

УДК 674.812-419

О. К. Леонович, И. К. Божелко, О. В. Коняхина
Белорусский государственный технологический университет

СНИЖЕНИЕ ЭМИССИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА ВОДОСТОЙКОЙ ФАНЕРЫ

В статье рассмотрены исследования, направленные на повышение экологической безопасности фанеры водостойкой и ее прочностных свойств. Приведены методики и результаты лабораторных исследований фанеры на основе карбамидоформальдегидной смолы с применением различных клеевых композиций и модификаций деполимеризованным гидролизным лигнином. Исследованы физико-механические свойства фанеры и эмиссия формальдегида. Экспериментальные значения испытаний фанеры, склеенной различными клеевыми композициями, обрабатывались и сравнивались между собой. По результатам определения класса эмиссии газоаналитическим методом выявлено действие продукта переработки лигнина как акцептора формальдегида в производстве плитной продукции. Достигнуто повышение физико-механических показателей лабораторных образцов, в частности предела прочности при скалывании по клеевому слою у фанеры, склеенной карбамидоформальдегидной смолой с добавкой деполимеризованного гидролизного лигнина. Снижена трудоемкость технологического процесса смешивания клеевой композиции в связи с заменой значительной доли сухих порошкообразных компонентов-наполнителей жидким деполимеризованным гидролизным лигнином, регулирующим однородность общей структуры. Предложенная технология формирования клеевой композиции позволяет производить дозирования компонента-наполнителя объемным методом взамен весового.

Ключевые слова: фанера, карбамидоформальдегидная смола, формальдегид, лигнин, эмиссия, прочность.

Для цитирования: Леонович О. К., Божелко И. К., Коняхина О. В. Снижение эмиссии формальдегида водостойкой фанеры // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2023. № 1 (264). С. 194–200. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-264-21

O. K. Leonovich, I. K. Bazhelka, O. V. Konyakhina
Belarusian State Technological University

REDUCED EMISSION OF FORMALDEHYDE WATER-RESISTANT PLYWOOD

In the article, the research is aimed at improving the environmental safety of waterproof plywood and its strength properties. Methods and results of laboratory studies of plywood based on urea-formaldehyde resin using various adhesive compositions and modifications with depolymerized hydrolytic lignin are presented. Physical and mechanical properties of plywood and formaldehyde emission have been studied. Experimental test values for plywood glued with various adhesive compositions were processed and compared with each other. Based on the results of determining the emission class by the gas analytical method, the effect of the lignin processing product as an acceptor of formaldehyde in the production of board products was revealed. An increase in the physical and mechanical parameters of laboratory samples was achieved, in particular, the tensile strength during chipping along the adhesive layer of plywood glued with urea-formaldehyde resin with the addition of depolymerized hydrolytic lignin. The labor intensity of the technological process of mixing the adhesive composition has been reduced due to the replacement of a significant proportion of dry powdered filler components with liquid depolymerized hydrolytic lignin, which regulates the uniformity of the overall structure. The proposed technology for forming the adhesive composition makes it possible to dose the filler component by volumetric method instead of by weight.

Keywords: plywood, urea-formaldehyde resin, formaldehyde, lignin, emission, strength.

For citation: Leonovich O. K., Bazhelka I. K., Konyakhina O. V. Reduced emission of formaldehyde water-resistant plywood. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2023, no. 1 (240), pp. 194–200. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-264-21 (In Russian).

Введение. Часть современной промышленности Республики Беларусь сосредоточена в лесном и лесоперерабатывающем секторе, где

огромная доля производимой продукции принадлежит kleеным материалам на основе карбамидоформальдегидных смол. Широкое при-

менение карбамидоформальдегидных смол в деревообрабатывающей промышленности обусловлено рядом преимуществ, прежде всего, это относительно простая технология производства и сравнительная дешевизна исходных материалов. Но наряду с достоинствами карбамидоформальдегидные смолы имеют ряд существенных недостатков, заключающихся в высокой эмиссии формальдегида из плит и невысокой водо- и теплостойкости их смоляных композиций. Поэтому улучшение свойств kleев на основе карбамидоформальдегидных смол является актуальной задачей и способствует продолжению исследовательских работ в данном направлении.

Особое внимание уделяется разработкам, направленным на снижение токсичности древесных материалов при сохранении высоких физико-механических характеристик. Для получения качественной конкурентоспособной продукции особое внимание необходимо уделять снижению токсичности древесных материалов, уменьшению расхода основных компонентов kleя, разработке технологических процессов, обеспечивающих минимальную продолжительность склеивания при требуемой степени отверждения связующего. Эффективным способом создания таких kleев является наполнение и модификация синтетических смол.

ГОСТ 3916.1–2018 и DIN EN 13986–2015, EN 636–2015 требуют обеспечивать выпуск продукции с допустимой эмиссией формальдегида [1–3].

Введение различных модификаторов в kleящие составы на основе карбамидоформальдегидных смол позволяет улучшить технологические свойства kleев, а именно получить низкое содержание токсичных веществ, повысить прочность, надежность склеивания, тепло- и морозостойкость, водо- и атмосферостойкость древесных материалов. В Республике Беларусь огромное количество отходов гидролизного производства – технического гидролизного лигнина (более 7 млн). Решение вопроса утилизации и переработки является важнейшей экологической и экономической проблемой.

Приведенные в литературе материалы не позволяют предложить фанерной промышленности отработанные составы карбамидоформальдегидных смол, модифицированных гидролизным лигнином, и технологии для их применения, в народном хозяйстве [4–11].

Исходя из изложенного, решение проблемы использования отхода гидролизного производства для модификации карбамидоформальде-

гидных смол является актуальным и востребованным.

Целью исследования является получение прочной и экологически безопасной водостойкой фанеры с упрощением технологии приготовления kleевых композиций, а также снижение поглощения kleевой композиции в промежуточном периоде перед подпрессовкой и прессованием.

В связи с этим следует считать актуальной задачу исследования процесса изготовления низкоэмиссионной водостойкой фанеры с улучшенными физико-механическими характеристиками путем ее модификации лигнинодержащими продуктами.

Основная часть. Для склеивания пятислойной водостойкой фанеры марки ФК были отобраны листы шпона по ГОСТ 3916.1–2018 [1] размером 320×320 мм и влажностью шпона $6 \pm 2\%$. Модификации подверглась карбамидоформальдегидная смола Primere 14F211 [12] с различными добавками, в том числе и с деполимеризованным гидролизным лигнином S-DrillTMBND 40, производимым СООО «СинерджиКом». Вязкость создаваемых kleевых композиций выдерживалась в пределах 140–150 с по ВЗ-4 при температуре $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$. Норма расхода kleя на 1 м² намазываемой поверхности шпона при изготовлении фанеры марки ФК 140–145 г/м². Склейивание пакетов шпона производится в автоматическом гидравлическом прессе ПСУ-50, который включает в себя два отдельных агрегата: собственно пресс и пульт управления. Прессование фанеры производится согласно технологическому режиму при заданной температуре $T = 125^\circ\text{C}$, давлении $p = 1,8\text{--}1,9$ МПа, времени выдержки под прессом $t = 8,5$ мин.

Для приготовления растворов kleев к смоле добавлялись различные модификаторы. К добавкам в виде порошка вводилась вода.

Исследованные рецептуры kleевых композиций представленные в табл. 1.

Одним из обязательных испытаний, регламентируемых ГОСТ 3916.1–2018 [1], является определение класса эмиссии формальдегида в образцах готовой продукции.

Отбор образцов для испытаний на эмиссию формальдегида проводили по методикам, изложенными в ГОСТ 27678–2014, ГОСТ 32155–2013 [13, 14], не ранее чем через 24 ч после изготовления материала.

Образец вырезают из середины листа размерами, мм: $(200 \pm 2) \times (50 \pm 2) \times 6$. Кромки образца заделывают алюминиевым скотчем.

Испытания проводятся в газовой камере GA-4m1E.nt. Выходящий из камеры воздушный

поток пропускается через устройство для выделения формальдегида из воздуха (импинджер). Основными элементами данного прибора являются две последовательно соединенные стеклянные колбы с дистиллированной водой, растворяющей содержащийся в атмосфере формальдегид.

Таблица 1
Рецептуры клеевых композиций

№ п/п	Наименование компонентов смолы	Масса добавки, г	Масса воды, г
1	Primere 14F211	62,3	3,15
	Карбамид	0,38	
	Сульфат аммония	0,45	
	Каолин	5,3	
	Лигносульфонат	3,2	
	Мел	0,23	
2	Primere 14F211	75,0	—
	Хлористый аммоний	0,9	
3	Primere 14F211	75,0	—
	S-Drill TM BND 40	2,4	
4	Primere 14F211	75,0	—
	S-Drill TM BND 40	4,0	
5	Primere 14F211	62,3	3,15
	Карбамид	0,38	
	Сульфат аммония	0,45	
	Каолин	5,3	
	BND 40	3,2	
	Мел	0,23	
6	Primere 14F211	75,0	—
	S-Drill TM BND 40	4,0	
	Хлористый аммоний	1,0	
7	Primere 14F211	74,0	—
	S-Drill TM BND 40	4,0	
	Пенообразователь	1,0	

Поглощательную способность растворов определяли фотометрическим способом при длине волны 412 нм и толщине слоя 50 мм в сравнении с дистиллированной водой с помощью спектрофотометра ПЭ-5300 ВИ. Содержание формальдегида (C_i , мкг) в каждой колбе с поглотительным раствором (т. е. для каждого часового периода испытаний) определяли по измеренной оптической плотности раствора, используя калибровочный график, или вычисляли с использованием калибровочных коэффициентов. За результат испытания было принято среднеарифметическое значение почасовых измерений.

Выделение формальдегида в первый час в ходе испытания учитывали только в случае его максимального значения в данном испытании.

Синергетическое взаимодействие смолы и модифицированного лигнина обеспечило снижение эмиссии формальдегида.

В испытании на определение выделения формальдегида все образцы показали результаты, соответствующие классу эмиссии Е0,5 по ГОСТ 3916.1–2018 [1]. Добавка модифицированного гидролизного лигнина S-Drill TM BND 40 в 4%-ной концентрации по сухим остаткам к смоле Primere 14F211 работает как отвердитель и акцептор формальдегида и показывает наилучшие результаты. Добавка пенообразователя в эту композицию обеспечила снижение вязкости, повысила жизнедеятельность, уменьшила поглощение клеевой композиции. В результате повысилось среднее значение предела прочности при скальвании и составило 3,9 МПа, что в 1,5 раза выше показателя при сравнении с составом № 1, содержащим сухие добавки карбамида, сульфата аммония, каолина, лигносульфоната и мела.

Наименьшее часовое выделение формальдегида 0,2 G_i , мг/м², происходило у образца под № 7 (табл. 2), содержащего 74% смолы Primere 14F211, 35% раствора модифицированной добавки S-Drill TM BND 40 с 4% по сухим остаткам и 1% пенообразователя. Кроме того, уменьшилась норма расхода смолы на каждый метр квадратный поверхности шпона.

Для определения предела прочности при скальвании применяют испытательную машину по ГОСТ 28840–90 для проведения испытаний на растяжение, оборудованную клиновыми захватами с нарезанными на них мелкими зубьями, способную работать непрерывно и измерять нагрузку с точностью $\pm 1\%$.

По длине образцы должны соответствовать направлению волокон древесины наружных слоев, не иметь каких-либо видимых дефектов в зоне скальвания. Длина образца $l = 135$ мм; длина плоскости скальвания $l_1 = (25 \pm 0,5)$ мм; минимальное расстояние между зажимами $l_2 = 50$ мм; ширина плоскости скальвания (ширина образца для испытаний) $b_1 = (25 \pm 0,5)$ мм; ширина пропилов $b_2 = 2,5\text{--}4$ мм.

Скальвание образцов проводят по наиболее удаленным от наружных слоев клеевым слоям образца. Испытания проводят на образцах, прошедших специальную влажностную обработку: выдерживание в воде в течение 24 ч.

Предел прочности при скальвании определяли по ГОСТ 9624–2009 [15].

Отбор образцов и подготовку их к испытаниям проводили по ГОСТ 9620–94 [16].

В процессе испытаний на скальвание для каждого образца всех видов продукции фиксировали разрушающую нагрузку, а для образцов фанеры и фанерных плит – дополнительно степень разрушения по древесине посредством сравнения плоскости скальвания со стандартными значениями когезионного разрушения древесины в зоне скальвания с точностью до $\pm 10\%$.

Таблица 2
Результат показателей содержания и выделения формальдегида в образцах фанеры

№ п/п	Состав композиции	Среднее содержание формаль- дегида C_i , мкг	Почасовое выделение формаль- дегида G_i , мг/м ²
1	Primere 14F211 Карбамид Сульфат аммония Каолин Лигносульфонат Мел	0,0045	0,90
2	Primere 14F211 Хлористый аммоний	0,004	0,08
3	Primere 14F211 S-Drill TM BND 40 (2,4)	0,003	0,05
4	Primere 14F211 S-Drill TM BND 40 (4,0)	0,0015	0,03
5	Primere 14F211 Карбамид Сульфат аммония Каолин BND 40 Мел	0,0025	0,05
6	Primere 14F211 S-Drill TM BND 40 Хлористый аммоний	0,003	0,06
7	Primere 14F211 S-Drill TM BND 40 Пенообразователь	0,0014	0,02

Среднее значение предела прочности при скальвании определенной пары клеевых швов для каждой группы образцов \bar{X}_j , МПа, вычисляли по формуле. В результате проведения испытаний были получены следующие результаты, приведенные в табл. 3.

Анализ результатов, которые были получены в ходе проведения испытаний предела прочности при скальвании образцов по клеевому слою, показывает влияние модификаторов клеевых композиций на способность плитного материала воспринимать разрушающую нагрузку. При использовании карбамида в качестве акцептора формальдегида сопутствующим фактором является снижение физико-механических свойств. Альтернативное использование лигнинсодержащего реагента с целью снижения эмиссии формальдегида позволяет получить достаточно высокие значения предела прочности.

В результате испытаний на скальвание получили, что все образцы соответствуют нормативным показателям ($\geq 1,00$ МПа). При этом образцы, изготовленные с применением кле-

вой композиции, в составе которой технический лигносульфонат заменен на деполимеризованный гидролизный лигнин S-Drill TM BND 40, производимый СООО «Синерджи», образец № 7 (табл. 3), включающий 74% смолы Primere 14F211, 35% раствора модифицированной добавки S-Drill TM BND 40 с 4% по сухим остаткам и 1% пенообразователя, имеют самый высокий показатель прочности. Образец, в клеевой композиции которого все наполнители заменены на лигнинсодержащий компонент и добавлен пенообразователь, имеет высокий показатель предела прочности, что дает возможность снизить себестоимость готовой продукции, заменив компоненты в составе клеевой композиции, а также уменьшить трудоемкость операции приготовления клея.

Таблица 3
Результат показателей предела
прочности при скальвании клеевого шва

№ п/п	Наименование образца	Среднее значение предела прочности при скальвании \bar{X}_j , МПа
1	Primere 14F211 Карбамид Сульфат аммония Каолин Лигносульфонат Мел	2,45
2	Primere 14F211 Хлористый аммоний	2,5
3	Primere 14F211 S-Drill TM BND 40 (2,4)	2,93
4	Primere 14F211 S-Drill TM BND 40 (4,0)	3,8
5	Primere 14F211 Карбамид Сульфат аммония Каолин BND 40 Мел	3,41
6	Primere 14F211 S-Drill TM BND 40 Хлористый аммоний	1,87
7	Primere 14F211 S-Drill TM BND 40 Пенообразователь	3,9

Снижена трудоемкость технологического процесса смешивания клеевой композиции в связи с заменой значительной доли сухих порошкообразных компонентов-наполнителей жидким деполимеризованным гидролизным лигнином, регулирующим однородность общей структуры. Предложенная технология формирования клеевой композиции позволяет производить

дозирование компонента-наполнителя объемным методом взамен весового.

Заключение. Использование деполимеризованных гидролизных лигнинов для модификации карбамидоформальдегидных смол позволяет не только значительно уменьшить эмиссию формальдегида выпускаемой продукции, но и увеличить ее физико-механические показатели, что позволит расширить область применения производимой водостойкой фанеры в производстве мебели, вагоно- и машиностроении, строительной и других отраслях народного хозяйства.

Модифицированные гидролизные лигнинги могут быть использованы в фанерном производстве в качестве альтернативы сухим лигносульфонатам при изготовлении фанеры марки ФК.

Модифицированные гидролизные лигнинги в составе клеевых композиций снижают эмиссию формальдегида. Так, у композиции № 7 (табл. 3) почасовое выделение формальдегида G_i составило 0,02 мг/м², а у используемой в настоящее время композиции, содержащей смолу Primere 14F211, карбамид, сульфат аммония, каолин, лигносульфонат и мел, $G_i = 0,9$ мг/м².

Деполимеризованные гидролизные лигнинги при добавлении их в карбамидоформальде-

гидную смолу увеличивают предел прочности при скальвании по клеевому слою.

Композиция № 7 (табл. 3), в составе которой технический лигносульфонат заменен на деполимеризованный гидролизный лигнин S-Drill TM BND 40 имеет самый высокий показатель предела прочности при скальвании, равный 3,9 МПа, что на 1,6 раза выше, чем у композиции, содержащей смолу Primere 14F211, карбамид, сульфат аммония, каолин, лигносульфонат и мел.

Добавка модифицированного гидролизного лигнина S-Drill TM BND 40 в 4%-ной концентрации по сухим остаткам к смоле Primere 14F211, а также композиция, содержащая эти же компоненты плюс пенообразователь, работают как отвердитель и акцептор формальдегида, причем технология приготовления клеевой композиции сокращается.

Добавление к композиции смолы с деполимеризованными лигнинами пенообразователя стабилизирует клеевую композицию, увеличивает срок ее жизнедеятельности и позволяет применять ее при технологии склеивания фанеры, предусматривающей подпрессовку.

Список литературы

1. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. Технические условия: ГОСТ 3916.1–2018. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2018. 16 с.
2. Древесные плиты для использования в строительстве. Характеристики, оценка соответствия и маркировка: DIN EN 13986–2015. М.: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2015. 72 с.
3. Фанера. Технические характеристики: EN 636–2015. М.: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2015. 21 с.
4. Разработка технологии модификации карбамидоформальдегидных смол / Д. А. Перминова [и др.] // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2015. № 1. С. 159–162.
5. Снижение токсичности древесных клеевых материалов на основе модифицированных лигносульфонатами карбамидоформальдегидных смол / Г. С. Варанкина [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 3 (31). С. 154–160. DOI: 10.18324/2077-5415-2016-3-154-160.
6. Бельчинская Л. И. Адсорбция формальдегида активированными наполнителями // Студенческие реферативные статьи и материалы. URL: https://studref.com/558157/tehnika/napolniteli_karbamidoformaldegidnyh_smol_razlichnoy_prirody (дата обращения: 23.03.2022).
7. Синтез карбамидоформальдегидных смол с пониженным содержанием формальдегида / Д. В. Кузёмкин [и др.] // Нефтехимия – 2021: материалы IV Междунар. науч.-техн. форума по хим. технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 22–24 нояб. 2021 г. Минск, 2021. С. 40–43.
8. Исследование свойств фанеры на основе модифицированных клеевых составов и шпона / А. И. Криворотова [и др.] // Древесные плиты и фанера: теория и практика: сб. материалов XXIV Все-рос. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 17–18 марта 2021 г. СПб., 2021. С. 98–101.
9. Варанкина Г. С., Чубинский А. Н. Снижение токсичности древесных плитных материалов // ЛесПромИнформ. URL: <http://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2166> (дата обращения: 20.03.2022).
10. Ремизова Л. А., Иванова А. В. Активация гидролизного лигнина как модифицирующего компонента карбамидоформальдегидных связующих // Scientific World. URL: <https://www.sworld.com.ua>89.PDF> SWORLD – 21–30 April 2015 (дата обращения: 20.03.2022).
11. Способ снижения формальдегида в карбамидоформальдегидных смолах: пат. RU 2441031 / Э. Н. Шалфеева, А. Ф. Фёдоров, П. М. Лукин, Опубл. 27.01.2012.
12. Смола карбамидоформальдегидная марка «Primere 14F». Технические условия: ТУ 2223-014472149825–2014. Орехово-Зуево: Метадинея, 2015. 12 с.

13. Плиты древесные и фанера. Перфораторный метод определения содержания формальдегида: ГОСТ 27678–2014. М.: Лессертика, 2014. 16 с.
14. Плиты древесные и фанера. Определение выделения формальдегида методом газового анализа: ГОСТ 32155–2013. М.: Лессертика, 2013. 11 с.
15. Древесина слоистая клееная. Отбор образцов и общие требования при испытании: ГОСТ 9620–1994. М.: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. 8 с.
16. Древесина слоистая клееная. Метод определения предела прочности при скальвании: ГОСТ 9624–2009. М.: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2009. 12 с.

References

1. GOST 3916.1–2018. General purpose plywood with hardwood veneer outer layers. Specifications Moscow, STANDARTINFORM Publ., 2018. 16 p. (In Russian).
2. DIN EN 13986–2015. Wood boards for use in construction. Characteristics, conformity assessment and marking. Minsk, Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification Publ., 2015. 72 p. (In Russian).
3. DIN EN 636–2015. Plywood. Minsk, Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification Publ., 2015. 21 p. (In Russian).
4. Perminova D. A., Malkov V. S., Knyazev A. S., Dakhnavi E. M. Development of technology for modifying urea-formaldehyde resins. *Vestnik Kazanskogo technologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2015, no. 1, pp. 159–162 (In Russian).
5. Varankina G. S., Rusakov D. S., Ivanova A. V., Ivanov A. M., Kirov S. M. Reducing the toxicity of wood glued materials based on urea-formaldehyde resins modified with lignosulfonates. *Sistemy. Metody. Teknologii* [Systems. Methods. Technology], 2016, no. 3 (31), pp. 154–160. DOI: 10.18324/2077-5415-2016-3-154-160 (In Russian).
6. Belchinskaya L. I. Adsorption of formaldehyde by activated fillers. Available at: https://studref.com/558157/tehnika/napolniteli_karbamidoformaldegidnyh_smol_razlichnoy_prirody (accessed 23.03.2022) (In Russian).
7. Kuzemkin D. V., Yusevich A. I., Shishakov E. P., Dubodelova E. V., Kovalevsky A. S., Akimov A. V., Gonchar A. N. Synthesis of urea-formaldehyde resins with reduced formaldehyde content. *Neftekhimiya – 2021: materialy IV Mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo foruma po khimicheskim tekhnologiyam i neftegazoperebotke* [Petrochemistry – 2021: materials of the IV International scientific and technical forum on chemical technologies and oil and gas processing]. Minsk, 2021, pp. 40–43 (In Russian).
8. Krivorotova A. I., Orlov A. A., Zaeva A. A., Manzhula V. O. Study of the properties of plywood based on modified adhesive compositions and veneer. *Drevesnyye plity i fanera: teoriya i praktika: sbornik materialov XXIV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Wood boards and plywood: theory and practice: collection of materials XXIV of the All-Russian Scientific and Practical Conference], St. Petersburg, 2021, pp. 98–101 (In Russian).
9. Varankina G. S., Chubinsky A. N. Reducing the toxicity of wood-based board materials. Available at: <http://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2166> (accessed 20.03.2022) (In Russian).
10. Remizova L. A., Ivanova A. V. Activation of hydrolytic lignin as a modifying component of urea-formaldehyde binders. Available at: <http://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2166> (accessed 20.03.2022) (In Russian).
11. Shalfeeva E. N., Fedorov A. F., Lukin P. M. Method for reducing formaldehyde in carbamidoformaldehyde resins. Patent RU 2441031, 2012 (In Russian).
12. TU 2223-014472149825–2014. Resin urea-formaldehyde brand “Primere 14F”. Orekhovo-Zuyevo, Metadineya Publ., 2015. 12 p. (In Russian).
13. GOST 27678–2014. Wood boards and plywood. Perforator method for determining the content of formaldehyde. Moscow, Lessertika Publ., 2014. 16 p. (In Russian).
14. GOST 32155–2013. Wood boards and plywood. Determination of formaldehyde emission by gas analysis method. Moscow, Lessertika Publ., 2013. 11 p. (In Russian).
15. GOST 9620–1994. Laminated glued wood. Sampling and general requirements for testing. Minsk, Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification Publ., 1994. 8 p. (In Russian).
16. GOST 9624–2009 Laminated glued wood. Method for determining the shear strength limit. Moscow, Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification Publ., 2009. 12 p. (In Russian).

Информация об авторах

Леонович Олег Константинович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: OKL2001@mail.ru

Божелко Игорь Константинович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: bikbstu@mail.ru

Коняхина Ольга Вадимовна – магистрант кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ikarija88@mail.ru

Information about the authors

Leonovich Oleg Konstantinovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: OKL2001@mail.ru

Bazhelka Igar Kanstantinavich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bikbstu@mail.ru

Konyakhina Olga Vadimovna – Master's degree student, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ikarija88@mail.ru

Поступила 15.10.2022