol. 61.– P. 1306–1309.
13. Larionov K.B., Gvozdyakov D. V., Zenkov A. V., Kaltaev A.Z., Ulko A.A., Gubin V.E. Energy recycling of pyrolysis water as a part of coal-water fuel // *Int. J. Energy Res.*– John Wiley and Sons Ltd – 2021.– Vol. 45 (10).– P. 14895–14909.
14. Kittipoomwong P., Narasingha M. Emulsification of water and pyrolysis oil by sorbitol derivative surfactants // *Appl. Mech. Mater.*– 2014.– Vol. 633–634.– P. 537–540.

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