

УДК 674.812–41:674.213(043.3)

С. С. Утгоф, Л. В. Игнатович

Белорусский государственный технологический университет

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ
ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ
ОЛЬХИ И БЕРЕЗЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИЦЕВОГО СЛОЯ
МНОГОСЛОЙНЫХ ПАРКЕТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Использование древесины мягколиственных пород не нашло широкого применения в производстве многослойных паркетных изделий в качестве лицевого слоя в связи со сравнительно низкими физико-механическими и эксплуатационными показателями. В работе в качестве способа улучшения физико-механических свойств древесины научно обоснован и применен метод термомеханического модифицирования.

Разработанная в рамках исследований технология ведения процесса, основанного на методе термомеханического модифицирования, позволила достичь улучшения показателей физико-механических свойств уплотненной древесины ольхи (в среднем плотности на 43%, твердости на 55%, износостойкости на 50%, влагопоглощения в 6 раз) и березы (в среднем плотности на 31%, твердости на 50%, износостойкости в 2 раза, влагопоглощения в 4 раза), что в полной мере соответствует показателям древесины дуба.

Технологические режимы термомеханического модифицирования, разработанные на основе экспериментальных исследований древесины ольхи и березы, и рекомендации по ее применению были апробированы производственными испытаниями двухслойной паркетной доски с лицевым слоем из уплотненной древесины на ОАО «Гомельдрев», филиал «Паркетный завод».

Ключевые слова: термомеханически модифицированная древесина, мягколиственные породы, физико-механические свойства, режимы модифицирования.

S. S. Utgof, L. V. Ignatovich

Belarusian State Technological University

**OPTIMIZATION OF ALDER AND BIRCH WOOD THERMOMECHANICAL
MODIFICATION TECHNOLOGICAL MODES FOR PRODUCTION
OF MULTILAYER PARQUET PRODUCTS FACE LAYER**

The wood of soft deciduous species is not widely used in the production of multilayer parquet products as the top layer due to the relatively low mechanical and operational properties. The method of thermo-mechanical modification is scientifically justified as a way to improve the physical and mechanical properties of wood in the work.

Developed technology of process based on the method of thermomechanical modification achieved improvements in physical and mechanical properties of modified alder wood (in average density of 43%, 55% of hardness, wear resistance of 50%, water absorption is 6 times less) and birch (in average density of 31%, 50% of hardness, wear resistance – 2 times, moisture absorption – 4 times), which fully corresponds to parameters of oak wood.

Technological modes of thermomechanical modification, based on experimental studies of alder and birch wood, and recommendations for its use were tested by production testing of two-layer wood flooring with a face layer of modified wood at public corporation «Gomeldrev» branch «Parquet Works».

Key words: thermomechanically modified wood, soft deciduous wood, physical and mechanical properties, modification regimes.

Введение. В настоящее время основной задачей лесной и деревоперерабатывающей промышленности является рациональное использование лесосырьевых ресурсов и производство экологически безопасной и конкурентоспособной продукции.

В Республике Беларусь в 2009–2013 гг. на предприятиях концерна «Беллесбумпром» было произведено 690,2 тыс. м² паркетных изделий,

при этом объем выпуска в 2013 г. составил 105,9 тыс. м², что на 17% меньше объема выпуска продукции в 2012 г. (128,0 тыс. м²). Снижение выпуска отечественных паркетных изделий вызвано присутствием широкого ассортимента импортных напольных покрытий на отечественном рынке при стабильном спросе населения на данный вид продукции. В связи с этим перед деревообрабатывающей

промышленностью стоит важная задача расширения производства качественных паркетных изделий, которые могли бы конкурировать на мировом рынке.

В последние годы отдается предпочтение многослойным паркетным изделиям, из которых наиболее востребованной является паркетная доска с лицевым слоем из твердолиственных пород древесины в виде ламели.

Благодаря высокой твердости, прочности и износостойкости древесина дуба является основным сырьем для производства паркетных изделий, но ее применение определяет высокую стоимость продукции, вызванную главным образом дефицитом твердолиственных пород древесины. В Республике Беларусь на 2014 г. твердолиственные породы составляют не более 3,4% от основных лесообразующих пород, в то же время доля мягколиственных пород превышает 33% (по статистическим данным Министерства лесного хозяйства). Сказанное предопределяет целесообразность снижения доли использования древесины твердолиственных пород в производстве паркетных изделий за счет замещения их мягколиственными.

Использование древесины мягколиственных пород не нашло широкого применения в производстве многослойных паркетных изделий в качестве лицевого слоя в связи со сравнительно низкими физико-механическими и эксплуатационными показателями. В работе в качестве способа улучшения физико-механических свойств древесины научно обоснован и применен метод термомеханического модифицирования.

Основная часть. В работах многих исследователей отмечено, что в качестве способа улучшения физико-механических свойств древесины используется термомеханическое модифицирование, в то же время в большинстве исследований изучено уплотнение пропаренной и увлажненной (25–30%) древесины, для предотвращения распрессовки уплотненной древесины применяется обработка паром или прогрев при температуре 180–200°C, что приводит к увеличению продолжительности и энергоемкости процесса модифицирования [1, 2, 3].

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.

В качестве сырья для изготовления лицевого слоя паркетных изделий из термомеханиче-

ски модифицированной древесины целесообразно применять древесину ольхи и березы, произрастающих на территории Республики Беларусь.

В ходе анализа основных факторов, влияющих на процесс термомеханического модифицирования древесины, были выявлены три основных параметра, в наибольшей степени влияющих на свойства получаемого материала: давление, температура и время термомеханического модифицирования.

Для обеспечения высокой производительности и сокращения энергоемкости процесса проводилось прессование поперек волокон заготовок из древесины ольхи и березы тангенциального и радиального распила толщиной 7 мм, влажностью $10 \pm 2\%$ при температуре, близкой к температуре текучести компонентов древесины, давлении 9,8–19,6 МПа и времени уплотнения 1–3 мин.

Время является важным технологическим параметром, т. к. для определения влияния температуры и давления на образец определенной толщины необходимо контролировать длительность их воздействия.

В результате исследований были определены следующие показатели натуральной и термомеханически модифицированной древесины ольхи и березы:

- степень уплотнения, %;
- твердость, МПа;
- износостойкость, г/1000 об.;
- влагопоглощение, %.

Основной характеристикой термомеханически модифицированной древесины является степень уплотнения. Значение показателя степени уплотнения древесины ольхи достигло 36–49%, древесины березы – 20–40%.

Известно, что от плотности древесины зависят ее твердость и износостойкость. Следовательно, чем выше степень уплотнения, тем выше другие физико-механические показатели древесины. На основе полученных ранее зависимостей были построены графики (рис. 1) влияния технологических факторов на твердость древесины ольхи и березы [4].

В изучаемом диапазоне переменных факторов значение твердости древесины ольхи достигло максимума (63,2 МПа) при значениях: давления $P = 18,3$ МПа, температуры $T = 98,1^\circ\text{C}$ и времени прессования $t = 2,4$ мин. Увеличение каждого фактора на нижнем уровне варьирования факторов привело к увеличению твердости от 28 до 38 МПа. При изменении температуры и времени уплотнения на среднем и верхнем уровнях варьирования показатели твердости древесины ольхи одинаковы.

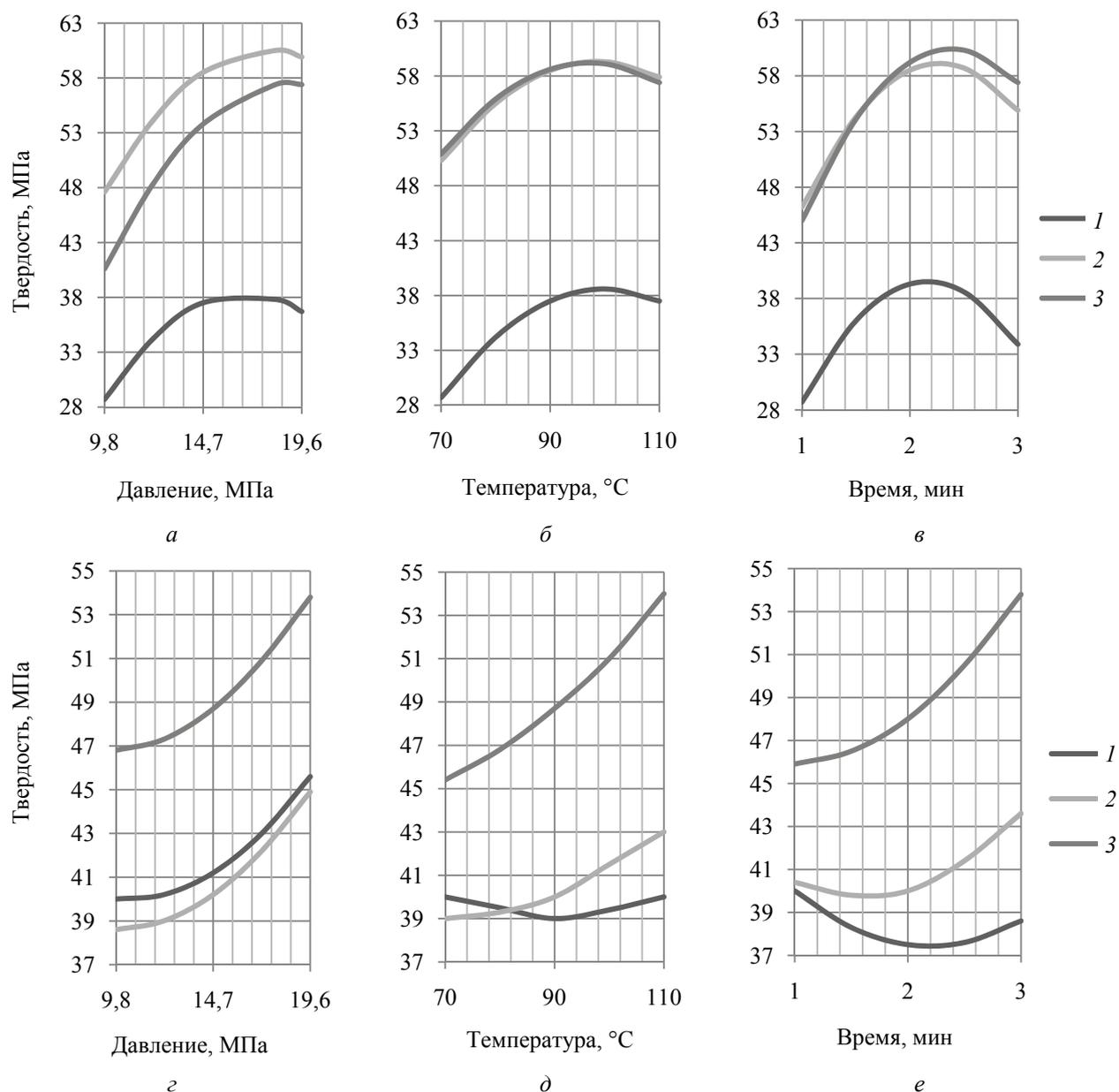


Рис. 1. Влияние давления (*а*), температуры (*б*) и времени уплотнения (*в*) на твердость древесины ольхи и влияние давления (*г*), температуры (*д*) и времени уплотнения (*е*) на твердость древесины березы: 1 – нижний; 2 – средний; 3 – верхний уровень варьирования переменных факторов

С ростом давления уплотнения на нижнем и среднем уровнях варьирования температуры и времени уплотнения произошло увеличение твердости от 37 до 45 МПа, что свидетельствует о приблизительно одинаковом воздействии температуры и времени на показатель твердости. На верхнем уровне варьирования давления, температуры и времени твердость увеличилась от 45 до 54 МПа (рис. 1 *а*, *б*, *в*). Воздействие давления, температуры и времени уплотнения на нижнем и среднем уровне варьирования не привело к увеличению твердости до 43–45 МПа.

На твердость древесины березы основное влияние оказывало время уплотнения. Наибольших значений твердость достигла на верхнем

уровне варьирования факторов: $P = 19,6$ МПа, $T = 110^{\circ}\text{C}$, $t = 3$ мин.

Функция, описывающая зависимость твердости термомеханически модифицированной древесины ольхи от давления, времени и температуры уплотнения имеет оптимум 62,3 МПа (на 19% выше твердости дуба) в изучаемом диапазоне переменных факторов при значениях давления $P = 18,3$ МПа, температуры $T = 98,1^{\circ}\text{C}$ и времени уплотнения $t = 2,4$ мин.

Полученные зависимости позволили разработать рекомендации по назначению режимов термомеханического модифицирования древесины ольхи и березы в зависимости от приоритетности выходного показателя (табл. 1).

Таблица 1

Режимы термомеханического модифицирования и показатели физико-механических свойств уплотненной древесины ольхи и березы

Значения переменных факторов, устанавливающих режим модифицирования			Показатели физико-механических свойств древесины			
Давление, МПа	Температура, °С	Время прессования, мин	Плотность, кг/м ³	Твердость, МПа	Износостойкость, г/1000 об	Влагопоглощение, %
Ольха						
19,6	110	3,0	773	57,4	0,075	23,4
18,3	98,1	2,4	760	62,3	0,109	22,6
9,8	70	3,0	731	33,9	0,174	18,7
Береза						
19,6	110	3,0	896	53,8	0,086	18,8
9,8	70	2,0	771	37,5	0,181	13,6

Наибольшие значения показателей плотности и твердости и наименьшие значения показателей износостойкости и влагопоглощения.

Результаты исследований показывают, что уплотнение древесины в изученных условиях приводит к значительному увеличению плотности: на 36,4–48,9% (716,1–781,7 кг/м³) для древесины ольхи и на 22,4–39,8% (783,4–894,7 кг/м³) для древесины березы. Значение тангенциальной твердости древесины ольхи и березы составляет 31,1–62,3 МПа и 32,4–64,5 МПа соответственно. Твердость уплотненной древесины березы и ольхи для разработанных режимов достигает и даже превышает значения твердости древесины дуба (52,5 МПа) на 4,0 и 19,0% (54,5 и 62,3 МПа). Относительно первоначальной твердости ольхи и березы значение твердости после модифицирования улучшилось максимально на 92–99%.

Результаты исследований физико-механических свойств натуральной и уплотненной древесины ольхи и березы представлены в табл. 2. Для уплотненной древесины приведены наибольшие значения показателей степени уплот-

нения, плотности и твердости, и наименьшие показатели износостойкости и влагопоглощения, достигаемые применением разработанных режимов. Для сравнения приведены аналогичные показатели древесины дуба.

Приоритетным показателем физико-механических свойств древесины для производства лицевого слоя многослойных паркетных изделий считается твердость, следовательно, основными режимами термомеханического модифицирования являются режимы, обеспечивающие максимальные показатели твердости уплотненной древесины ольхи (давление прессования $P = 18,3$ МПа, температура прессования $T = 98,1$ °С, время прессования $t = 2,4$ мин) и березы (давление $P = 19,6$ МПа, температура $T = 110$ С и время прессования $t = 3,0$ мин).

Технологический процесс изготовления многослойных паркетных изделий слицевым слоем из термомеханически модифицированной древесины рассмотрим на примере производства трехслойной и двухслойной паркетной доски.

Технологическая схема представлена на рис. 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства древесины

Порода древесины	Показатели физико-механических свойств				
	Степень уплотнения, %	Плотность, кг/м ³	Твердость, МПа	Износостойкость, г/1000 об	Влагопоглощение, %
Дуб черешчатый <i>Quercus robur L.</i>	0	703	52,5	0,175	117
Ольха черная <i>Alnus glutinosa (L.) Gaerth.</i>	0	525	30,8	0,300	136
Береза пушистая <i>Betula pubescens Ehrh.</i>	0	640	32,4	0,329	63
Термомеханически модифицированная ольха	48,9	773	62,3	0,075	19
Термомеханически модифицированная береза	39,8	896	53,8	0,086	14

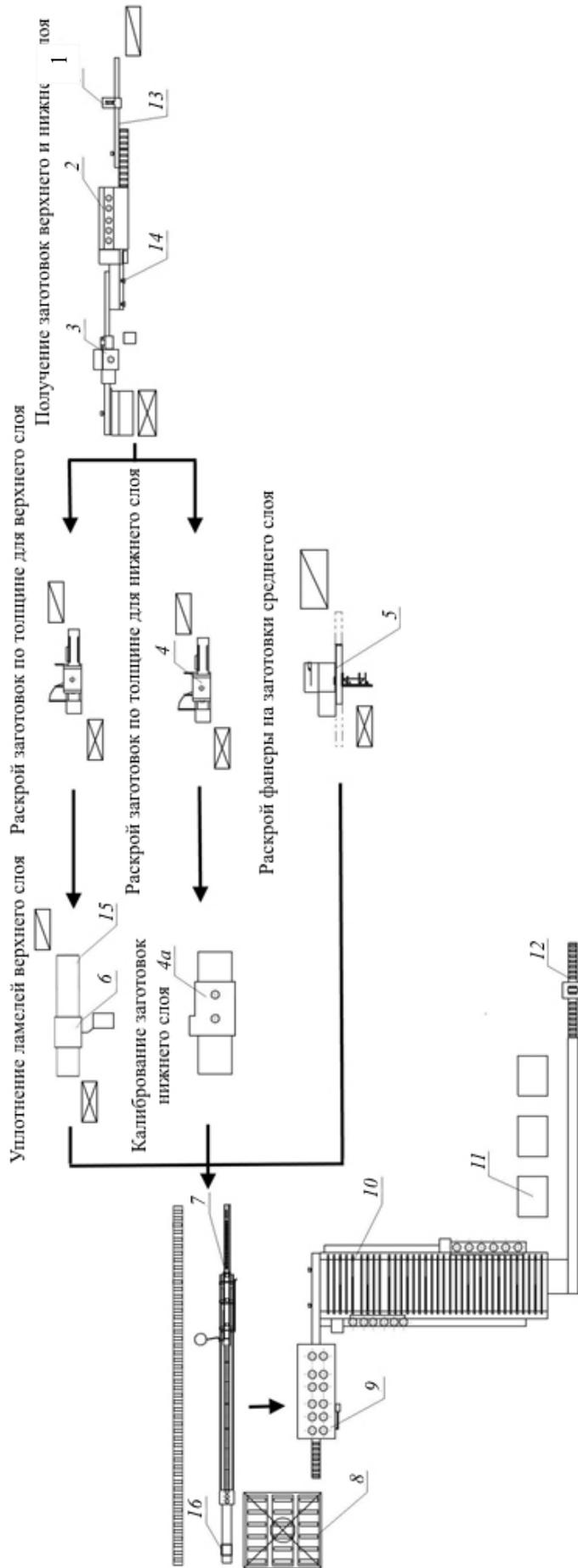


Рис. 2. Технологическая схема изготовления многослойных паркетных изделий с лицевым слоем из термомеханически модифицированной древесины ольхи и березы:

- 1, 3 – торцовочные станки; 2 – четырехсторонний продольно-фрезерный станок; 4 – рамный многоопильный станок; 7 – паркетная линия проходного типа; 8 – наполный роликотный конвейер, подстопные места – под вытяжным зонтом; 9 – двухсторонний профилирующий станок; 10 – двухсторонний торцовочный шипорезный станок; 11 – рабочие места для устранения дефектов; 12 – горизонтальный упаковочный станок; 13 – транспортер; 14 – сбрасыватель; 15 – загрузочный конвейер; 16 – автоматическое разгрузочное устройство.

На первом этапе происходит подготовка заготовок для среднего (при производстве трехслойной паркетной доски) и нижнего слоев. На втором этапе происходит модифицирование древесины ольхи (березы) для верхнего лицевого слоя. На третьем этапе происходит склеивание заготовок между собой с получением непосредственно двух- либо трехслойных паркетных изделий с лицевым слоем из термомеханически модифицированной древесины ольхи (березы). На четвертом этапе происходит формирование профиля соединения.

С помощью электропогрузчика высушенные и охлажденные пиломатериалы подают в цех механической обработки. Рекомендуется проводить предварительную торцовку заготовок для устранения покоробленности и кривизны заготовок с целью уменьшения припуска при дальнейшей обработке и обрезке торцов для удаления трещин после сушки (1).

Вскрытие дефектных мест для предотвращения возможности брака при дальнейшей обработке заготовок осуществляется на четырехсторонних продольно-фрезерных станках (2). Затем происходит торцовка досок. При обнаружении дефектов доски подаются на вырезку дефектных мест (3). Далее доски поступают на участок продольного раскроя для получения ламелей заданной толщины (4). При изготовлении лицевого слоя из термомеханически модифицированной древесины ольхи (березы) подготовленные пиломатериалы подаются на гидравлический пресс (6) для уплотнения.

Уплотнение древесины ольхи для лицевого слоя осуществляется по следующим режимам: для древесины ольхи (давление прессования $P = 18,3$ МПа, температура прессования $T = 98,1^\circ\text{C}$, время прессования $t = 2,4$ мин) и для древесины березы (давление $P = 19,6$ МПа, температура $T = 110^\circ\text{C}$ и время прессования $t = 3,0$ мин). Заготовки лицевого, среднего и ниж-

него слоев полуфабриката многослойной паркетной доски поступают на участок склеивания в прессе или на линии проходного типа (7). Возможно приклеивание лицевого слоя на линии проходного типа с его одновременным уплотнением.

Изготовление трехслойного полуфабриката происходит в два этапа. На первом этапе происходит склеивание нижнего и среднего слоев. В качестве среднего слоя выступает фанера общего назначения. На втором этапе – склеивание лицевого и уже готового полуфабриката нижнего и среднего слоев. Для склеивания полуфабриката паркетной многослойной доски используется полиуретановый клей.

Полученный полуфабрикат трехслойной паркетной доски поступает на участок механической обработки, на котором формируется профиль соединения. Формирование профиля проходит в 2 этапа. Сначала получаем профиль на продольных сторонах полуфабриката (9), потом на торцевых частях (10). Получаем готовую многослойную паркетную доску. Перед упаковкой доски сортируются, устраняются мелкие дефекты (11). Последней операцией является упаковка готовых многослойных клееных паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины в картонные коробки и стрейч-пленку (12).

Заключение. Разработаны технологические режимы получения термомеханически модифицированной древесины ольхи (давление прессования $P = 18,3$ МПа, температура прессования $T = 98,1^\circ\text{C}$, время прессования $t = 2,4$ мин) и березы (давление $P = 19,6$ МПа, температура $T = 110^\circ\text{C}$ и время прессования $t = 3,0$ мин), позволяющие получать древесину с высокими показателями плотности, твердости, износостойкости и влагопоглощения и паркетные изделия на ее основе, удовлетворяющие требованиям СТБ 2121–2010.

Литература

1. Gong M., Lamason C. Improvement of Surface Properties of Low Density Wood: Mechanical Modification with Heat Treatment // University of New Brunswick (Canada), 2007. 111 p.
2. Lamason C. Optimization of pressing parameters for mechanically surface-densified aspen. Forest Products Journal, 2007. 57(10). Pp. 64–68.
3. Wang J., Cooper P. Effect of grain orientation and surface wetting on vertical density profiles of thermally compressed fir and spruce. / P. // Holz als Roh und Werkstoff, 2005. 63. Pp. 397–402.
4. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Исследования процессов деревообработки. М., Лесная промышленность, 1984. 232 с.

References

1. Gong M., Lamason C. Improvement of Surface Properties of Low Density Wood: Mechanical Modification with Heat Treatment // University of New Brunswick (Canada), 2007. 111 p.
2. Lamason C, Gong M. Optimization of pressing parameters for mechanically surface-densified aspen / M. Gong // Forest Products Journal, 2007, 57(10), pp. 64–68.
3. Wang J., Cooper P. Effect of grain orientation and surface wetting on vertical density profiles of thermally compressed fir and spruce. // Holz als Roh und Werkstoff, 2005, 63, pp. 397–402.

4. Pizhurin A. A., Rozenblit M. S. *Issledovaniya protsessov derevoobrabotki* [Research processes of woodworking]. Moscow, Forestry Publ., 1984. 232 p.

Информация об авторах

Утгоф Светлана Сергеевна – кандидат технических наук, научный сотрудник научной отраслевой лаборатории технологических процессов деревообработки и проектирования мебели. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, Республика Беларусь). E-mail: utgof@belstu.by

Игнатович Людмила Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, Республика Беларусь). E-mail: ignatovich@belstu.by

Information about the authors

Utgof Svetlana Sergeevna – Ph. D. Engineering, researcher, scientific research woodworking and furniture design processes laboratory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: utgof@belstu.by

Ignatovich Ludmila Vladimirovna – Ph. D. Engineering, assistant professor, associate professor, Department of technology and design of wooden articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ignatovich@belstu.by

Поступила 20.02.2015