

А. А. Макаров, С. А. Пушкин, А. Н. Грачев,
С. А. Забелкин, В. Н. Башкиров

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ ПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР 200-300°C

Ключевые слова: пиролиз, торрефикация.

В работе представлены результаты экспериментального исследования процесса термического разложения древесины, определены свойства твердых продуктов термического разложения в диапазоне температур 200-300 °C: теплота сгорания, энергетическая плотность, равновесная влажность, зольность.

Keywords: pyrolysis, torrefaction.

The paper presents the results of an experimental study of the process of thermal decomposition of wood, defined properties of the solid products of thermal decomposition in the temperature range 200-300 °C: heat of combustion, energy density, equilibrium moisture content, ash content. Ключевые слова: пиролиз, торрефикация.

Преобразование возобновляемого растительного сырья в топливо и химические продукты является одним из приоритетных направлений научных исследований и разработок в мире. В связи с этим использование биомассы для устойчивого экономического роста регионов является актуальным.

Однако, низкая энергетическая плотность, нестабильность гранулометрического состава и физических свойств, биологическая активность, и рассредоточенность по территории являются главными проблемами при ее энергетическом использовании. Биомасса в своем первоначальном виде имеет широкий разброс по содержанию влаги (25-60%), неравномерный размер частиц (10-100 мм) и низкую энергетическую плотность (8-14 МДж/кг). В связи с этим возникают трудности при хранении и транспортировке. Низкая насыпная плотность (60-200 кг/м³) лигноцеллюлозной биомассы дополнительно увеличивает стоимость транспортировки и хранения сырья. Все эти причины сдерживают активное использование биомассы в энергетике.

Широкое распространение получила технология получения пеллет (цилиндрических топливных гранул) из древесных отходов. Однако в данной технологии сохраняется ряд недостатков, таких как низкая энергетическая плотность, биологическая активность, гидрофильность, высокие затраты на измельчение. Для того чтобы решить вышеупомянутые проблемы и повысить качественные характеристики, биомассу подвергают предварительной обработке. Предварительная термическая обработка или торрефикация является перспективным методом конверсии низкокачественной биомассы в сырье с высокой энергетической плотностью и равномерными физическими и топливными характеристиками. Кроме того, процесс торрефикации снижает затраты на измельчение в 10 раз, что актуально при факельном сжигании. Торрефикация - это процесс термической обработки древесины, обычно в диапазоне температур 200-350 °C, в нейтральной либо восстановительной среде, в результате которой происходит изменение надмолекулярной и

молекулярной структуры лигноцеллюлозного комплекса с улучшением топливных свойств. В процессе торрефикации происходит отщепление боковых цепей полисахаридов и частичное разложение пентозанов [1].

С целью экспериментального определения возможности применения торрефицированных древесных отходов в качестве топлива и композиционного материала были проведены исследования процесса торрефикации древесных отходов на экспериментальной установке, которая состоит реторты, муфельной печи, конденсатора и газгольдера. В качестве сырья использовалась древесная мука ДМ180 [2].

Эксперимент осуществлялся следующим образом. Предварительно взвешенная порция древесной муки загружалась в герметично закрывающуюся реторту. Реторта нагревалась в муфельной печи до заданной температуры (200, 225, 250, 300 °C), поддерживаемой в течение одного часа на постоянном уровне. Образующиеся в процессе торрефикации жидкие и газообразные продукты собирались с сборники. По окончании эксперимента торрефицированное сырье выгружалось и взвешивалось, определялась удельная теплота сгорания, влажность, зольность.

На рис. 2 представлен выход твердого остатка в зависимости от температуры термического разложения, который показывает снижение выхода твердого остатка с повышением температуры.

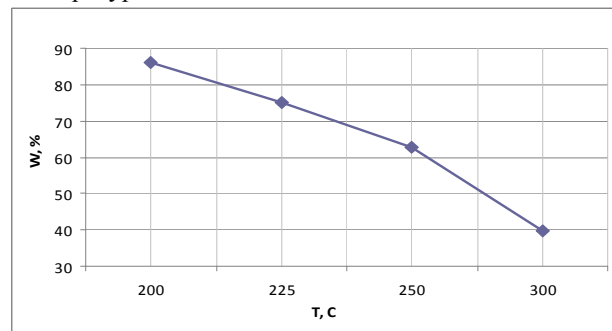


Рис. 1 - Зависимость выхода твердого остатка от температуры термического разложения

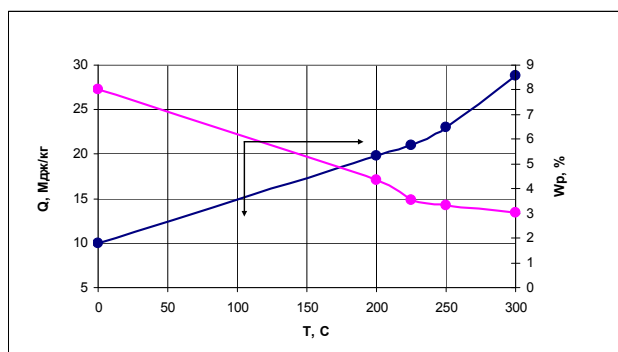


Рис. 2 - Зависимости удельной теплоты сгорания и влажности брикетов от температуры термического разложения

Также с увеличением температуры разложения снижается равновесная влажность и повышается теплота сгорания.

Важной характеристикой для топлива является энергетическая плотность. С целью оценки данного топливного свойства древесные отходы были подвергнуты прессованию. Брикеты прессовались на прессе под давлениями 4, 8, 12, 16 МПа. Затем определялась кажущаяся плотность цилиндрических брикетов, путем измерения их геометрических размеров. Энергетическая плотность вычислялась путем перемножения значений теплоты сгорания и кажущейся плотности брикета. Брикеты, полученные при температуре 300 °С, обладают наибольшей энергетической плотностью, однако плохо подвергаются брикетированию. Брикеты, полученные при температуре 250 °С, имеют высокую энергетическую плотность и брикетируются без добавления связующего, следовательно, обладают наиболее оптимальными свойствами для применения в качестве топлива.

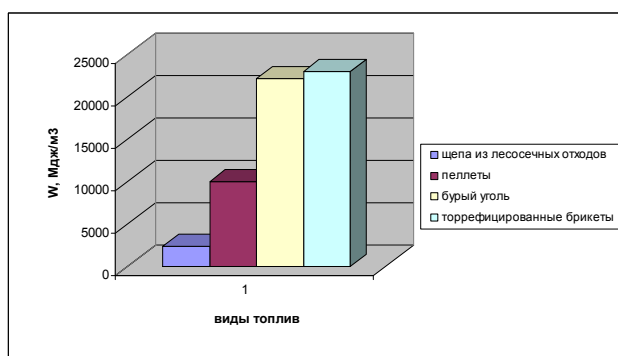


Рис. 3 - Диаграмма энергетической плотности топлив

Как видно из рис. 3 энергетическая плотность торрефицированных брикетов больше энергетической плотности бурого угля, то есть они конкурентоспособны с углем и могут применяться в аналогичных с ним направлениях. Из приведенного анализа видно, что торрефицированные брикеты в 10 раз выгоднее транспортировать, чем щепу из лесосечных отходов и в 2 раза, чем древесные гранулы. То есть данный способ позволяет в 10 раз снизить расходы на транспортировку топлива и увеличить радиус доставки в 10 раз при тех же затратах. Одним из основных свойств является гидрофобность, что позволяет хранить торрефицированные гранулы и брикеты под открытым небом, не создавая специальных систем хранения. Кроме того, предлагаемая технология дает возможность брикетирования без добавления связующего.

Таким образом, в результате проведенных исследований было определено, что технология торрефикации позволяет обеспечить переработку низкокачественного сырья в топливные брикеты, обладающие повышенной энергетической плотностью, биологической стойкостью, гидрофобностью и другими эксплуатационными свойствами.

Литература

1. Макаров А.А., Исследование технологических параметров торрефикации древесины в горизонтальном шнековом реакторе в интенсивных режимах, Макаров А.А., Грачев А.Н., Забелкин С.А., Пушкин С.А., Вестник Казанского Технологического Университета . 2013. № 13. С.177 -179
2. ГОСТ 16361-87 Мука древесная. Технические условия.
3. Гильфанов М.Ф., Исследование термохимического метода переработки органических отходов агропромышленного комплекса деревообрабатывающей и лесной промышленности, Гильфанов М.Ф., Башкиров В.Н., Файзрахманова Г.М., Забелкин С.А., Грачев А.Н., Халитов А.З., Земсков И.Г. // Вестник Казан. технол. ун-та . 2013. Т.16, №.18. С.66 -68.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по соглашению 14.В37.21.0299.

© А. А. Макаров - канд. техн. наук, доц. каф. химической технологии древесины КНИТУ, smakarov86@gmail.com; С. А. Пушкин – асп. той же кафедры; А. Н. Грачев - к.т.н., проф. той же кафедры, energolesprom@gmail.com; С. А. Забелкин – доц. той же кафедры; В. Н. Башкиров – д.т.н., проф. той же кафедры, vlad_bashkirov@mail.ru.