

УДК 674.8:620.192

**Д. О. Ношик**, магистрант (БГТУ); **Н. А. Сычева**, аспирант (БГТУ);  
**И. А. Хмызов**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
**С. И. Шпак**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
**Т. В. Соловьева**, доктор технических наук, профессор (БГТУ)

### **МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ КЛЕЕВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ**

Настоящие исследования направлены на установление целесообразности применения модификации древесины в производстве топливных пеллет. Результаты испытаний образцов пеллет из модифицированной древесины показали, что в целом применение белковых клеев в качестве модифицирующей добавки более эффективно, чем применение крахмальных клейстеров. Лучшие значения физико-механических показателей были получены для образцов пеллет из древесины, модифицированной желатином и альбумином с расходом 0,5%.

These present researches are aimed at establishing the expediency of using modification of wood in the production of fuel pellets. The results of tests of pellets samples of the modified wood showed that in general use as a modifying agent protein adhesive is more effective than the use of starch pastes. The best values of the physico-mechanical properties were obtained for pellets samples of wood modified by gelatin and albumin at a rate of 0.5%.

**Введение.** В настоящее время технологии производства топливных пеллет интенсивно развиваются и широко внедряются в различных странах мира. Развитию способствуют значительное повышение стоимости традиционных энергоносителей и возрастающие экологические требования к выбросам в окружающую среду от их сжигания. На сегодняшний день проблема роста цен на топливные и энергетические ресурсы является весьма актуальной и для Республики Беларусь.

Традиционно для получения топливных пеллет используются древесные отходы хвойных пород (сосны, ели), наличие большого количества лигнина и смолистых веществ в которых позволяет получать пеллеты с высокой механической прочностью [1]. Практическое применение древесины лиственных пород в виде отходов деревообработки и лесопиления затруднено. В силу специфики своего химического состава, древесина лиственных пород не обеспечивает требуемой механической прочности и плотности пеллет.

Наиболее реальным путем снижения себестоимости производства топливных пеллет является замена дорогостоящей и широко используемой в деревообрабатывающей промышленности древесины хвойных пород более дешевой и малоценной древесиной лиственных пород, которая в настоящее время все еще не находит удовлетворительного практического применения в различных отраслях промышленного производства [2].

Древесина лиственных пород содержит большое количество высокореакционных гемицеллюлоз [3], выступающих при нагревании в роли связующего, а также лигнин, однако, его количество недостаточно для обеспечения требуемой транспортной прочности и плотности

пеллет. С целью повышения адгезионного взаимодействия древесных частиц и более плотной их упаковки в структуре гранул необходимо модифицирование древесины.

В качестве модифицирующего реагента возможно использование таких органических добавок, выступающих в роли связующего, как белковые клеи и крахмальные клейстеры [4]. Данные виды добавок нетоксичны, являются экологически чистыми, способны образовывать минимальное количество вредных газов при сжигании и сохранять низкую зольность топлива.

**Основная часть.** Целью настоящей работы являлось определение влияния модификации древесины на прочностные характеристики пеллет.

В качестве исходного сырья были выбраны древесные отходы лиственных пород в виде опилок. Использовалась фракция размером 1,0/3,0 с влажностью 10%.

В лабораторных условиях кафедры химической переработки древесины БГТУ были получены образцы пеллет из древесины модифицированной белковыми клеями и крахмальными клейстерами, а также контрольные образцы пеллет из древесины без модификации. В качестве добавок использовали клей на основе белков крови (альбумин), клей на основе белков молока (казеин), клей на основе гидролизованного белка коллагена (желатин), крахмал кукурузный, крахмал окисленный, крахмальную патоку. Модификаторы вводились в количествах 0,1, 0,3 и 0,5% абсолютно сухого клея по отношению к абсолютно сухой древесине.

Для полученных образцов пеллет значения таких показателей качества как плотность, влажность, зольность варьировались в допустимых пределах и удовлетворяли требованиям СТБ 2027-2010 [5].

В промышленных условиях после изготовления pellets упаковывают в массивные мешки – биг-бэги – массой 500–650 кг [6]. При хранении нижние слои pellets испытывают значительное давление и подвергаются сжатию. При транспортировке pellets подвергаются вибрации. Оба эти фактора приводят к тому, что часть pellets крошится, образуется мелкая пылевидная фракция, которая не обладает требуемой теплопроводной способностью. В связи с этим основное внимание в ходе эксперимента уделялось прочностным показателям pellets, а именно влиянию модификации древесины клеевыми соединениями на основе белков и крахмальными клейстерами на предел прочности при изгибе и на предел прочности при сжатии pellets, на степень их устойчивости к вибрации.

Результаты определения влияния модификации древесины на предел прочности при изгибе и на предел прочности при сжатии pellets представлены на рис. 1 и 2.

Анализ полученных результатов (рис. 1 и 2) показал, что при обработке древесного наполнителя pellets всеми видами представленных модифицирующих добавок с расходом 0,3 и 0,5% абсолютно сухого клея по отношению к абсолютно сухой древесине предел прочности при изгибе и предел прочности при сжатии pellets возрастает. Как видно из графических зависимостей, представленных на рис. 1 и 2, в

целом применение в качестве модифицирующей добавки белковых клеев более эффективно, чем применение крахмальных клейстеров. При обработке древесины желатином и альбумином достигаются лучшие показатели механической прочности и сопротивления pellets сжатию. При использовании в качестве модифицирующей добавки альбумина либо желатина с расходом 0,5% абсолютно сухого клея по отношению к абсолютно сухой древесине предел прочности при изгибе pellets в обоих случаях возрастает практически в 2 раза (с 4,85 до 9,53 и 9,48 МПа соответственно). При этом предел прочности при сжатии pellets увеличивается в разной степени с 6,59 до 9,71 и 11,41 МПа, т. е. на 47 и 73% соответственно.

Изучение влияния вибрации на степень разрушения pellets, которая характеризует их транспортную прочность, т. е. формоустойчивость, проводили на лабораторной сортировочной машине Haver EML 200 digital plus (Германия) с трехмерным рассеиванием. Для определения устойчивости pellets к вибрации использовали комплект сит с размером ячеек 5,0, 2,0, 1,0 и 0,5 мм. На верхнее сито с размером ячеек 5,0 мм помещали образцы pellets. Затем подвергали их воздействию вибрации с амплитудой 3 мм на протяжении 7 мин. После проведения испытаний взвешивали массу крошкообразных фракций на каждом из сит и определяли долю частиц на каждом сите.

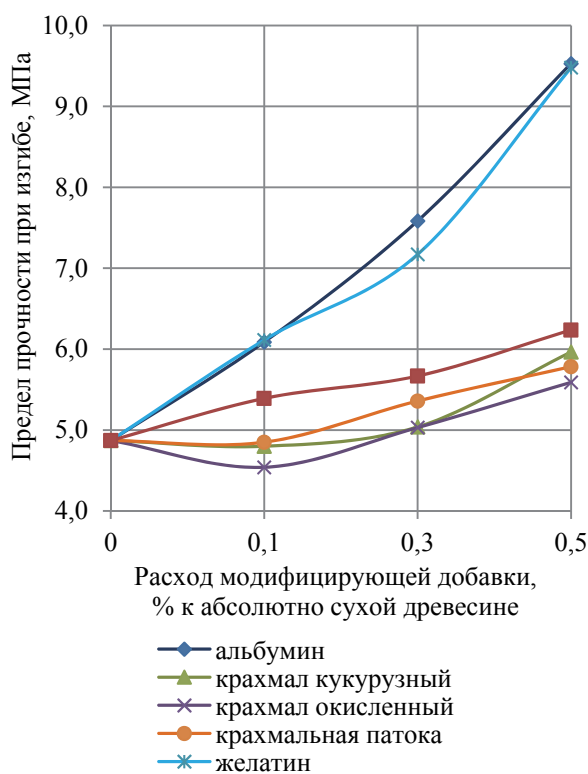


Рис. 1. Влияние модификации древесины на предел прочности при изгибе pellets

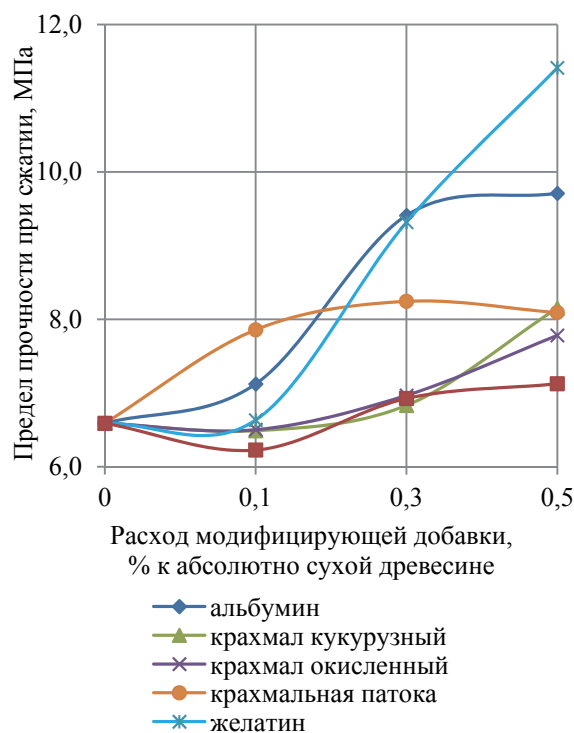


Рис. 2. Влияние модификации древесины на предел прочности при сжатии pellets

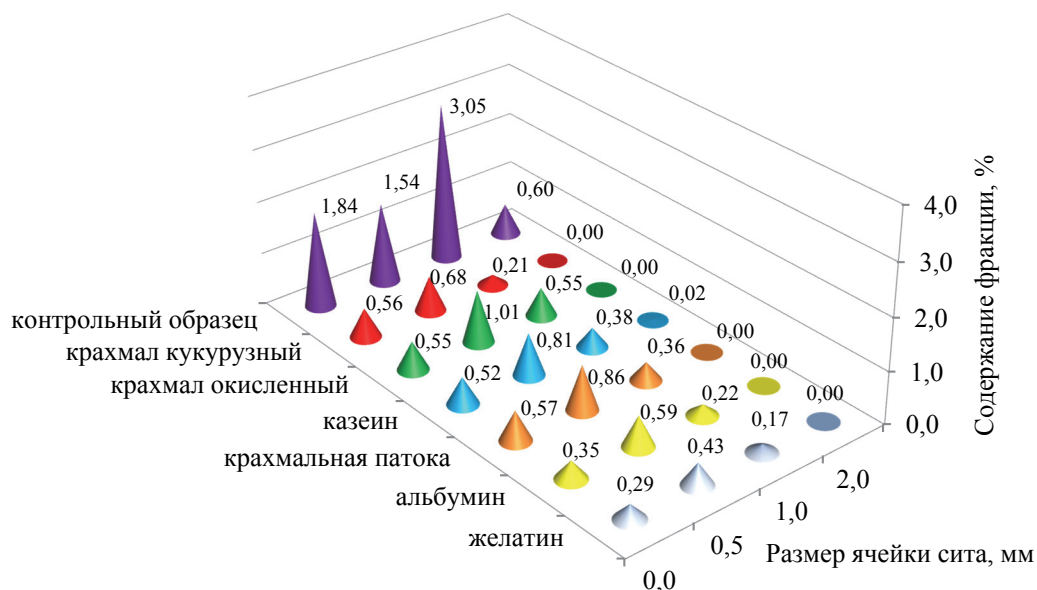


Рис. 3. Влияние вибрации на степень разрушения пеллет из модифицированной древесины

На рис. 3 представлены результаты определения влияния вибрации на степень разрушения пеллет из модифицированной древесины. Расход модифицирующей добавки составлял 0,5%.

Как и предполагалось, пеллеты из модифицированной древесины более устойчивы к воздействию вибрации при указанных параметрах. Согласно СТБ 2027-2010 регламентировано количество пыли при истирании гранул, и для пеллет наилучшего качества (1 группа) оно должно составлять не более 0,8%. Как видно из рис. 3, все образцы пеллет из модифицированной древесины по данному показателю соответствуют требованиям стандарта. Наименьшее количество пылевидной фракции образовалось при испытании пеллет из древесины, модифицированной желатином – 0,29%. Немного уступает по данному показателю альбумин. Доля пылевидной фракции уменьшилась с 1,84 до 0,35%.

**Заключение.** Результаты проведенных исследований свидетельствуют о целесообразности использования модификации древесины в производстве топливных пеллет. С целью улучшения прочностных показателей пеллет применение белковых клеев является более эффективным, чем применение крахмальных клейстеров. Лучшие значения механической прочности и сопротивления пеллет сжатию достигаются при модификации древесины желатином либо альбумином с расходом 0,5%. При

этом доля пылевидной фракции, образованной в результате воздействия вибрации на пеллеты, существенно снижается, что позволяет характеризовать их как гранулированный материал с высокой формоустойчивостью.

#### Литература

1. Гомонай М. В. Технология переработки древесины: учебник. М.: МГУЛ, 2002. 232 с.
2. Михайлов Г. М. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности // Справочник. М: Экономика, 1983. 224 с.
3. Азаров В. И., Буров А. В., Оболенская А. В. Химия древесины и синтетических полимеров. СПб.: СПбЛТА, 1999. 628 с.
4. Глебов И. Т. Оборудование для склеивания древесины. Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. 170 с.
5. Гранулы древесные топливные. Общие технические условия: СТБ 2027-2010. Введ. 01.07.2010. Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, Минск, 2010. 20 с.
6. Анализ основных топливных характеристик древесного топлива, соломы и других твердых сельскохозяйственных отходов / З. А. Антонова [и др.] // Энергоэффективность. 2008. № 5. С. 7–9.

Поступила 26.02.2014