

7. Shirnin YU.A., Rozhencova N.I., Hlyustov V.K. Optimization of intermediate felling // Forest Journal. 2008. № 3. P. 13-18.
8. Karjalainen T., Toppinen A. Russia rising export duties of roundwood. EFI-News 2/2007. P. 12-13.
9. Toppinen A., Mutanen A., Viitanen J., Karjalainen T. Venäjän metsäsektori muutoksessa // Puu ja Paperi. 2006. Vol. 88, № 7. P. 384-386.
10. Karjalainen T., Mutanen A., Torniainen T., Viitanen J. Venäjän metsäsektorin muutokset ja haasteet // Metsäsektorin suhdannekatsaus 2005-2006. Metsäntutkimuslaitos, Vantaa. P. 58-61.
11. Goltsev V. Analysis of experimental thinning management options in the Taiga Model Forest area // Final thesis of MSc in European forestry. University of Joensuu, Faculty of Forestry. 2005. 67 p.
12. Väättäin K., Lappalainen M., Asikainen A., Anttila P. Kohti kustannustehokkaampaa puunkorjuuta - puunkorjuuyrittäjien toimintamallien simulointi // Metlan työraportteja. 2008. № 73. P. 52.
13. Karvinen S., Väliky E., Torniainen T., Gerasimov, Y., Dobrovolsky A. Northwest Russian Forest Sector in a Nutshell. Metla, 2011. 147 p.
14. Karha K., Keskinen S., Liikkanen R., Lindroos J. Kokopuun korjuu nuorista metsistä // Metsätalon raportti 193. 2006. № 193. P. 85.
15. Sanderson M., Santini M., Valentini R., Pope E. Relationships between forests and weather EC Directorate General of the Environment 13th January 2012. 192 p.
16. Timber harvesting in the assortment technology: Recommendations for the calculation of the cost. NII lesa Finlyandii. Joensuu, 2004. 16 p.
17. Shirnin YU.A. Theory of commutative operations in logging. Joshkar-Ola: PGU, 2014. 204 p.
18. Bezgina YU.N., Urazova A.F. Technology and machines of cutting works. Ekaterinburg: UGLTU, 2015. 18 p.
19. Korol' S.A., Derbin V.M., Derbin M.V., Chernyshov E.A. Technology and equipment of logging operations. Uhta: UGTU, 2014. 64 p.
20. Mordvinov YU.A. Establish a monitoring and evaluation means the overall performance of logging equipment // Materialy XVIII mezhdunar. molodezhnoj nauch. konf. «Severgeohkotekh-2017» 12-14 apr. 2017 g. Uhta: UGTU, 2018. Ch. 5. P. 66-70.

УДК 674-419.32

DOI: 10.18324/2077-5415-2018-4-125-131

## Обоснование режимов склеивания шпона при производстве фанеры, изготовленной с применением модифицированной фенолоформальдегидной смолы

Е.Г. Соколова

Санкт-Петербургский лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер. 5, Санкт-Петербург, Россия  
nikitinaek@rambler.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9698-9321>  
Статья поступила 28.09.2018, принята 30.10.2018

*Повышение производительности труда при изготовлении фанеры, ее конкурентного преимущества по сравнению с другими материалами способствует дальнейшему расширению областей применения этого товара. Основными задачами фанерного производства являются улучшение качества продукции, снижение ее токсичности, материало-, энерго- и трудоемкости. Применение эффективных модификаторов и отвердителей фенолоформальдегидной смолы позволяет решить поставленные вопросы. Меламинокарбаминоформальдегидная смола, применяемая как модификатор фенолоформальдегидной смолы, способна повысить технологические и эксплуатационные свойства фанеры марки ФСФ. Проведенные исследования позволили установить параметры процесса подпрессовки и прессования фанеры разной толщины с использованием фенолоформальдегидного клея, модифицированного меламинокарбаминоформальдегидной смолой. Графоаналитически получено время прессования модифицированной клеевой композицией фанеры разной толщины. Достигнуто среднее 25%-ное снижение времени прессования полученным клеем в сравнении с временем прессования на фенолоформальдегидной смоле. Обосновано требуемое время прессования при максимальном давлении и давление на втором этапе прессования, которые обеспечивают необходимую прочность и меньшую упрессовку фанеры. Получены показатели упрессовки для разнотолщинных пакетов шпона. Удалось снизить значения упрессовки фанеры на 45 %. Приведены условия процесса прессования, показатели упрессовки, прочности и токсичности всех рассматриваемых толщин фанеры, повышенной водостойкости. Установлено, что благодаря применению обоснованных режимов прессования фанеры, изготовленной с использованием модифицированного фенолоформальдегидного клея, возможно увеличение эффективности процесса изготовления фанеры и снижение расхода сырья на ее производство. Применение клеевого состава и условий пьезотермической обработки фанеры имеет положительный суммарный эффект и является экономически целесообразным.*

**Ключевые слова:** модификация; клеевой состав; феноло- и меламинокарбаминоформальдегидная смолы; фанера; режим склеивания; прочность склеивания.

# Substantiation of the modes of bonding veneer in the production of plywood using modified phenol-formaldehyde resin

E.G. Sokolova

St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia  
 nikitinaek@rambler.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9698-9321>  
 Received 28.09.2018, accepted 30.10.2018.

*Increasing the productivity of plywood production, its competitive advantage along with other materials contributes to the further expansion of the areas of application of this product. The main objectives of plywood production are to improve product quality, reduce its toxicity, material, energy and labor intensity. The use of effective modifiers and hardeners of phenol-formaldehyde resin allows to solve the tasks. Melaminocarbamideformaldehyde resin, used as a modifier of phenol-formaldehyde resin, is capable of increasing technological and performance characteristics of plywood. The conducted studies allowed to establish the parameters of the process of pressing and pressing plywood of different thickness using phenol-formaldehyde glue modified with melamine urea formaldehyde resin. The pressing time was obtained graphically and analytically by a modified adhesive composition of plywood of different thickness. Average 25% reduction of pressing time adhesive is obtained in comparison with the time pressing on phenol-formaldehyde resin. The required pressing time at the maximum pressure and pressure at the second stage of pressing, which provide the required strength and minimum thinning of plywood, are justified. The results of pressing for different thickness veneer packages are obtained. It was possible to reduce the values of packing plywood by 45%. The conditions of the pressing process, indicators of pressing, strength and toxicity of all the considered thickness of plywood, increased water resistance are given. It has been established that due to the use of reasonable modes of pressing plywood made using modified phenol-formaldehyde glue, it is possible to increase the efficiency of the plywood manufacturing process and reduce the consumption of raw materials for its production. The use of the adhesive composition and the conditions of the piezo-thermal processing of plywood has a positive overall effect and is economically viable.*

**Keywords:** modification; adhesive composition; phenol- and melaminocarbamideformaldehyde resin; plywood; bonding modes; bonding strength.

## Введение

Расширение потребления фанеры связано с превосходством этого материала по основным показателям над другими товарами-заменителями. Рост конкурентного преимущества фанеры достигается благодаря повышению качества, снижению материал- и энергоёмкости продукции. Снижение энергоёмкости производства фанеры возможно благодаря сокращению времени выполнения операций на участке пьезотермической обработки шпона. Это возможно путем изменения давления и продолжительности прессования. Фанера марки ФСФ изготавливается с использованием фенолоформальдегидных смол, поэтому к недостаткам этой продукции относят токсичность за счет присутствия формальдегида, непрореагировавшего в ходе отверждения.

Регулировать параметры прессования и свойства полученной продукции можно включением в клеевой состав эффективных модификаторов. Шунгит, лигносульфонаты, черные сланцы, алюмосиликаты, пектол, параформ, резорцин, комбинированные отвердители применяют как модификаторы фенолоформальдегидных смол [1–12]. Возможна модификация фенолоформальдегидных смол карбамидоформальдегидными и меламинокарбамидоформальдегидными смолами (МКФС) [13; 14].

Благодаря изменению свойств многокомпонентных фенолоформальдегидных клеев возможно ускорение процесса отверждения, снижение токсичности и увеличение прочности клеевого соединения [15].

Аргументированная разработка условий процесса прессования модифицированным клеевым составом являлась целью работы.

**Методика исследования.** Эксперименты проводились с использованием березового шпона толщиной 1,5 мм, фенолоформальдегидной и меламинокарбамидоформальдегидной смол.

Для определения режимов склеивания использовался фенолоформальдегидный клей с измененными свойствами, благодаря включению в его состав МКФС, комбинированного отвердителя (раствор двуххромовокислого натрия и карбамида в воде) КО-2. Основные свойства смол и многокомпонентного клея сведены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства фенолоформальдегидной, меламинокарбамидоформальдегидной смол и клеевой композиции

Клеевой состав	Массовая доля сухого остатка, %	Вязкость условная по ВЗ-246 (4 мм), с	Время желатинизации при 100 °С, с
СФЖ-3014	40	60	–
МКФС (20 % меламин)	65	97	98
СФЖ 3014 — 100 масс. ч., МКФС — 10 масс. ч., КО-2 — 5 масс. ч.	45	68	55

Используя расчетно-графический метод, устанавливали время прессования пакетов шпона разных толщин. По данной методике время склеивания определяли анализом характера изменения температуры в крае-

вой зоне продольной оси симметрии пакета во время его нагрева и продолжительности желатинизации клеевой композиции под действием разных температур. Измерение температуры в краевой зоне продольной оси симметрии пакета производили до состояния теплового равновесия пакета.

Изменение времени и условий прессования приведет к изменению значений упрессовки, которые необходимы для решения технологической задачи — назначения толщины пакетов. Для определения упрессовки

фанеры, изготовленной по обоснованным режимам, применялась стандартная методика. Условия прессования березовой фанеры сведены в табл. 2.

Физико-механические свойства фанеры, склеенной по ГОСТ 3916.1, оценивались с помощью результатов испытания образцов на прочность при скальвании в зоне клеевого соединения. Методика подготовки образцов и их испытания осуществлялись согласно ГОСТ 9624-2009.

Таблица 2

Параметры пьезотермической обработки

Клеевой состав	Параметры пьезотермической обработки				
	Расход клея, г/м <sup>2</sup>	Максимальное давление, МПа	Температура пьезотермической обработки, °С	Время пьезотермической обработки при максимальном давлении, отн. ед.	Давление на 2-м этапе пьезотермической обработки, МПа
СФЖ 3014 — 100 масс. ч., МКФС — 10 масс. ч., КО-2 — 5 масс. ч.	120–130	1,8–2,0	110–120	0,4	0,6
				0,5	0,8
				0,6	1,0

**Результаты исследования.** Для установления времени пьезотермической обработки были определены значения продолжительности желатинизации клеевой композиции под действием разных температур и характер изменения температуры во время нагрева пакета в краевой зоне. Изменение температуры в краевой зоне пакетов слойностью  $n = 9, 11, 13$  представлено на рис. 1. Учитывали влияние температуры на формирование клеевого слоя в условиях прессования пакетов шпона разной толщины. При склеивании пакетов шпона наименьшей толщины использовали более высокие значения температуры. Благодаря этому происходят уменьшение вязкости клея в первоначальный период нагрева, равномерное перераспределение клея в плоскости. Таким образом, появляется тонкий однородный прочный клеевой слой. С увеличением толщины пакета увеличивается количество влаги в нем и ухудшается паропроницаемость, что может привести к разрушению клеевой системы во время снятия давления. Поэтому для таких пакетов следует применять пониженную температуру.

Важной операцией технологического процесса производства фанеры является подготовка клеевого слоя к склеиванию — подпрессовка пакетов. Подпрессовка увеличивает компактность и скорость транспортировки пакетов на участке склеивания, что особенно важно в условиях производства большеформатной фанеры. Разработанный клеевой состав был проверен на качество подпрессовки и показал отличные результаты.

Применяемые режимы подпрессовки:

- давление — 1,0–1,5 МПа;
- продолжительность подпрессовки — 5–7 мин.

Для пакетов шпона всех рассматриваемых толщин графоаналитически были определены значения продолжительности прессования (рис. 2). Система комбинированного отвердителя окислительно-восстановительного характера выступает компонентом-ускорителем для фенолоформальдегидных смол. Мела-

минокарбамидоформальдегидная смола, а именно ее метилольные группы, увеличивают число химически активных групп и точек контакта для взаимодействия с фенолоформальдегидной смолой. Углубление степени завершенности реакции поликонденсации приводит к формированию поперечных связей сетчатоструктурированного полимера. Это позволяет снизить время прессования для пакетов шпона всех рассматриваемых толщин. Достигнуто среднее 25%-ное снижение продолжительности цикла работы горячего пресса по сравнению с базовой технологией.

Благодаря уменьшению продолжительности склеивания, выдержке пакета шпона при максимальном давлении происходит меньшее уплотнение древесины [16–20]. Кроме того, провели эксперименты по возможному снижению давления на 2-м этапе пьезотермической обработки. Минимизация этих параметров позволяет сократить расход шпона.

По результатам математико-статистической обработки экспериментальных данных испытаний 7-слойной фанеры на прочность и значений ее упрессовки выведены уравнения регрессии (1), (2):

$$\sigma^{скал} = 0,533 + 0,416t + 0,832p, \quad (1)$$

$$y = -5,744 + 15,24t + 5,16p, \quad (2)$$

$$\text{при } 0,40 \text{ отн. ед.} \leq t \leq 0,60 \text{ отн. ед.}; \\ 0,6 \text{ МПа} \leq p \leq 1,0 \text{ МПа},$$

где  $\sigma^{скал}$  — предел прочности фанеры при скальвании, МПа;  $y$  — упрессовка фанеры, %;  $t$  — продолжительность прессования при максимальном давлении от общей продолжительности прессования, отн. ед.;  $p$  — давление на 2-м этапе пьезотермической обработки, МПа.

Образование связей в зоне клеевого соединения осуществляется под влиянием температуры и максимального давления на начальном этапе пьезотермиче-

ской обработки. В это же время увеличивается деформация пакета шпона (рис. 3). Давление на 2-м этапе пьезотермической обработки позволяет удержать образовавшиеся связи в зоне клеевого соединения. При этом деформация остается постоянной до окончания обработки. Было установлено, что  $(0,4-0,45) t_{скл}$  — это требуемое время для полноценного образования связей в зоне клеевого соединения, а 0,6 МПа — это достаточное давление на 2-м этапе пьезотермической обработки для удержания связей от разрушения.

Анализируя графики нагрева пакетов большой слойности, установили, что чем больше слойность пакета, тем меньше интенсивность нагрева и тем большее время требуется для стабилизации структуры и образования связей в клеевом слое. Следовательно, необходимо увеличение времени выдержки на 1-м этапе прессования с увеличением слойности пакетов шпона.

Значения упрессовки фанеры разной толщины, склеенной по полученным режимам, отображены на рис. 4.

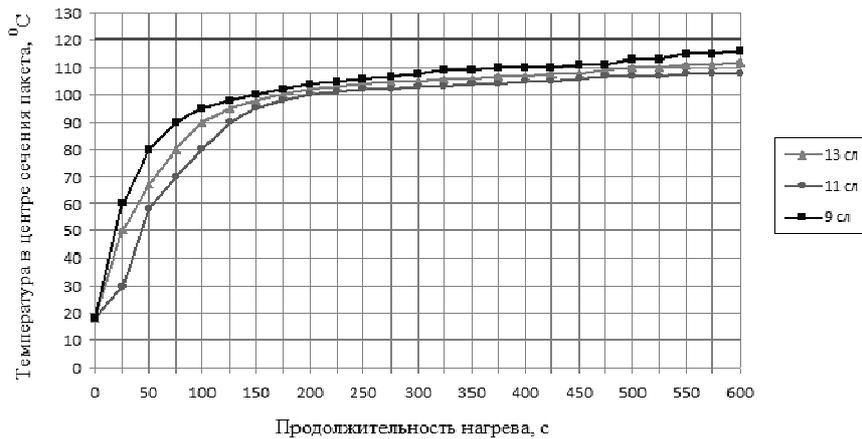


Рис. 1. Характер изменения температуры в краевой зоне пакета,  $n = 9, 11, 13$

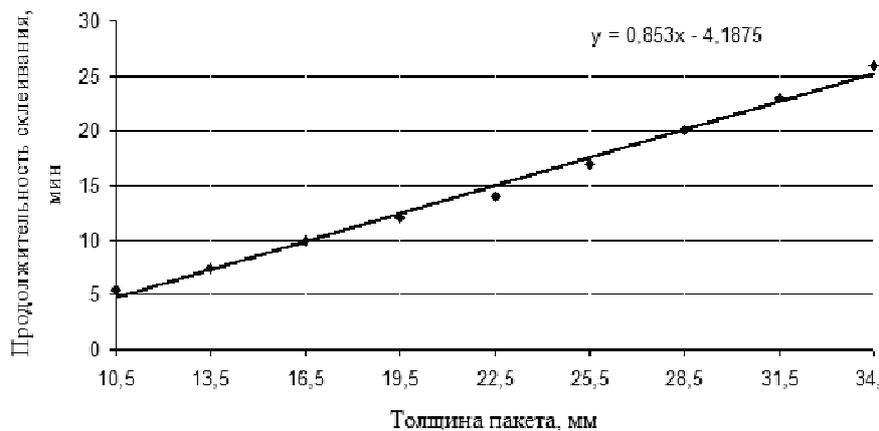


Рис. 2. Время прессования фанеры для пакетов разной толщины

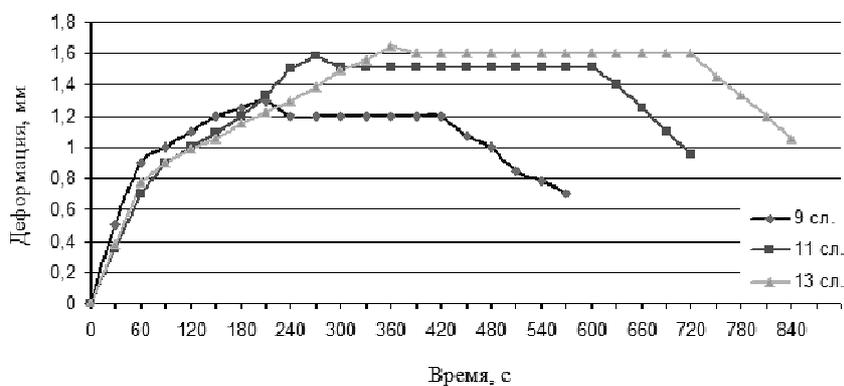


Рис. 3. Деформация пакетов шпона во время прессования,  $n = 9, 11, 13$

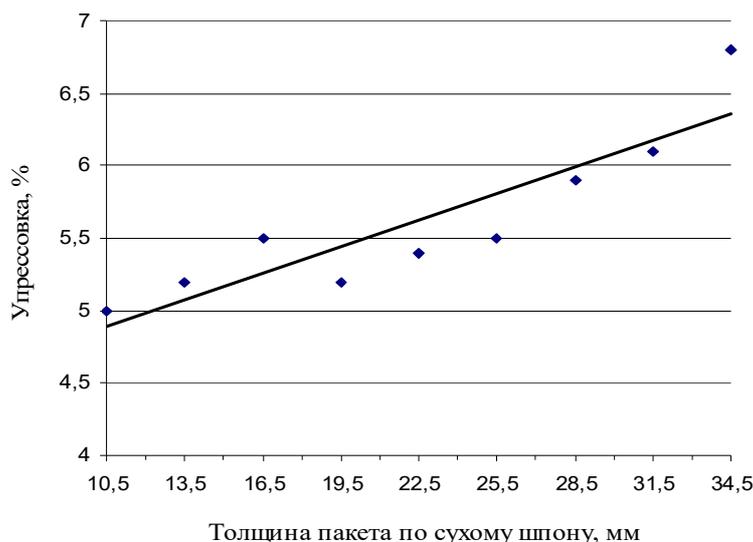


Рис. 4. Упрессовка фанеры для пакетов разной толщины

Упрессовка возрастает с увеличением слойности, влажности и времени пьезотермической обработки пакетов шпона. При сокращении этапа пьезотермической обработки с максимальным давлением часть упругой деформации не успевает перейти в остаточную. Удалось снизить значения упрессовки фанеры, усредненно, на 45 %.

Аргументированные параметры условий прессования и физико-механические показатели фанеры сведены в табл. 3.

Результаты испытаний фанеры на токсичность сведены в табл. 4.

Таблица 3

Условия прессования и физико-механические показатели фанеры

Толщина пакета, мм/ слойность	Продолжительность пьезотермической обработки, мин	Продолжительность пьезотермической обработки при максимальном давлении	Давление на 2-м этапе пьезотермической обработки, МПа	Прочность фанеры при скалывании после кипячения в течение 1 ч, МПа
13,5/3	5,5	0,47 $t_{скл}$	0,6	1,60
15/5	7,5	0,48 $t_{скл}$	0,6	1,56
10,5/7	5,5	0,45 $t_{скл}$	0,6	1,58
13,5/9	7,5	0,47 $t_{скл}$	0,6	1,62
16,5/11	10,0	0,48 $t_{скл}$	0,6	1,54
19,5/13	12,0	0,50 $t_{скл}$	0,6	1,56
22,5/15	14,0	0,51 $t_{скл}$	0,6	1,54
25,5/17	16,0	0,53 $t_{скл}$	0,6	1,56
28,5/19	20,0	0,54 $t_{скл}$	0,6	1,54
31,5/21	23,0	0,56 $t_{скл}$	0,6	1,52
34,5/23	26,0	0,57 $t_{скл}$	0,6	1,54

Таблица 4

Токсичность фанеры

Клеевой состав	Содержание формальдегида на 100 г сух. в., мг (перфораторный метод по ГОСТ 27678-2014)	Выделение формальдегида, мг/м <sup>2</sup> час (газоаналитический метод EN 717)
СФЖ 3014 — 100 масс. ч., МКФС — 10 масс. ч., КО-2 — 5 масс. ч.	2,2	0,46

Для дальнейшего использования на практике установленных параметров пьезотермической обработки были определены рациональные схемы набора пакетов с использованием двух толщин шпона. Схемы наборов пакетов сведены в табл. 5.

Использование клеевого состава и условий пьезотермической обработки фанеры имеет положительный суммарный эффект и является экономически целесообразным. Стоимость используемой клеевой композиции больше стоимости смолы марки СФЖ-3014, однако достигнуто снижение энергозатрат и расхода сырья.

Таблица 5

Вариант схем наборов пакетов

Толщина фанеры $S_{ф}, мм$	Слойность, $n$	Принятая толщина пакета по сырому шпону, $S_{п.с}, мм$	Варианты схем наборов пакетов $n \times S_{ш}, мм$
4	3	4,2	1,3-1,6-1,3
6,5	5	7,1	1,3-1,6-1,3-1,6-1,3
9	7	9,7	1,3-1,3-1,6-1,3-1,6-1,3-1,3
12	9	12,9	1,3-1,6-1,3-1,6-1,3-1,6-1,3-1,6-1,3
15	11	16,4	1,3-1,6-1,3-1,6-1,6-1,6-1,6-1,3-1,6-1,3
18	15	20,1	1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,6-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3
21	17	22,7	1,3-1,3-1,6-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,6-1,3-1,3
24	19	25,9	1,3-1,3-1,6-1,3-1,6-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,3-1,6-1,3-1,6-1,3-1,3
27	19	29,8	1,3-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,6-1,3
30	21	33,0	1,3-1,6-1,3

### Выводы

Модификация фенолоформальдегидной смолы меламинокарбамидоформальдегидной смолой и аргументировано установленные условия пьезотермической обработки способствуют получению низкотоксичной фанеры с требуемыми эксплуатационными свойствами.

Уменьшение энергоемкости процесса прессования фанеры достигнуто за счет сокращения продолжительности цикла работы горячего пресса и увеличения его производительности.

Уменьшение расхода сырья при изготовлении фанеры достигнуто за счет снижения упрессовки фанеры. Разработанные условия изменения давления обеспечивают необходимую прочность и минимальную упрессовку фанеры.

### Литература

1. Варанкина Г.С. Использование черных сланцев в деревообработке / БГИТА // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. Брянск, 2001. Вып. 4. С. 139-142.
2. Варанкина Г.С., Фильчаков А.В., Агавердыева А.Ф. Наполнители, применяемые в деревообработке // Труды Братского государственного технического университета. 2002. С. 116-120
3. Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Козик П.С. Исследование процессов склеивания шпона фенолоформальдегидной смолой с использованием промежуточных продуктов сульфатно-целлюлозного производства // Системы Методы Технологии. 2016. № 2 (30). С. 120-127.
4. Варанкина Г.С. Анализ эффективности снижения токсичности и сокращения продолжительности склеивания древесных материалов различными модификаторами // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 2015. Вып. 210. С. 138-148.

5. Варфоломеев А.А. Фенолоформальдегидные смолы, модифицированные лигнином // Перспективы развития технологии, экологии и автоматизации химических, пищевых и металлургических производств: материалы науч.- практической конф. Иркутск, 2007. С. 48-51.

6. Глебов М.П., Брутян К.Г. Анализ природных минеральных модификаторов для клеящих смол / СПбГЛТА // Первичная обработка древесины: Лесопиление и сушка пиломатериалов. Состояние и перспективы развития: материалы междунар. науч. – практической конф. СПб., 2007. С. 28-33.

7. Варанкина Г.С., Брутян К.Г., Овчаров Е.О., Буравчиков А.С. Влияние теромобработки на сорбционные свойства шунгитов // Современные проблемы переработки древесины: материалы науч. – практической конф. СПб., 2015. С. 148-153.

8. Плотников Н.П., Трошкин С.Н. Обоснование выбора модифицирующих веществ для склеивания шпона повышенной влажности // Системы Методы Технологии. 2017. № 1 (33). С. 107-113.

9. Плотникова Г.П., Плотников Н.П., Кузьминых Е.А. Применение гидролизного лигнина в производстве древесно-полимерных композитов // Системы Методы Технологии. 2013. № 4 (20). С. 133-138.

10. Демидов О.М. Разработка новых композиций на основе карбамидоформальдегидных смол для создания перспективных шумопоглощающих материалов // Клеи. Герметики. Технологии. 2018. № 9. С. 36-39.

11. Угрюмов С.А. Эффективные способы модифицирования фенолформальдегидных смол, применяемых в фанерной промышленности / Поволж. гос. технол. ун-т // Россия и мир: национальная безопасность, вызовы и ответы: материалы науч. – практической конф. Йошкар-Ола, 2017. С. 127-128.

12. Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Денисов С.В. Ускорение процесса склеивания шпона фенолоформальдегидными клеями // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 2011. № 194. С. 121-128.

13. Кондратьев В.П., Александрова Н.Д., Чубов А. Б., Залипаев А.А. Совершенствование феноло- и карбамидоформальдегидных клеев для производства березовой и лиственничной фанеры // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2003. Вып. 4. С. 2.

14. Соколова Е.Г. Совершенствование эксплуатационных свойств и технологии фанеры повышенной водостойкости, изготовленной с применением меламинакарбамидоформальдегидных смол // *Изв. С.-Петербур. лесотехн. акад.* 2017. Вып. 221. С. 282–293. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.221.282-293.

15. Соколова Е.Г. Модификация фенолоформальдегидной смолы меламинакарбамидоформальдегидной смолой для склеивания фанеры // *Системы Методы Технологии*. 2018. № 2 (38) С. 111-115.

16. Чубинский А.Н., Варанкина Г.С. Обоснование технологии склеивания фанеры модифицированным клеем // *Изв. С.-Петербур. лесотехн. акад.* 2012. Вып. 201. С. 158-192.

17. Чубинский А.Н., Майорова Т.А. Деформации древесины при склеивании фанеры / СПбЛТА // *Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: межвуз. сб. науч. тр. СПб., 2003. С. 36–40.*

18. Русаков Д.С., Чубинский А.Н., Трошкин С.Н. Оптимизация процесса склеивания шпона // *Труды Братского государственного университета*. 2017. Вып. 2. С. 218-222.

19. Плотников Н.П., Денисов С.В. Оптимизация технологических режимов склеивания фанеры модифицированными клеевыми композициями // *Вестн. КрасГАУ*. 2010. Вып. 5. С. 143-148.

20. Плотникова Г.П., Симонян С.Х. Повышение эффективности изготовления древесно-композитных материалов конструкционного назначения // *Системы Методы Технологии*. 2017. № 3 (35). С. 131-137.

#### References

1. Varankina G.S. The Use of black shale in woodworking/ BGITA // *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa: sb. nauch. tr. Bryansk*, 2001. Vyp. 4. P. 139-142.

2. Varankina G.S., Fil'chakov A.V., Agaverdyeva A.F. Fillers used in the wood processing industry // *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2002. P. 116-120.

3. Varankina G.S., Rusakov D.S., Kozik P.S. Research of processes of veneer agglutination by phenol-formaldehyde resin with the use of intermediate products of sulfate-cellulose production // *Systems Methods Technologies*. 2016. № 2 (30). P. 120-127.

4. Varankina G.S. Analysis of the effectiveness of emission control and reduce the length of the bonding of wood materials with various modifiers // *Izvestia SPbLTA*. 2015. Vyp. 210. P. 138-148.

5. Varfolomeev A.A. Phenol-Formaldehyde resins modified by lignin // *Perspektivy razvitiya tekhnologii, ehkologii i avtomatizacii himicheskikh, pishchevyh i metallurgicheskikh proizvodstv: materialy nauch.- prakticheskoy konf. Irkutsk*, 2007. P. 48-51.

6. Glebov M.P., Brutyan K.G. Analysis of natural mineral modifiers for gluing resins / SPbGLTA // *Pervichnaya obrabotka*

*drevesiny: Lesopilenie i sushka pilomaterialov. Sostoyanie i perspektivy razvitiya: materialy mezhdunar. nauch.- prakticheskoy konf. SPb.*, 2007. P. 28-33.

7. Varankina G.S., Brutyan K.G., Ovcharov E.O., Buravchikov A.S. Effect of heat treatment on sorption properties of shungites // *Sovremennyye problemy pererabotki drevesiny: materialy nauch. -prakticheskoy konf. SPb.*, 2015. P. 148-153.

8. Plotnikov N.P., Troshkin S.N. Validation of selection of modifying agents for bonding veneer of high humidity // *Systems Methods Technologies*. 2017. № 1 (33). P. 107-113.

9. Plotnikova G.P., Plotnikov N.P., Kuz'minyh E.A. Application of hydrolytic lignin in the production of wood polymer composites // *Systems Methods Technologies*. 2013. № 4 (20). P. 133-138.

10. Demidov O.M. The development of new compositions based on urea-formaldehyde resins for the creation of advanced sound-absorbing materials // *Adhesives. Sealing. Technologies*. 2018. № 9. P. 36-39.

11. Ugryumov S.A. Effective methods of modifying phenol-formaldehyde resins used in the plywood industry / Povolzh. gos. tekhnol. un-t // *Rossiya i mir: nacional'naya bezopasnost', vyzovy i otvety: materialy nauch. -prakticheskoy konf. Jshkar-Ola*, 2017. P. 127-128.

12. Chubinskij A.N., Varankina G.S., Rusakov D.S., Denisov S.V. The reduction for the veneer gluing process duration using fenol-formaldehyde resins // *Izvestia SPbLTA*. 2011. № 194. P. 121-128.

13. Kondrat'ev V.P., Aleksandrova N.D., Chubov A. B., Zali-paev A.A. The improvement of phenolic resins and urea-formaldehyde adhesives for the production of birch and larch plywood // *Derevoobrabatvayushaya promishlennost' (Woodworking industry)*. 2003. Vyp. 4. P. 2.

14. Sokolova E.G. Improvement of operational properties and technology of plywood of increased water resistance, manufactured with the use of melaminecarbamideformaldehyde resins // *Izvestia SPbLTA*. 2017. Vyp. 221. P. 282-293. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.221.282-293.

15. Sokolova E.G. Modification of phenol-formaldehyde resin melaminecarbamideformaldehyde resin for bonding plywood // *Systems Methods Technologies*. 2018. № 2 (38) P. 111-115.

16. Chubinskij A.N., Varankina G.S. Substantiation of the technology of gluing of plywood with modified adhesive // *Izvestia SPbLTA*. 2012. Vyp. 201. P. 158-192.

17. Chubinskij A.N., Majorova T.A. Deformation of wood when gluing the plywood / SPbLTA // *Tekhnologiya i oborudovanie derevoobratvayushchih proizvodstv: mezhvuz. sb. nauch. tr. SPb.*, 2003. P. 36-40.

18. Rusakov D.S., Chubinskij A.N., Troshkin S.N. Optimization of the bonding process of veneer // *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017. Vyp. 2. P. 218-222.

19. Plotnikov N.P., Denisov S.V. Optimization of the bonding process of veneer // *The Bulletin of KrasGAU*. 2010. Vyp. 5. P. 143-148.

20. Plotnikova G.P., Simonyan S.H. Improving the efficiency of production of wood-composite materials for structural purposes // *Systems Methods Technologies*. 2017. № 3 (35). P. 131-137.