

- жидкость, проникающая через боковую и одну из торцевых поверхностей, вытесняет через другую торцевую поверхность воздух, что обуславливает равномерное и интенсивное пропитывание образцов;

- давление жидкости на боковых сторонах детали распределяется таким образом, что характер проникновения жидкости исключает возможность сохранения непропитанных зон древесины;

- борсодержащие препараты хорошо проникают в древесину;

- создаётся возможность регулирования количества впитываемой жидкости и достижение максимальной насыщенности древесины, варьируя временем пропитки; при необходимости часть жидкости можно удалить путём вращения в этой же центрифуге после удаления пропитывающего состава из центрифуги;

- способ применим для пропитки изделий из древесины со сложным поперечным сечением и наличием пороков.

В результате настоящих и ранее проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Борированная древесина может использоваться для защиты от нейтронных потоков малых и средних энергий.

2. Борная кислота хорошо проникает в древесину и равномерно в ней распределяется.

3. Наиболее рациональным способом пропитки древесины является встречно-центробежный способ.

4. Экспериментально установленные режимы сквозной пропитки древесины борной кислотой могут служить основой для определения параметров пропитки встречно-центробежным способом на серийно выпускаемом промышленном оборудовании.

5. Нейтронозащитные древесные материалы в 20-30 раз дешевле применяемых в настоящее время водородосодержащих защитных материалов.

Практическим результатом работы является углублённое исследование пропитки древесины борной кислотой, изучение кинетики этого процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоногова, Н.А. Повышение защитных свойств низкосортной древесины путём пропитки и уплотнения: автореферат канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: ЛТА, 1999. – 20 с.

2. Белоногова, Н.А. Применение древесных материалов для защиты объектов от воздействия нейтронов / Н.А. Белоногова, А.Н. Веселовский, О.Н. Леонова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. № 171. – Санкт-Петербург: СПбГЛТА, 2004. – С. 78-83.

ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПЕЛЛЕТ

*Н.А. Сычева, А.В. Молчан, И.А. Хмызов, Е.М. Стрельчик, Т.В. Соловьёва
Беларусь, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск*

В настоящее время проблема постоянного роста цен на топливные и энергетические ресурсы является актуальной для Республики Беларусь. Поэтому развитие малой энергетики на основе использования древесного топлива является одним из важнейших направлений, обеспечивающих уменьшение доли импортируемых энергоресурсов, которые становятся все более дорогостоящими и снижают рентабельность продукции. Повышенным спросом среди различных видов древесного топлива пользуются топливные гранулы (пеллеты), успешно конкурирующие с другими видами топлива.

Пеллеты изготавливаются из мягких отходов лесопиления и деревообработки, где используются, как правило, хвойные породы древесины. В связи с сокращением ресурсов хвойной древесины, ее все возрастающей стоимостью и высоким спросом на пеллеты возникла проблема дефицита сырья для их производства.

По данным отечественных и зарубежных литературных источников расширение сырьевой базы производства пеллет возможно с использованием всей биомассы дерева с преимуществен-

ным привлечением малоценных лиственных пород и отходов лесозаготовок в виде ветвей, вершин, сучьев, коры и др. Лесосечный фонд таких ресурсов в Республике составляет порядка 10 млн. м³, и он не имеет эффективного практического применения. Определяющим фактором целесообразности вовлечения этих древесных ресурсов для производства пеллет является их довольно высокая теплотворная способность (низшая теплота сгорания), которая по данным, например [1], составляет: для опилок – 17–19 МДж/кг; верхушек и ветвей – 19–21 МДж/кг; коры – 19–23 МДж/кг. Вместе с тем, следует отметить несколько большую зольность коры (2–3%) и верхушек, ветвей (3–5%) в сравнении с зольностью древесины – до 1%.

В настоящее время производственные мощности отечественных предприятий, выпускающих пеллеты, позволяют не только удовлетворять потребности на внутреннем рынке, но и экспортировать значительную часть продукции в страны ближнего и дальнего зарубежья. В связи с этим выдвигаются дополнительные требования к качеству пеллет, которые должны соответствовать уровню требований единого европейского стандарта DINEN 14961-2 «Твердое биотопливо. Спецификация топлива и классы. Часть 2. Древесные пеллеты для непромышленного использования» [2]. Согласно этому стандарту пеллеты подразделяются на следующие классы – А1, А2, В. Отнесение к тому или иному классу определяется такими основными показателями качества, как зольность и механическая прочность, которые зависят, главным образом, от вида и свойств исходного древесного сырья.

При проведении исследований в качестве сырья использовали комбинированное сырье, т.е. такие виды биомассы сосны, березы и ольхи, как измельченные древесные опилки, кору, ветки (древесную зелень) в массовом соотношении 50/30/20% соответственно.

Как показывает практика, при изготовлении пеллет необходимо соблюдать определенный фракционный состав сырья, т.к. размер древесных частиц оказывает существенное влияние на физико-механические показатели готовой продукции [3]. В связи с этим был определен исходный фракционный состав измельченных частиц биомассы сосны, березы и ольхи, который показан на рисунке 1.



Рис. 1. Фракционный состав исходного древесного сырья

Из диаграммы видно, что после измельчения, в соответствии с традиционной технологией производства пеллет, наибольшую долю в измельченном сырье имеет фракция 1,0/2,0 у всех представленных пород древесины. Также следует отметить, что наибольший удельный вес имеют частицы до 2 мм (фракции 0,0/0,5; 0,5/1,0 и 1,0/2,0) – доля этих фракций составляет 68–82%.

Для рассматриваемых фракций частиц древесной биомассы были определены насыпная плотность и угол естественного откоса при влажности частиц 10% с целью сравнения с традиционным сырьем – сосновыми опилками. Значения этих показателей комбинированного сырья определяют его технологичность с точки зрения транспортировки по технологическому потоку, хранения и подачи в пресс-гранулятор, ориентации древесных частиц друг относительно друга, формирования плотной структуры пеллет при пьезотермическом воздействии.

Данные о свойствах сырья каждой породы по фракциям представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технологические свойства фракций комбинированного сырья из биомассы сосны, березы и ольхи

Фракция, мм	Угол естественного откоса, град.	Насыпная плотность, кг/м ³
Традиционное сырье - древесина сосны (опилки)		
3,15/2,0	51,7	227
2,0/1,0	49,7	231
1,0/0,5	47,0	236
0,5/0,0	45,6	248
Биомасса сосны		
3,15/2,0	58,0	214
2,0/1,0	54,3	220
1,0/0,5	50,3	227
0,5/0,0	48,7	236
Биомасса ольхи		
3,15/2,0	47,3	233
2,0/1,0	45,0	235
1,0/0,5	43,7	242
0,5/0,0	43,2	255
Биомасса березы		
3,15/2,0	51,2	235
2,0/1,0	50,0	239
1,0/0,5	47,1	241
0,5/0,0	45,0	254

Анализ таблицы 1 показывает, что характер изменения значений угла естественного откоса и насыпной плотности для древесной биомассы сосны, ольхи и березы практически соответствует значениям традиционно применяемой древесины сосны в виде опилок. Влияние фракционного состава древесной биомассы на естественный угол откоса имеет прямую зависимость – с увеличением размера частиц увеличивается угол естественного откоса комбинированного сырья. При этом влияние фракционного состава на насыпную плотность имеет обратную зависимость: чем больше размер частиц, тем меньше насыпная плотность древесной биомассы. В целом, значения показателей и тенденции их изменения соответствуют значениям показателей соответствующих фракций для традиционного сырья – опилок из древесины.

В лабораторных условиях были изготовлены образцы пеллет из биомассы березы, сосны и ольхи с целью определения основных рассматриваемых показателей качества – зольности, плотности и механической прочности.

Известно, что зольность опилок, коры и ветвей имеет различные значения [4]. Результаты исследований влияния состава комбинированного сырья различных фракций на зольность пеллет представлены на рисунке 2.

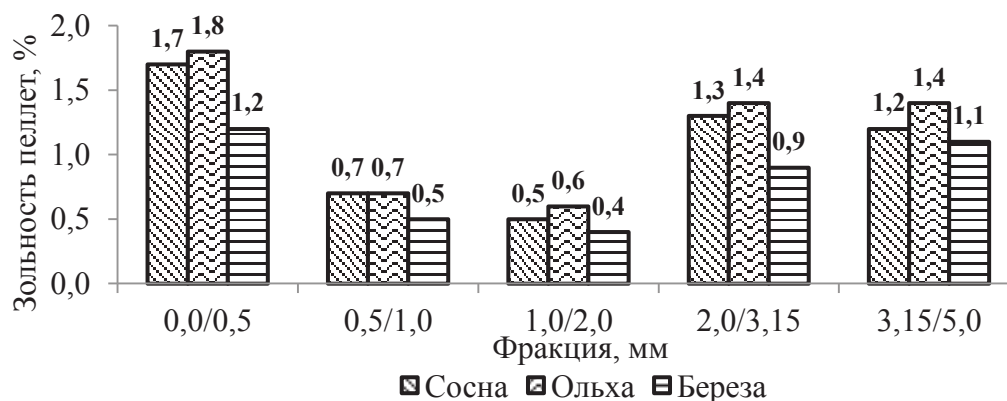


Рис. 2. Влияние фракционного состава комбинированного сырья на зольность пеллет

Из рисунка 2 видно, что наименьшую зольность в диапазоне значений от 0,4 до 0,7% имеют пеллеты, полученные из комбинированного сырья с размерами частиц 0,5/1,0 и 1,0/2,0 мм. Полученные данные свидетельствуют о том, что после измельчения и сортирования содержание опилок, коры и ветвей различно в каждой из фракций, что и обуславливает различную зольность пеллет, изготовленных из различных фракций. Это можно объяснить тем, что опилки, кора и ветви

измельчаются в одинаковых условиях в различной степени и, соответственно, в различном соотношении распределяются по фракциям. Установлено, что наименьшую зольность имеют фракции 0,5/1,0 и 1,0/2,0, не содержащие наиболее мелких частиц, которые, как показали проведенные исследования, являются наиболее высокозольными.

Механическую прочность пеллет характеризовали таким комплексом показателей, как пределы прочности при изгибе и сжатии, устойчивость к истиранию при вибрации. Плотность пеллет, изготовленных из различных фракций комбинированного сырья, отражена на рисунке 3.

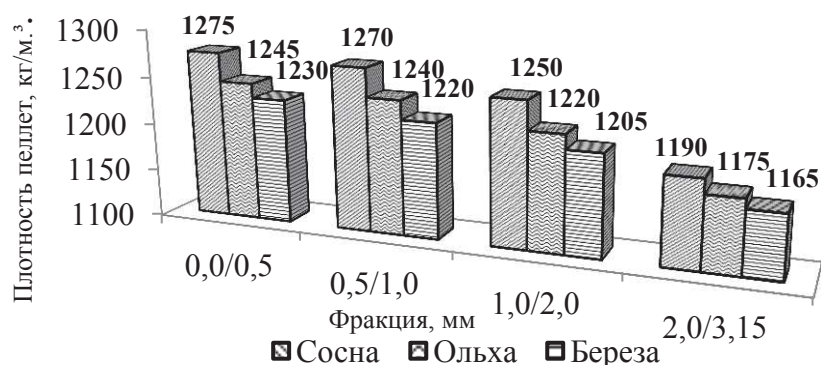


Рис. 3. Влияние фракционного состава на плотность пеллет

Из диаграммы видно, что наибольшие значения плотности достигнуты у пеллет, полученных из комбинированного сырья фракций 0,0/0,5 – 1,0/2,0.

На рисунках 4–6 представлены результаты испытаний образцов пеллет, характеризующих их прочностные свойства.

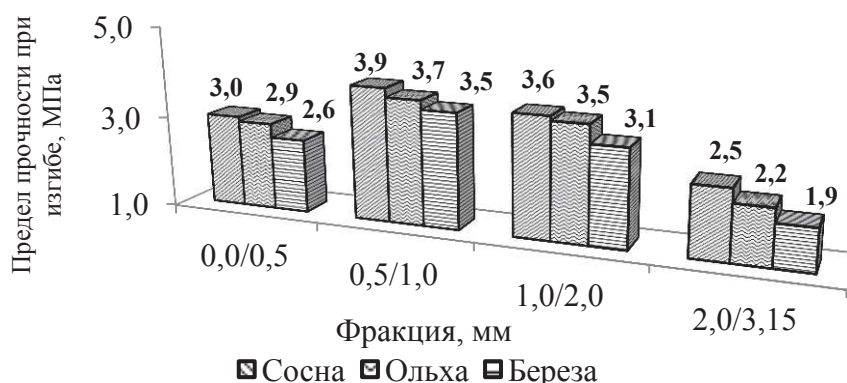


Рис. 4. Влияние фракционного состава комбинированного сырья на предел прочности при изгибе пеллет

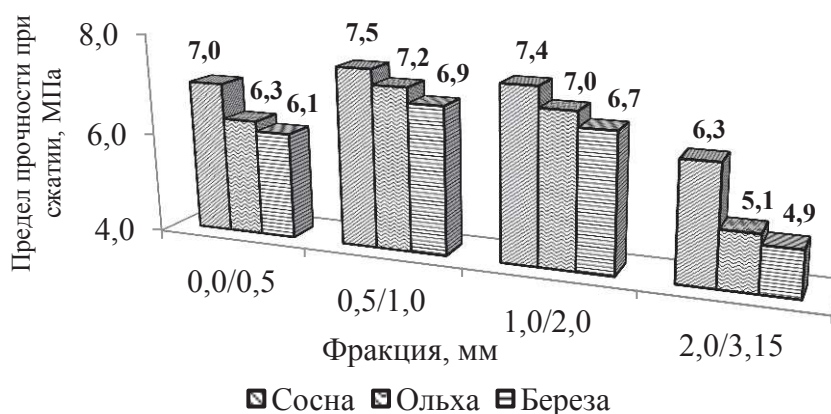


Рис. 5. Влияние фракционного состава комбинированного сырья на предел прочности при сжатии пеллет

При использовании комбинированного сырья фракций 0,5/1,0 и 1,0/2,0 достигаются наибольшие значения прочностных характеристик пеллет – предел прочности при изгибе 3,1–3,9 МПа, предел прочности при сжатии 6,7–7,5 МПа, устойчивость к истиранию при вибрации 0,3–0,6%. Полученные результаты прочности пеллет можно объяснить, основываясь на плотности упаковки частиц, площади контакта между ними, геометрической форме частиц различных фракций. Использование наиболее мелкой фракции 0,0/0,5, обеспечивает получение пеллет с большей плотностью. Но, несмотря на высокую удельную поверхность частиц и, соответственно, площадь контакта между ними, эта фракция не обеспечивает наибольшие значения прочностных показателей, т.к. мелкие частицы имеют, в основном, форму, близкую к кубической, и легче разделяются, чем более крупные древесные частицы фракций 0,5/1,0 и 1,0/2,0. Относительно низкие прочностные показатели пеллет из частиц фракции 2,0/3,5 можно объяснить относительно низкой плотностью, малой удельной поверхностью контакта между частицами, наличием значительных остаточных внутренних напряжений упругого сопротивления в пеллетах после гранулирования.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что именно фракции 0,5/1,0 и 1,0/2,0 мм являются оптимальными для изготовления пеллет из биомассы древесины, т.к. частицы, составляющие их, обладают требуемыми геометрическими и размерными характеристиками для получения пеллет с высокими прочностными свойствами.

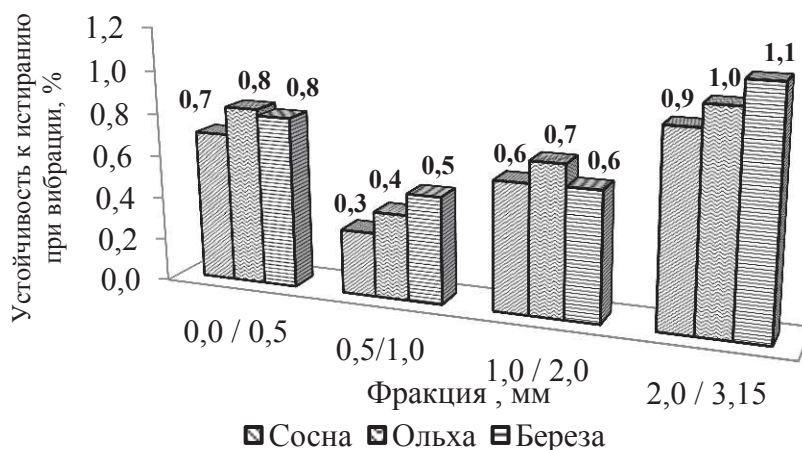


Рис. 6. Влияние фракционного комбинированного сырья на устойчивость пеллет к истиранию при вибрации

В таблице 2 представлены коэффициенты корреляции, отражающие характер взаимосвязи физико-механических показателей пеллет.

Коэффициенты корреляции между прочностными показателями статистически значимы и приближаются к единице по абсолютному значению, что подтверждает тесную взаимосвязь между исследованными показателями качества, что характерно и для традиционного сырья – опилок сосны и ели. Коэффициенты корреляции между плотностью и прочностью несколько ниже по абсолютным значениям – 0,70–0,83, что подтверждает неоднозначный характер влияния плотности, зависящей от фракционного состава, на прочностные показатели.

В результате проведенных исследований по установлению влияния фракционного состава древесной биомассы различных пород на показатели качества пеллет установлено, что частицы древесной биомассы с размерами от 0,5 до 2 мм и зольностью 0,4–0,7% позволяют получать пеллеты, отвечающие требованиям СТБ 2027. Это доказывает целесообразность включения в состав исходного сырья таких видов древесной биомассы, как кора и ветви с целью расширения сырьевой базы производства пеллет.

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции физико-механических показателей пеллет

Показатель	Плотность, кг/м ³			Предел прочности при изгибе, МПа			Предел прочности при сжатии, МПа			Устойчивость к истиранию при вибрации, %		
	Сосна	Ольха	Береза	Сосна	Ольха	Береза	Сосна	Ольха	Береза	Сосна	Ольха	Береза
Плотность, кг/м ³				0,71	0,83	-0,72	0,74	0,79	-0,71	0,70	0,78	-0,73
Предел прочности при изгибе, МПа	0,71	0,83	-0,72	1	1	1	0,97	0,99	0,97	-0,95	-0,92	-0,99
Предел прочности при сжатии, МПа	0,74	0,79	-0,71	0,97	0,99	0,97	1	1	1	-0,89	-0,89	-0,99
Устойчивость к истиранию при вибрации, %	0,70	0,78	-0,73	-0,95	-0,92	-0,99	-0,89	-0,89	-0,99	1	1	1

ЛИТЕРАТУРА

1. Овсянко, А.Д. Справочник. Топливная гранула: Россия, Беларусь, Украина / А.Д. Овсянко, – Санкт-Петербург, 2007.
2. DINEN 14961-2. Твердое биотопливо. Спецификация топлива и классы. Часть 2. Древесные пеллеты для непромышленного использования.
3. Вавилов, А.В. Пеллеты в Беларуси: производство и получение энергии: монография / А. В. Вавилов. – Минск: Стринко, 2012. – 147 с.
4. Кононов, Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов: учебное пособие для студентов / Г.Н. Кононов. – 2-е изд. – Москва: МГУЛ, 2002. – 259 с.
5. Леонович, А.А. Физико-химические основы образования древесных плит / А.А. Леонович. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2003. – 192 с.
6. Баженов, В.А. Технология и оборудование производства древесных плит и пластиков / В.А. Баженов, Е.И. Карасев, Е.Д. Мерсов. – Москва: Лесная промышленность, 1980. – 360 с.

БРИКЕТИРОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Б.М. Локитанов, В.А. Кацадзе, Д.В. Бастриков, О.В. Чиберева
 Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
 им. С.М. Кирова

Древесные отходы возникают на каждом этапе обработки древесины:

- заготовка древесины – лесосечные отходы;
- лесопиление – сырые кусковые отходы, опилки, кора;
- столярное и мебельное производство – сухие кусковые отходы, опилки, древесная пыль.

Количество древесных отходов зависит от технологии заготовки древесины, способов лесопиления и применяемой техники, технологии столярного и мебельного производства.

Выход готовой продукции из древесины оценивают величиной 35-45%, а остальное – древесные отходы. Часть отходов, в основном кусковых, превращают в щепу и используют в производстве целлюлозы, древесно-стружечных плит и других материалов. Но огромное количество древесных отходов: кора, сырые и сухие кусковые отходы, опилки – представляют большую проблему для отрасли. Как их утилизировать?