

**ДЕРЕВООБРАБОТКА  
В МАЛОЭТАЖНОМ И ИНДУСТРИАЛЬНОМ  
ДОМОСТРОЕНИИ**

**WOODWORKING  
IN LOW AND INDUSTRIAL HOUSING CONSTRUCTION**

УДК 674.812–41:674.213(043.3)

**Л.В. Игнатович, С.С. Утгоф**

(L. V. Ignatovich, S.S. Utgof)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: ignatovich@belstu.by

**ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО  
МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ И ОЛЬХИ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МНОГОСЛОЙНОГО ПАРКЕТА**

**FEATURES THERMOMECHANICAL MODIFICATION WOOD  
OF PINE AND ALDER WOOD FOR MULTILAYER PARQUET**

*Представлены результаты термогравиметрического анализа, ИК-спектроскопии уплотненной древесины сосны и ольхи. Целью исследований была идентификация химических и механических изменений древесины в результате ее пьезотермообработки.*

*Термомеханическое модифицирование привело к качественному изменению в структуре основных компонентов лигноуглеводной матрицы древесины, однако количественная оценка этих изменений показала, что нагрев древесины привел к де-струкции связей, а не к их образованию.*

*Presents the results of thermogravimetric analysis, IR spectroscopy, and microscopic examination of the densified pine and alder wood. Purpose of the research was the identification of chemical and mechanical changes resulting from its piezothermal treatment.*

*Thermo-mechanical modification led to a qualitative change in the structure of the main components limnogeology matrix of wood, but to-quantitative evaluation of these changes showed that the heating of the wood led to the de-design of the relations, not to their education.*

В настоящее время одной из задач лесной и деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь является рациональное и комплексное использование лесосырьевых ресурсов. Одним из решений данной задачи является снижение расхода древесины твердолиственных пород, производство столярно-строительных изделий, том числе и паркетное производство [1]. Основными их недостатками являются трудоемкость и энергоемкость процессов, а также применение токсичных химических составов. В предлагаемом способе уплотнения древесины не применяются химические составы. Улучшение физико-механических свойств происходит только под воздействием высоких температур и давления.

В качестве сырья для изготовления термомеханически модифицированной древесины исследовались мягколиственные (ольха) и хвойные (сосна) породы древесины – широкораспространенные и произрастающие на территории Республики Беларусь. Для обеспечения высокой производительности и сокращения энергоемкости процесса проводилось прессование поперек волокон заготовок из древесины сосны тангенциального и радиального распила толщиной 7 мм влажностью  $10 \pm 2$  % при температуре, близкой к температуре текучести компонентов древесины ( $100\text{--}110^\circ\text{C}$ ), давлении  $19,0\text{--}19,5$  МПа и времени уплотнения 2–3 мин.

Целью данной работы является определение химических и механических изменений древесины ольхи и сосны в результате термомеханического модифицирования. Известно, что древесина – анизотропный материал биологического происхождения, имеющий довольно сложный химический состав. Основными компонентами клеточных стенок древесины являются целлюлоза, лигнин, пентозаны и гексозаны.

Для оценки химических изменений, происходящих в древесине в процессе уплотнения, применяли дифференциально-термогравиметрический (ДТГ) и термогравиметрический (ТГ) анализы с использованием термоаналитической системы TGA/DSC-1 HT/319 METTLER TOLEDO Instruments.

*Термогравиметрия (ТГ)* – метод термического анализа, при котором регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры. Экспериментально получаемая кривая в зависимости от изменения массы и температуры (называемая термогравиметрической кривой или термограммой) позволяет судить о термостабильности и составе образца в начальном состоянии, о термостабильности и составе веществ, образующихся на промежуточных стадиях процесса, и о составе остатка, если таковой имеется [2].

Образцы древесины ольхи и сосны (модифицированной и натуральной) нагревали в программированном режиме в специальных термовесах до температуры  $500^\circ\text{C}$  и графически записывали изменение массы изучаемого вещества  $P$  в зависимости от температуры и времени нагрева в виде характерной термогравиметрической кривой (ТГ-кривая). Изменение массы образца записывали непрерывно в функции температуры, которая составляла температуру камеры печи.

Анализ полученных результатов показал, что процесс потери массы древесины происходит в несколько этапов, что можно объяснить протеканием различных реакций. Наиболее близким аналогом процесса, происходящего при термогравиметрическом анализе древесины и древесных материалов, можно считать пиролиз древесины. При пиролизе происходит глубокая деструкция высокомолекулярных компонентов древесины – полисахаридов и лигнина с образованием низкомолекулярных продуктов. Термомпревращения вышеуказанных компонентов включают разнообразные реакции: термическую деструкцию, гидролитическую деструкцию, дегидратацию, сопровождающиеся реакциями изомеризации, диспропорционирования, окисления, а также вторичными процессами полимеризации, преимущественно конденсационной.

Характерной особенностью образования остаточных деформаций в процессе термомеханического модифицирования является ведение процесса при температуре, выше температуры текучести компонентов древесины, в частности, лигнина. Переход лигнина в стеклообразное состояние при остывании древесины обеспечит необратимость деформации и стабильность формы. Основным отличием в химическом строении древесины хвойных и лиственных пород является наличие в составе хвойных пород смоляных кислот, которые являются основным компонентом смолы.

В ходе исследований была зарегистрирована энергия, необходимая для выравнивания температур исследуемого вещества и эталона в зависимости от времени и температуры.

Для проведения исследования была изготовлена навеска натуральной и уплотненной древесины (из ольхи и березы). Древесина уплотнялась при температуре 110 °С под давлением 20 Н/мм<sup>2</sup> в течение 1 минуты. Навеска уплотненной древесины составляла 10,3–10,5 мг, скорость нагревания – 5 °С/мин. ТГ-кривые записывали в интервале температур 25–500 °С. Температуру для расчета  $E_d$  определяли по экстремуму на кривой ДТГ.

На рисунках 1 и 2 представлены кривые, отражающие зависимость выделения энергии при превращениях компонентов древесины сосны и ольхи соответственно в процессе повышения температуры образца.

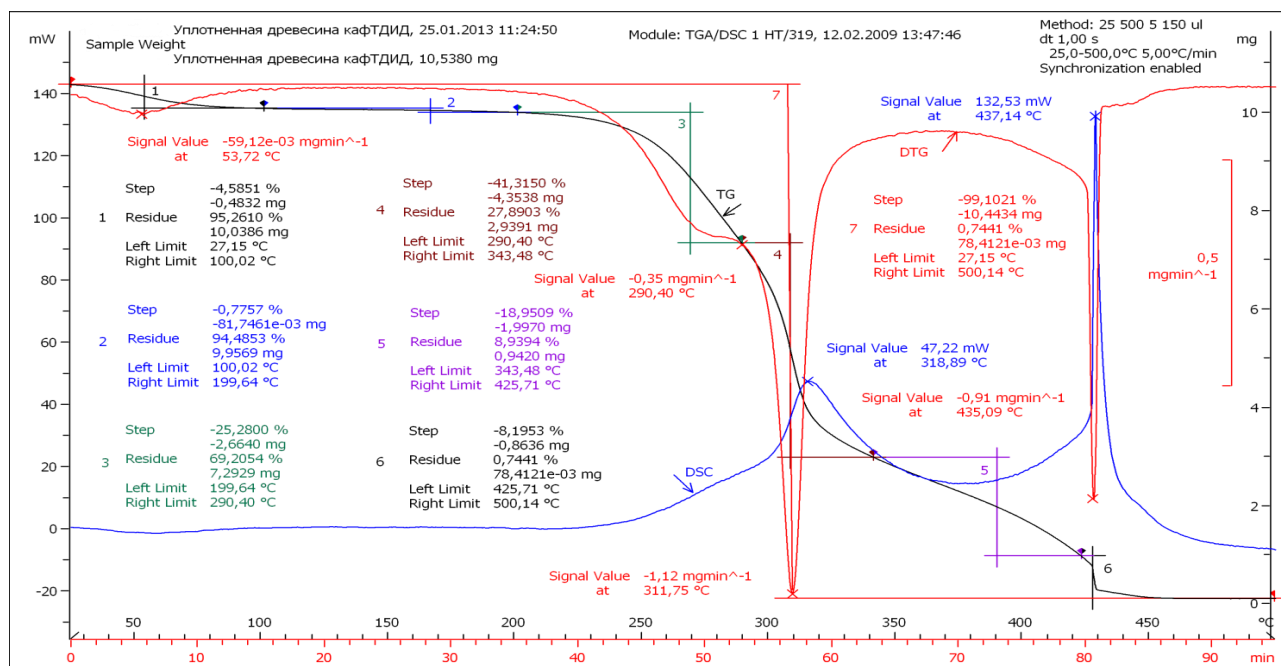


Рис. 1. Дериватограмма образца из уплотненной древесины ольхи

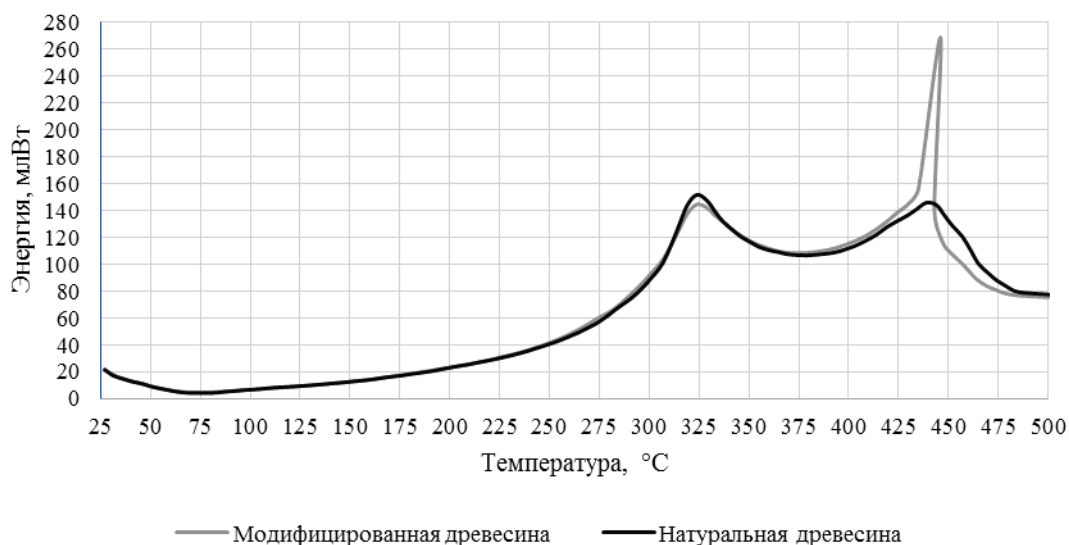


Рис. 2. Дериватограмма образца из уплотненной (модифицированной) и натуральной древесины сосны

Прогибы на кривых соответствуют протеканию эндотермических реакций, которые требуют подвода тепла, пики – экзотермическим реакциям, протекающим с выделением энергии. В температурном диапазоне 27–200 °С проходит сушка древесины, что является эндотермическим процессом. Далее начинается разложение целлюлозы и формирование структуры угля, сопровождающиеся выделением энергии (на кривой отражается пиком). При температуре выше 350 °С проходит разложение лигнина, которое вначале сопровождается образованием связей, а в температурном диапазоне 400–500 °С – их разрушением с выделением энергии.

В качестве критерия оценки степени пластификации древесины можно принять энергию активации термоокислительной деструкции. Энергия активации термоокислительной деструкции – избыток энергии необходимый для разрушения химических связей, образующих основную цепь полимера, под воздействием тепла и кислорода воздушной среды. Показано, что эффективная энергия активации термоокислительной деструкции ( $E_d$ ) термопластических полимеров как в жидкой (в расплаве), так и в твердой (пленке, волокне и т.п.) фазах является универсальным и высокочувствительным параметром. Параметр  $E_d$  возрастает при частичной сшивке макромолекул полимера. Параметр  $E_d$  при прочих равных условиях является мерой устойчивости полимера к термоокислительной деструкции. Поэтому чем больше степень сшивки, тем выше значение  $E_d$ . Расчет  $E_d$ , основанный на математической обработке кривой  $TG$  с использованием достаточно точного для полимеров метода двойного логарифмирования Бройдо, выполняется по специальной формуле [3, 4].

При анализе записанных нами ИК-спектров поглощения исследуемых образцов (согласно общепринятой методике ИК-спектроскопических исследований) рассматривали в общем случае – число полос поглощения, относящихся к колебаниям данного иона или молекулы, и частотный интервал их проявления. Число полос в ИК-спектре поглощения определяли правилами отбора для точечной группы симметрии, которая зависит от пространственного расположения атомов в данном ионе или молекуле [5].

Сравнивая полученные ИК-спектры древесины ольхи и сосны до уплотнения и после уплотнения, существенных отличий мы не выявили. Результаты проведенного исследования подтверждают, что изменение свойств древесины происходит под действием внешних факторов и позволяют утверждать, что в основе взаимодействия компонентов древесины лежат химические реакции первичной конденсации лигнина, которые протекают без выделения химических веществ и изменения химического состава древесины.

Как показали проведенные ранее эксперименты, степень уплотнения зависит от времени прогрева и прессования в равной степени, однако достигает минимального требуемого значения в 30 % при времени прогрева 30 с и времени прессования от 6 до 12 с. Улучшение физико-механических свойств древесины зависит от увеличения степени уплотнения древесины, коэффициента ковариации твердости уплотненной древесины и степени уплотнения и составляет 0,97.

Из полученных данных можно сделать следующие выводы. В процессе уплотнения древесины происходит первичная конденсация лигнина, которая приводит к увеличению термостабильности лигнина и пластификации древесины. Эффективным критерием оценки степени пластификации можно считать энергию активации термоокислительной деструкции. Результаты ИК-спектроскопии и микроскопического исследования свидетельствуют об отсутствии химических изменений и деструкции анатомических элементов древесины.

Таким образом, полученные данные позволяют разработать рациональные режимы уплотнения древесины мягких лиственных пород: температура плит пресса – 110°C, давление прессования – 20 Н/мм<sup>2</sup>, время прогрева – 20–30 с, время прессования – 10–15 с.

### Библиографический список

1. Утгоф, С.С. Исследование эффективности использования уплотненной древесины мягких лиственных пород для производства изделий из древесины с улучшенными эксплуатационными свойствами / С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович // *Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития*. – Гродно, 2013. – С. 143–147.
2. Соловьева, Т.В. Превращение компонентов лигноуглеводной матрицы в технологии древесноволокнистых плит: дис. ... док-ра. техн. наук: 05.21.03 / Т.В. Соловьева. – Минск, 1998. – 259 с.
3. Бернштейн, В.А. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров / В.А. Бернштейн, В.М. Егоров. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.
4. Прокопчук, Н.Р. Определение энергии активации деструкции полимеров по данным термогравиметрии / Н.Р. Прокопчук // *Пластические массы*. – 1983. – № 10. – С. 24–25.
5. Инфракрасная спектроскопия полимеров / Й. Дехант [и др.]; под общ. ред. Э.Ф. Олейника. – М.: Химия, 1976. – 471 с.

УДК 691.322

**Б.Д. Руденко, Д.П. Прокопьева, С.М. Плотников**  
(B.D. Rudenko, D.P. Prokop'eva, S.M. Plotnikov)  
(СибГТУ, г. Красноярск, РФ)  
E-mail для связи с авторами: bor.rudenko@yandex.ru

### **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНО-ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА**

### **FORMATION STRENGTH OF CEMENT-FIBER COMPOSITES DEPENDING ON THE COMPOSITION**

*Исследовано влияние древесного волокна на прочность при изгибе конгломерата из цемента. Волокно является активным заполнителем, так как имеется существенное увеличение прочности на изгиб по сравнению с цементом. Условием получения конгломерата оптимальной структуры является организация необходимого взаимодействия между компонентами.*

*Influence of wood fiber on durability is investigated at a conglomerate bend from cement. Fiber is active filler since there is an essential increase in durability at a bend in comparison with cement. Condition of receiving a conglomerate of optimum structure is the organization of necessary interaction between components.*

Искусственный строительный конгломерат на основе древесных частиц получается путем совмещения и взаимодействия структурных элементов. Характеристики образующегося конгломерата будут зависеть от того, каким образом происходит адгезионное взаимодействие, какие возникают граничные или переходные слои между структурными элементами, какие происходят межфазные явления, и конечно, от характеристик самих структурных элементов. Также на процесс создания структурных