

УДК 674.81

Е. В. Дубоделова, кандидат технических наук, научный сотрудник (БГТУ);**Н. А. Сычева**, магистрант, инженер (БГТУ);**И. А. Хмызов**, кандидат технических наук, доцент, декан (БГТУ);**Т. А. Снопкова**, научный сотрудник (БГТУ);**Т. В. Соловьева**, доктор технических наук, профессор (БГТУ)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

Настоящие исследования направлены на изучение физико-механических свойств топливных пеллет, полученных из древесины лиственных пород. Для эксперимента были выбраны такие широко распространенные на территории Республики Беларусь лиственные породы древесины, как ольха черная и береза. Установлено, что использование этих пород древесины в неизменном виде нецелесообразно, поскольку полученные из них пеллеты имеют пониженную механическую прочность. Технологическим решением данной проблемы явилась обработка измельченного древесного сырья насыщенным паром. Результаты промышленных испытаний подтвердили, что такое активирование древесных частиц лиственных пород позволяет получать топливные пеллеты требуемого стандартом качества. Технической особенностью технологии является использование матрицы с длиной прессующего канала 33 мм.

The present researches are aimed at studying the physical and mechanical properties of pellets produced from hardwood. For the experiment were chosen such widespread on the territory of the Republic of Belarus hardwood timber as black alder and birch. It is established that the use of wood in an unaltered form is impractical because the pellets derived from them have low mechanical strength. Technological solution to this problem was the treatment of crushed wood raw material saturated steam. Results of industrial tests confirmed that this activation of wood particles hardwood fuel pellets produces the required quality standard. Technical feature of the technology is the use of a matrix with the length of the pressing channel 33 mm.

Введение. Современная тенденция в развитии топливно-энергетического комплекса Республики Беларусь связывается с максимально возможным использованием возобновляемых и экологически чистых источников сырья. К таким наиболее доступным источникам относятся отходы лесозаготовки и переработки древесины. Это сырье является высококалорийным топливом. Перспективным направлением использования отходов деревообрабатывающих производств считается изготовление прессованных материалов (биотоплива) в виде топливных гранул. На сегодняшний день рынок топливных пеллет расширяется колоссальными темпами, а после ратификации большинством государств мира Киотского протокола об охране окружающей среды (Республика Беларусь ратифицировала договор в 2005 г.) спрос на них вырос в несколько раз [1].

Традиционно в технологии топливных пеллет применяют хвойные породы древесины в виде отходов лесопиления. Древесина хвойных пород является дорогостоящим и дефицитным сырьем, широко используемым в деревообрабатывающей промышленности [2]. Поэтому ресурсы данной древесины неуклонно сокращаются. Это вызывает необходимость проведения работ в направлении вовлечения в технологию топливных пеллет более дешевой и мало-

ценной древесины мягколиственных пород, которая в значительной части все еще не находит удовлетворительного практического применения в различных отраслях промышленного производства.

Известно, что технология и свойства используемого древесного сырья оказывают существенное влияние на качество получаемого биотоплива. Поэтому интерес представляет изучение физико-механических показателей качества топливных пеллет, полученных из древесины лиственных пород, и сравнение их с пеллетами из хвойной древесины – сосны. По литературным данным структура, морфология и размеры анатомических элементов существенно различаются не только у хвойной и лиственной древесины, но и в пределах отдельных пород [3].

Основная часть. В лабораторных условиях кафедры химической переработки древесины БГТУ были получены топливные пеллеты из следующих лесобразующих пород Беларуси – березы [*Betula verrucosa* Ehrh], ольхи [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn] и сосны [*Pinus silvestris* L.]. Образцы были изготовлены при температуре гранулирования 110°C и времени прессования 15 мин. Влажность исходного сырья составляла от 8 до 11%, использовалась фракция размером 1,0/3,0, охлаждение пеллет проводили до температуры 20°C.

Для исследования физико-механических характеристик полученных образцов топливных пеллет в соответствии с требованиями СТБ 2027 определяли: влажность, зольность, плотность, низшую теплоту сгорания и механическую прочность. Результаты испытаний полученных топливных пеллет представлены в табл. 1.

Таблица 1
Физико-механические характеристики топливных пеллет

Наименование показателя	Порода древесины		
	Сосна	Ольха	Береза
Влажность, %	8,36	8,95	7,96
Зольность, %	0,27	0,71	0,77
Плотность, кг/м ³	1150	1200	1110
Механическая прочность, МПа	9,83	8,74	8,06
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	18,39	17,49	18,43

Из табл. 1 видно, что показатели низшей теплоты сгорания пеллет из древесины лиственных и хвойных пород сравнимы и варьируются в интервале от 17,49 до 18,43 МДж/кг. Что касается зольности, то пеллеты из лиственной древесины имеют примерно в 3,5 раза более высокую зольность по сравнению с хвойными породами. Однако образующаяся в процессе сгорания зола может применяться в качестве удобрения.

Проведенный эксперимент показал принципиальную возможность замены в производстве топливных пеллет хвойной древесины мягколиственными породами. Однако полученные из древесины ольхи и березы пеллеты обладали пониженной механической прочностью (соответственно на 11 и 18%) по сравнению с достигаемой при использовании древесины сосны. Это не позволяет в полной мере использовать ее в композиции топливных пеллет. Представленные ниже результаты промышленных испытаний показали, что применяя дополнительную обработку насыщенным паром древесных частиц из лиственных пород, можно достичь значения механической прочности топливных пеллет (гранул), сравнимые с достигаемой при использовании древесины хвойных пород. Процесс пропаривания древесных частиц является достаточно эффективным способом повышения механической прочности топливных гранул. Действие насыщенного пара привело к активированию компонентов древесины, созданию новых функциональных групп, усиливающих адгезионные взаимодействия в процессе образования пеллет (гранул). Происходило дополнительное увлажнение древесных частиц, в результате чего температура в пресс-грануляторе

увеличивалась со 110 до 120°C. Высокая температура прессования способствовала быстрому протеканию реакций и накоплению все большего количества высокомолекулярных соединений в основном за счет высокорекреационноспособных гемицеллюлоз. Расплавленные и размягченные компоненты заполняли пустоты между волокнами и капиллярную и субмикрокапиллярную системы клеточных стенок [4, 5]. Все более увеличивалось при этом количество сшивок между молекулами компонентов древесины, в том числе и пространственных, которые и обеспечили формирование прочных изделий.

Опытно-промышленные испытания топливных пеллет, полученных из древесных частиц лиственных пород, предварительно обработанных насыщенным паром, были проведены на ОАО «Витебскдрев». Получали пеллеты в виде гранул следующих геометрических размеров: длиной 10–30 мм и диаметром 6 мм. Содержание березы в композиции гранул составляло 35%, ольхи – 20%, осины – 40%, сосны – 5% (определение породного состава проводили по ГОСТ 15815–83).

Промышленная линия полного цикла по производству топливных гранул из пропаренных древесных частиц включает в себя следующее основное оборудование: рубительную машину, дробилку, мельницу, сушилку, пресс-гранулятор, оснащенный устройством для подачи насыщенного пара, охладительную колонну и линию по упаковке. На рисунке представлена последовательность выполнения операций с использованием перечисленного оборудования [6].



Последовательность выполнения операций при производстве топливных гранул с использованием древесины лиственных пород

В целом технологический процесс получения топливных гранул с использованием дополнительно к лиственным породам древесины сосны является достаточно простым, не трудоемким и максимально автоматизированным.

Физико-механические характеристики топливных гранул, изготовленных из обработанной насыщенным паром древесины

Наименование показателя	Требования СТБ 2027	Порода древесины	
		Сосна	Композиция лиственных пород
Влажность, %	9–10	7,9	6,3
Зольность, %	0,4–1,2	0,22	0,78
Плотность, кг/м ³	1200–1400	1170	1220
Доля мелочи, %	7,0–8,5	1,4	2,0
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	более 16 900	17 520	17 810

Примечание. Показатели доли мелочи и низшей теплоты сгорания были определены в НИИ ФХП БГУ.

Технической особенностью производственного процесса явилось применение матрицы с длиной эффективного прессующего канала 33 мм (вместо 45 мм), поскольку древесина лиственных пород потребовала более кратковременной термической обработки по сравнению с древесиной хвойных пород. Вследствие этого произошло снижение потребления электроэнергии, что привлекает особый интерес к использованию древесины различных лиственных пород в технологии топливных гранул.

Физико-механические характеристики полученных топливных гранул представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что у топливных гранул, изготовленных из обработанных насыщенным паром древесных частиц, показатель доли мелочи имеет низкое значение, которое не только соответствует требованию СТБ 2027, но и превышает его в 3,5 раза, что свидетельствует о высокой механической прочности, которая сравнима с прочностью пеллет, полученных из древесины сосны. Лиственные породы древесины выделяют достаточное количество тепла при сгорании, что позволяет судить об их высокой теплотворной способности. Некоторое повышение показателя зольности гранул, полученных из композиции, содержащей лиственные породы древесины, находится в пределах допустимых значений по СТБ 2027. В целом топливные пеллеты в виде гранул, изготовленные в период проведения опытно-промышленных испытаний, соответствовали требованиям СТБ 2027.

Заключение. Проведенные исследования показали возможность практически полной за-

мены в производстве топливных пеллет в виде гранул дорогостоящей и дефицитной древесины хвойных пород на дешевые и малоценные мягколиственные породы. Это достигается за счет обработки древесных частиц насыщенным паром непосредственно перед их прессованием (гранулированием). Активирование паром древесных частиц лиственных пород позволяет получать топливные гранулы с показателями качества, отвечающим требованиям СТБ 2027.

Литература

1. Васильев, Н. И. Пеллеты и топливные брикеты – прогрессивные виды твердого биотоплива / Н. И. Васильев // Энергосбережение. – 2011. – № 4. – С. 14–20.
2. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности (оборудование и использование): справочник / под ред. Г. М. Михайлова. – М.: Экономика, 1983. – 224 с.
3. Азаров, В. И. Химия древесины и синтетических полимеров / В. И. Азаров, А. В. Буров, А. В. Оболенская. – СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.
4. Леонович, А. А. Физико-химические основы образования древесных плит / А. А. Леонович. – СПб.: Химиздат, 2003. – 192 с.
5. Никитин, В. М. Химия древесины и целлюлозы / В. М. Никитин, А. В. Оболенская, В. П. Щеголев. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 368 с.
6. Мясоедова, В. В. Экологически чистые топливные брикеты и пеллеты на основе возобновляемого лигноцеллюлозного сырья и их переработка / В. В. Мясоедова // Энциклопедический справочник. – 2011. – № 2. – С. 22–28.

Поступила 21.03.2012