

УДК 674.815

Н. А. Сычева, аспирант, младший научный сотрудник (БГТУ);
А. В. Молчан, соискатель (БГТУ);
И. А. Хмызов, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);
Т. В. Соловьева, доктор технических наук, профессор (БГТУ)

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИИ ПЕЛЛЕТ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Настоящие исследования направлены на изучение влияния отходов лесозаготовок в композиции пеллет на их основные показатели качества. Исходным сырьем для получения экспериментальных образцов пеллет была древесная биомасса – опилки, хвоя и кора. Изучен сложный и противоречивый характер влияния каждого компонента древесной биомассы на комплекс свойств пеллет. Установлено, что оптимальное содержание исследуемых компонентов в композиции составляет: опилки – 70%, хвоя – 5% и кора – 25%. При этом достигается наилучшее сочетание значений показателей качества пеллет: плотность – 1,49 г/см³, зольность – 0,42% и механическая прочность – 6,5 МПа. По результатам исследований проведен выпуск опытной партии пеллет.

The present research directed on the learning influence of logging waste in the composition of pellets on their basic indicators of quality. Woody biomass was sawdust, pine needles and bark were used as a raw material for obtaining experimental samples of pellets. The complicated and contradictory character of the influence of each component of woody biomass on complex properties of pellets were studied. The obtained results showed that the optimum content of the components in the composition is: sawdust – 70%, pine needles – 5% and the bark – 25%. This delivers the best combination of values of quality pellets: density – 1.49 g/sm³, ash – 0.42%, and the mechanical strength of – 6.5 MPa. According to the research conducted the pilot batch of pellets.

Введение. Рациональное использование древесных отходов является одной из основных задач проблемы улучшения использования древесного сырья, в связи с чем большой интерес представляет совершенствование структуры его потребления. Даже незначительное количество древесных отходов, образующихся в технологическом процессе, использование которых не предусмотрено технологией производства, приводит с течением времени к образованию больших отвалов этих отходов на территории

самых предприятий или вне их. Находясь в больших кучах, древесные отходы подвергаются воздействию атмосферного воздуха, влаги, бактерий, грибов и насекомых. При этом биомасса отходов разрушается с выделением большого числа различных веществ распада древесины и коры, многие из которых токсичны и канцерогенны [1].

Древесные отходы по физико-механическим свойствам, форме и размерам можно классифицировать согласно рис. 1 [2].

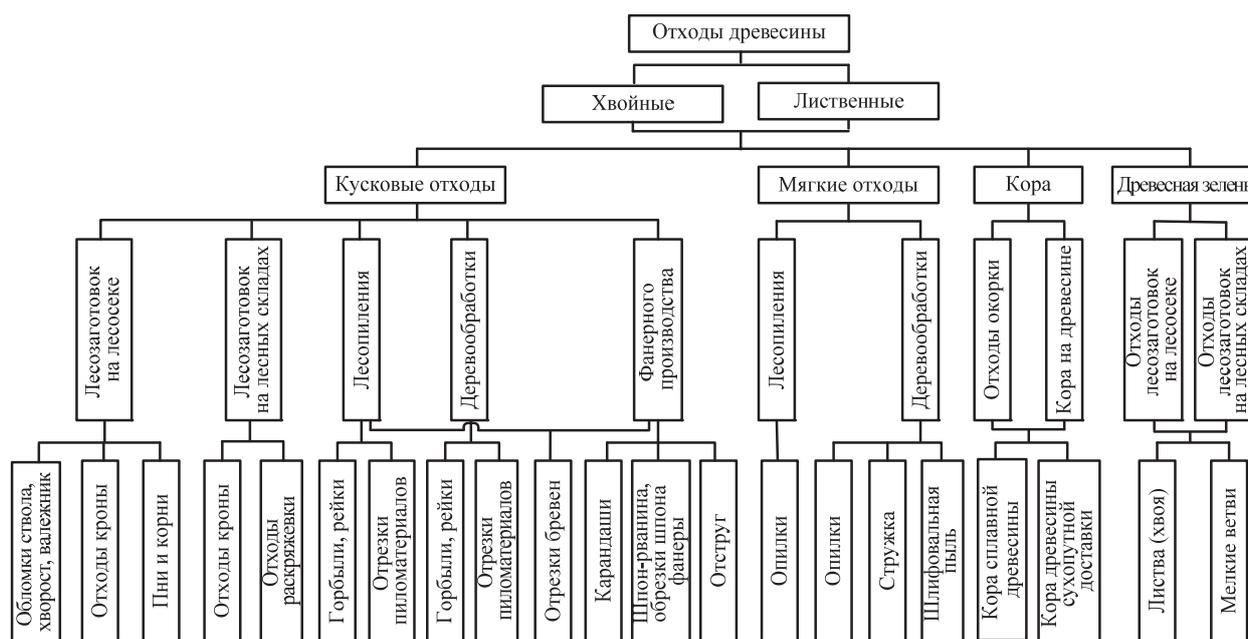


Рис. 1. Классификация отходов древесины

Одним из перспективных направлений полного использования биомассы дерева может быть вовлечение всех видов отходов деревообработки, лесопиления и лесозаготовок в процесс получения древесных пеллет.

Основная часть. Актуальность настоящих исследований обусловлена тем, что в лесном комплексе неизбежно образуются древесные отходы в виде отдельных частей дерева (хвоя, листва, ветви, кора), которые составляют до 20% от общей массы древесины и до сих пор остаются мало востребованными. В таблице представлены свойства основных отходов древесной биомассы, представляющих интерес с точки зрения их использования в качестве сырья для производства пеллет.

**Физические свойства
различных отходов древесной биомассы**

Вид древесной биомассы	Влажность, %	Зольность, %	Теплота сгорания, МДж/кг	Содержание серы, %
Опилки	8–60	0,4–0,6	16–18	0–0,3
Хвоя	35–55	1–5	19–21	0,02–0,05
Кора	21–65	2–6	20–25	0–0,1

Анализ сырьевой базы производства древесных пеллет показывает, что, во-первых, от качества сырья зависят технология, состав и стоимость оборудования, энерго- и трудоемкость производства, а следовательно – величина капиталовложений и уровень себестоимости готовой продукции. Во-вторых, от состава и физических свойств сырья зависит качество получаемых из него пеллет. Отходы лесозаготовок в виде коры и хвои по своему строению, физико-механическим и химическим свойствам отличаются от стволовой древесины меньшим содержанием волокон, что обуславливает их меньшую механическую прочность [3].

С целью установления исходного состава сырья, представляющего собой отходы древесной биомассы в целом, для получения пеллет, при котором достигаются наилучшие их физико-механические свойства, исследовали влияние количественных соотношений древесных опилок, коры и хвои на свойства готовых изделий.

Для решения поставленной задачи применяли симплекс-решетчатое планирование четвертого порядка [4]. Расположение экспериментальных точек в факторном пространстве симплекс-решетчатого плана (плана Шеффе) представлено на рис. 2.

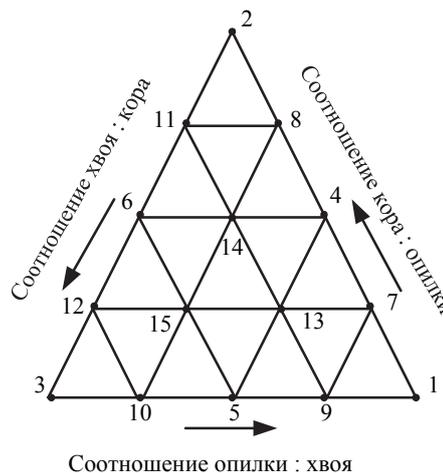


Рис. 2. Расположение экспериментальных точек в факторном пространстве симплекс-решетчатого плана

По результатам эксперимента построены диаграммы зависимостей плотности, зольности и механической прочности древесных пеллет от их композиционного состава, которые представлены на рис. 3–5 соответственно.

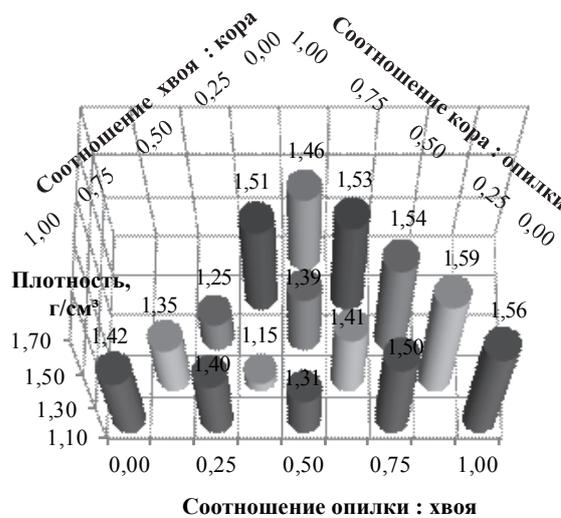


Рис. 3. Диаграмма зависимости плотности пеллет от их состава

Из диаграммы (рис. 3) видно, что максимальное значение показателя плотности $1,59 \text{ г/см}^3$ достигается при содержании в составе пеллет опилок и коры в соотношении 75 и 25% соответственно. Одновременное содержание хвои и коры свыше 50% в составе пеллет приводит к резкому уменьшению плотности до $1,15 \text{ г/см}^3$.

Наличие в составе пеллет хвои и коры увеличивает содержание золы, образующейся при сжигании пеллет, поэтому необходимо лимитировать содержание данных отходов лесозаготовок до значений зольности, удовлетворяющих требованиям стандарта СТБ 2027.

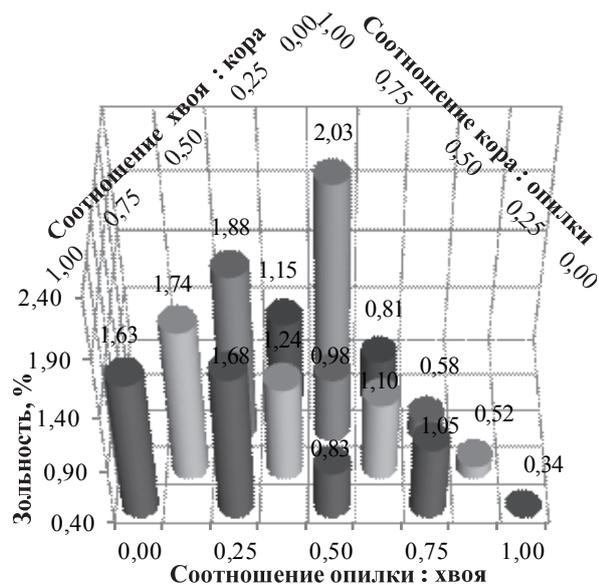


Рис. 4. Диаграмма зависимости зольности pellets от их состава

Присутствие в составе древесных pellets хвои свыше 15% снижает их механическую прочность до 0,5 МПа и транспортную устойчивость. Увеличение содержания в композиции pellets коры от 5 до 25% приводит к повышению механической прочности – с 6,2 до 7,0 МПа, дальнейшее увеличение доли коры приводит к ее снижению – с 7 до 4,6 МПа. Поэтому с точки зрения прочностных свойств pellets целесообразно поддерживать содержание коры в составе исходного сырья на уровне 25%.

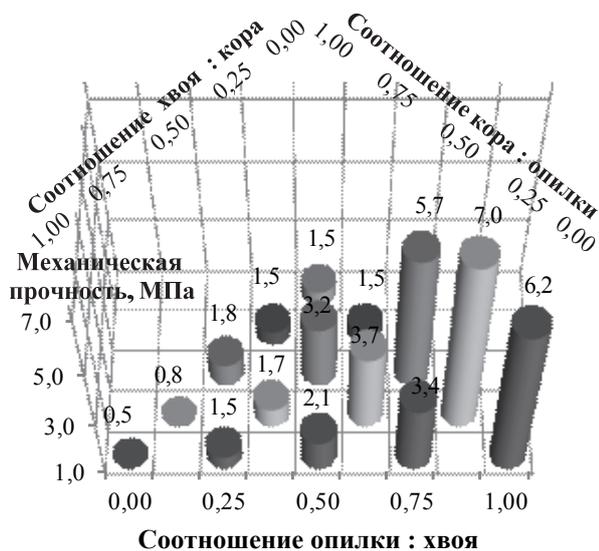


Рис. 5. Диаграмма зависимости механической прочности pellets от их состава

Учитывая сложный и противоречивый характер влияния каждого компонента древесной биомассы на свойства pellets, необходимо определить такое их сочетание, при котором

достигаются наилучшие значения их показателей качества.

Оптимальный состав pellets, а также соответствующие ему показатели их качества найдены расчетом обобщенного критерия оптимизации – $W = 0,95$ [4]. Установлено, что оптимальное содержание исследуемых компонентов в композиции pellets составляет: опилки – 70%, хвоя – 5% и кора – 25%. При этом достигается наилучшее сочетание значений показателей качества pellets: плотность – $1,49 \text{ г/см}^3$, зольность – 0,42% и механическая прочность – 6,5 МПа.

Полученные экспериментальные данные апробированы в промышленных условиях путем выпуска опытной партии pellets из древесины, содержащей кору в количестве 25%. Получены значения показателей качества pellets, которые соответствуют требованиям как отечественного (СТБ 2027), так и европейского (DIN EN 14961-2) стандартов. Кора выполнила функцию активного наполнителя с высокоразвитой удельной поверхностью, что способствовало усилению адгезионного взаимодействия древесных частиц и достижению высокой формоустойчивости pellets.

Заключение. Исследовано влияние соотношения компонентов древесной биомассы (опилки, кора, хвоя) на основные показатели качества pellets. Установлено, что оптимальное содержание исследуемых компонентов в составе pellets составляет: опилки – 70%, хвоя – 5% и кора – 25%. При этом достигается наилучшее сочетание значений показателей качества pellets: плотность – $1,49 \text{ г/см}^3$, зольность – 0,42% и механическая прочность – 6,5 МПа.

Совершен выпуск опытной партии pellets, подтвердивший результаты проведенных исследований.

Литература

1. Головков С. И., Коперин И. Ф., Найденков В. И. Энергетическое использование древесных отходов. М.: Лесная промышленность, 1987. 224 с.
2. Михайлов Г. М. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности. М.: Экономика, 1983. 224 с.
3. Использование отходов лесозаготовок / Л. И. Качелкин [и др.]. М.: Лесная промышленность, 1965. 323 с.
4. Пен Р. З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства. Красноярск: Красноярский гос. ун-т, 1982. 192 с.

Поступила 26.02.2014