

7. Grebenyuk A.L., Sukhikh A.N. Methods of identifying elements of biodiversity and key habitats in the exploitable forests of the Irkutsk Area // Perspektivy razvitiya lesnogo kompleksa Irkutskoi oblasti: materialy mezhdunar. nauch.-prakticheskoi konf. Bratsk, 2007. P. 140.
8. Chzhan S.A., Puzanova O.A., Grebenyuk A.L. Zoning of forest ecosystems under industrial emissions // Systems. Methods. Technologies. 2014. № 1 (21). P. 153-157.
9. Grebenyuk A.L. Parameters selection of environmentally significant production forests // Estestvennye i inzhenernye nauki – razvitiyu regionov Sibiri: materialy XII (XXXIV) Vseros. nauch.-tekhnicheskoi konf. Bratsk, 2013. P. 191.
10. Grebenyuk A.L., Garus I.A. The Problem of accessibility of forest resources // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa // Sb. nauch. tr. po itogam mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoi konf. Bryansk, 2014. Vyp. 39. 147 p.
11. Grebenyuk A.L. The development of ecological and silvicultural measures of commercial forest activities on the basis of the priority target regional complexes // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa // Sb. nauch. tr. po itogam mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoi konf. Bryansk, 2012. Vyp. 31. 215 p.
12. Grebenyuk A.L. The Use of GIS technologies in the analysis of the forest Fund // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2014. T. 1. P. 357-361. УДК 674.812
13. Grebenyuk A.L. Socio-economic problems of implementation of voluntary forest certification in Eastern Siberia // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa: sb. nauch. tr. po itogam mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoi konf. Bryansk, 2014. Vyp. 10. P. 171-173.
14. Aksenov D., Dobrynin D., Dubinin M. Atlas of Russia's Intact Forest Landscapes. Moscow: International Socio-Ecological Union; Washington DC: World Resources Institute, 2002. 186 p.
15. Olson D.M., Dinerstein E. 1998. The Global 200: A representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions // Conservation Biology 1998. № 12. P. 502-515.
16. Baillie J.E.M., Hilton-Taylor C., Stuart S.N. Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. Gland and Cambridge: IUCN, 2004. 217 p.
17. Novicki P., Bennet G., Middleton D., Rientjes S., Walters R. Perspectives on ecological networks // ECNC publications series on Man and Nature. 1996. Vol. 1.
18. Miller D.H. Sourcebook on the Environment: A Guide to the Literature. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1978. P. 63-88.
19. Jaeger J.A.G. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation // Landscape Ecology. 2000. Vol. 15. P. 115-130.

DOI: 10.18324/2077-5415-2017-2-94-100

Облицовывание фанеры с применением порошкообразных клеев на основе карбамидоформальдегидных смол

А.М. Иванов^{1 a}, Д.С. Русаков^{1 b}, Г.П. Плотникова^{2 c}

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, пер. Институтский 5, Санкт-Петербург, Россия

²Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^aivanovsashaxl@gmail.com, ^bdima-ru25@mail.ru, ^cgalina.pavlovna.plotnikova@yandex.ru

Статья поступила 29.03.2017, принята 18.04.2017

Для склеивания шпона и древесных частиц используют карбамидоформальдегидные и совмещенные карбамидо- и фенолоформальдегидные клеи горячего отверждения, совершенствованию которых посвящено большое число работ. Производство и применение клеев характеризуется рядом недостатков, в том числе сложностью синтеза карбамидоформальдегидных смол и отсутствием возможности транспортировки ввиду ограниченной жизнеспособности (срока хранения). Карбамидоформальдегидные смолы являются кислотоотверждаемыми, поэтому после добавки отвердителя их жизнеспособность невелика и составляет 2–4 часа. Проблему ограниченной жизнеспособности клеев (срока их хранения) решает применение связующих на основе порошкообразных терморезактивных полимеров. Порошкообразные КФ-клеи получают распылением жидкой смолы и последующей ее сушкой горячим воздухом. В результате образуется белый мелкодисперсный порошок, который следует хранить в герметичной таре при температуре не выше 20 °С. Порошок полностью растворяется в воде. Преимущества клея заключаются в удобстве транспортировки, хранения и приготовления. Отвердитель можно вводить прямо в порошок и таким образом получить самоотвердеющие клеи с малым сроком хранения. Исследование посвящено повышению эффективности облицовывания фанеры путем применения клеев на основе порошкообразных терморезактивных полимеров поликонденсационного типа.

Ключевые слова: карбамидоформальдегидные смолы; порошкообразный клей; вязкость клея; продолжительность отверждения клея; шпон; фанера; режимы склеивания; прочность фанеры.

Plywood veneering with the use of powdered adhesives based on urea-formaldehyde resins

A.M. Ivanov^{1a}, D.S. Rusakov^{1b}, G.P. Plotnikova^{2c}

¹St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia

²Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^aivanovsashaxl@gmail.com, ^bdima-ru25@mail.ru, ^cgalina.pavlovna.plotnikova@yandex.ru

Received 29.03.2017, accepted 18.04.2017

For bonding veneer and wood particles, urea-formaldehyde and combined urea and phenol-formaldehyde hot-curing adhesives are used. A great number of works have been devoted to their improvement. The production and use of adhesives is characterized by a number of drawbacks, including the complexity of the synthesis of urea-formaldehyde resins and the lack of transportation due to limited viability (shelf life). Urea-formaldehyde resins are acid-curing, so after the addition of harden their viability is low and is 2-4 hours. The problem of limited viability of adhesives (shelf life) is solved by the use of binders based on powdered thermoset polymers. Powdered KF-adhesives are produced by spraying a liquid resin and then drying it with hot air. As a result, a white fine powder is obtained and it should be stored in a sealed container at a temperature of no higher than 20 ° C. The powder completely dissolves in water. Advantages of the adhesive are the convenience of transportation, storage and preparation. The curing agent can be directly added to the powder and, thus, self-curing adhesives with a short shelf life are obtained. The aim of the work is to increase the efficiency of veneering by applying adhesives based on powdery thermoset polymers of polycondensation type.

Keywords: urea-formaldehyde resin; powdered adhesive; viscosity glue; duration of adhesive curing; veneer; plywood; bonding modes; plywood strength.

Введение

Карбамидоформальдегидные смолы получают путем поликонденсации карбамида с формальдегидом. Образование карбамидоформальдегидных смол — сложный процесс, поскольку в системе протекают одновременно несколько параллельных реакций присоединения, конденсации и гидролиза по различным механизмам, с разной скоростью и непрерывным видоизменением функциональных групп и связей.

Реакция включает несколько стадий в зависимости от условий процесса, соотношения исходных продуктов, кислотности среды, температуры и продолжительности варки. Технология получения карбамидоформальдегидных смол определяет приготовление реакционной смеси, получение метилольных производных карбамида в слабощелочной или нейтральной среде, конденсацию смолообразных продуктов в кислой среде, повышение концентрации смолы под вакуумом, доконденсацию с дополнительной порцией карбамида, охлаждение и стабилизацию готовой смолы.

Образование метилольных производных карбамида при взаимодействии карбамида с формальдегидом в нейтральной или слабощелочной среде описывается следующими формулами:

$$\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2 + \text{CH}_2\text{O}=\text{H}_2\text{N}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{OH} \text{ (монометилкарбамид);}$$

$$\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2 + 2\text{CH}_2\text{O}=\text{HOCH}_2-\text{NH}-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{OH} \text{ (диметилкарбамид).}$$

Поликонденсация метилольных соединений между собой и с карбамидом в слабощелочной среде сопро-

вождается выделением воды и формальдегида с образованием метиленовых ($-\text{CH}_2-$) и диметилэфирных связей ($-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-$). В результате поликонденсации образуются сложные смолообразные соединения различного строения.

Для склеивания шпона и древесных частиц используют карбамидоформальдегидные и совмещенные карбамидо- и фенолоформальдегидные клеи горячего отверждения, совершенствованию которых посвящено большое число работ [1–11; 14–24].

Производство и применение клеев характеризуется рядом недостатков — сложностью синтеза карбамидоформальдегидных смол, отсутствием возможности транспортировки ввиду ограниченной жизнеспособности (срока хранения). Карбамидоформальдегидные смолы являются кислотоотверждаемыми, поэтому после добавки отвердителя их жизнеспособность невелика и составляет от двух до четырех часов. Показатели карбамидных смол, выпускаемых отечественными предприятиями, даны в табл. 1. Области применения клеев следующие: КФ-Ж, КФ-О — для производства фанеры, склеивания деталей мебели и столярно-строительных изделий; КФ-Ж, КФ-МТ — для изготовления древесностружечных плит; КФ-МТ, КФ-МТ-15, КФ-МТ-ПС, КФ-МЭЗ — для производства древесностружечных плит пониженной токсичности; КФПД, МФПД, ПКФ-М — для пропитки бумаг при облицовке древесностружечных плит горячим способом в одноэтажных или многоэтажных прессах.

Таблица 1

Характеристика карбамидоформальдегидных смол и клеев

Наименование показателя	Марки смол						
	КФ-О	КФ-Ж	КФ-НФП	КФ-МТ-15	КФ-НВ	КМ-МТ-05	КФ-ЕС (Ф)
1. Вязкость по ВЗ-246, с	30–50 45–70(Ф)	20–40(Ф) 40–60 (М)	25–50 80–120 (Ф)	50–80	25–120	50–100	80–120
2. Массовая доля сухого остатка, %	66 ±1	67 ±2	69 ±1	65,5 ±2	54 ±1	66 ±2	66 ±1
3. Массовая доля щелочи, %	7,5–8,5	7,5–8,7	7,0–8,5	7,5–8,5	6,8–7,5	7,0–8,5	7,2–8,2
4. Продолжительность желатинизации при 100 °С, с	40–60	40–65	35–70	Не более 70	Не более 70	50–80	Не более 75
5. Массовая доля свободного формальдегида, %, не более	0,25	0,90	0,12	0,15	0,15	0,05	0,05
6. Предел прочности при	1,6	1,5	1,7	Не норм.	1,6	1,7	1,5

скальвании по клеевому слою фанеры после вымачивания в воде в течение 24 ч, МПа, не менее							
---	--	--	--	--	--	--	--

Проблему ограниченной жизнеспособности клеев (срока их хранения) решает применение связующих на основе порошкообразных термореактивных полимеров. Порошкообразные Ф-клеи получают распылением жидкой смолы и последующей ее сушкой горячим воздухом. В результате получают белый мелкодисперсный порошок, который следует хранить в герметичной таре при температуре не выше 20 °С. Порошок полностью растворяется в воде. Преимущества клея заключаются в удобстве транспортировки, хранения и приготовления. Отвердитель можно вводить прямо в порошок и таким образом получить самотвердеющие клеи с малым сроком хранения.

Цель работы: повышение эффективности облицовывания фанеры путем применения клеев на основе порошкообразных термореактивных полимеров поликонденсационного типа.

Задачи работы: установить составы клеев, а также параметры условий и режимов склеивания порошкообразными клеями на основе карбаминоформальдегидных смол.

Методика исследования. Исходные материалы. В качестве основы разрабатываемых клеев предложены порошкообразные связующие на основе карбаминоформальдегидных смол и отвердитель полимера корейского производства.

Рекомендованные составы клеев карбаминоформальдегидных смол, мас. ч.: смола — 50, вода — 50, мука древесная — 15, отвердитель — 1,0. Установлены следующие физико-химические свойства полимера: влажность полимера — 0 %; показатель концентрации водородных ионов (рН) карбаминоформальдегидного полимера — 8,5.

Приготовление клея. Для проведения исследований был подготовлен клей в количестве 150...200 мл. Введение компонентов клея производилось при постоянном перемешивании мешалкой с частотой вращения 240 об/мин, далее в воду (температура воды 20±1 °С) засыпалась смола, а после ее перемешивания в воде в течение 2 мин засыпается древесная мука, и через 2 мин — отвердитель. Для приготовления растворов карбаминоформальдегидных и меламиноформальдегидных смол рекомендуется перед введением компонентов в воду вначале смешивать сухую смолу с древесной мукой, поскольку возможно образование комков муки в клее.

Испытания проводились по стандартной методике, через 20 мин после приготовления (ГОСТ 14231 и ГОСТ 20907).

Фанера изготавливалась из березового шпона толщиной 1,45 мм и из шпона древесины лиственницы толщиной 2,4 мм. Формат шпона 400×400 мм, влажность 5,7±1,0 %, качество шпона соответствовало требованиям ГОСТ 99. Фанера испытывалась через 7 суток после изготовления. В процессе испытания устанавливался предел прочности при скальвании по клеевому слою (ГОСТ 9624) и при статическом изгибе (ГОСТ 9625).

Постоянные и переменные факторы представлены в табл. 2, 3. Определению подлежали прочность клевого соединения при статическом изгибе и при скальвании по клеевому слою. Испытания проходили в соответствии с ГОСТ 9624 (физико-механические свойства фанеры), исследования проводились по известным методикам [12].

В данном исследовании выбран трехфакторный план эксперимента В-D13, который позволяет получать нелинейные квадратичные модели и обладает хорошими статистическими характеристиками. Математическое описание экспериментальных данных выполнено в программно-алгоритмической среде обработки данных трехфакторного планированного эксперимента, позволяющего рассчитать план и обработать выходные данные эксперимента. Программа функционирует в среде визуального объектно-ориентированного программирования Microsoft Visual Basic. Обработка результатов эксперимента проводилась методами математической статистики.

Таблица 2

Постоянные факторы эксперимента

Наименование фактора	Единица измерения	Значение
Порода древесины	–	Береза, лиственница
Влажность шпона	%	5,7±1,0
Толщина фанеры	мм	6,5
Концентрация клея	%	66
Температура окружающей среды	°С	20±2

Результаты исследований и их анализ. Составы исследованных клеевых композиций на основе карбаминоформальдегидных смол приведены в табл. 4–6.

Таблица 3

Переменные факторы и уровни их варьирования

Наименование фактора	Уровни варьирования		
	нижний	средний	верхний
Соотношение смолы КФ-МТ-15 в порошковом клее (n, мас. ч.)	55	60	65
Продолжительность выдержки под давлением ($\tau_{выд.}$, мин.)	5,5	6,0	6,5
Температура плит пресса (T, °С)	105	107,5	110

Таблица 4

Условия склеивания пакетов

Составы клеев	Порода древесины шпона	Слойность / толщина пакета, мм	Расход клея, г/м ² (при нанесении кистью)	Параметры подпрессовки			
				Выдержка пакетов до подпрессовки, мин	Давление на стопу (толщиной 150 мм), МПа	Продолжительность подпрессовки, мин	Продолжительность выдержки пакетов после подпрессовки до загрузки в горячий пресс, мин
1. Смола карбаминоформальдегидная – 55 Вода – 45 Мука древесная – 3 Аммоний хлористый – 1	береза	7/10,15	123	5	1	15	30
2. Смола карбаминоформальдегидная – 57 Вода – 43 Мука древесная – 2 Аммоний хлористый – 1	береза	7/10,15	145	5	1	15	30

Таблица 5

Параметры режимов склеивания

Вид фанеры (по применяемому клею и породе древесины шпона по табл. 4)	Температура плит пресса, °С	Давление на пакет, МПа	Продолжительность выдержки под давлением, с	Продолжительность снижения давления, с
На карбаминоформальдегидном клее, березовая, рецепт 1, 2	110–115	1,3±0,1	360	120

Критериями оценки пригодности клеевых композиций для изготовления фанеры с применением подпрессовки пакетов перед склеиванием согласно РДЗ–2000 [13] являлись:

- начальная вязкость клея и ее изменение после приготовления;
- время желатинизации клея при температуре 100 °С.

Составы клеев приняты, с учетом рекомендации РДЗ–2000, по критериям вязкости и времени желатинизации. Условия склеивания шпона (табл. 4) и параметры режима склеивания (табл. 5) также приняты с учетом РДЗ–2000 и опыта работы с клеями на основе карбаминоформальдегидных клеев. Подпрессовка пакетов производилась в одноэтажном холодном прессе, склеивание — в двухэтажном прессе с электрообогревом плит.

По результатам исследований порошкообразного клея на основе карбаминоформальдегидной смолы марки КФ-МТ-15 можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Предлагаемый отвердитель корейского производства не обеспечивает должного отверждения клея.

2. Учитывая, что карбаминоформальдегидный олигомер отверждается в кислой среде, в качестве отвердителя был использован традиционно применяемый при горячем склеивании аммоний хлористый.

3. Количество вводимого отвердителя с учетом рН смолы: 1 мас. ч. на 100 мас. ч жидкого полимера. Увеличение количества отвердителя до 1,5 мас. ч. (максимально

рекомендуемого с позиции химизма процесса отверждения клея) не эффективно (опыты № 2–9, см. табл. 6).

4. Для дальнейших исследований установлены рациональные составы порошкообразных клеев по критериям вязкости и времени отверждения клеевой композиции, мас. ч.:

Рецепт 1

Смола – 55,
Вода – 45,
Аммоний хлористый – 1,
Мука древесная № 244 – 3.

Вязкость клея через 20 мин после приготовления — 109 с, после выдержки в течение 3-х часов — 153 с, через 4 часа — 169 с.

Рецепт 2

Смола – 57,
Вода – 43,
Аммоний хлористый – 1,
Мука древесная № 244 – 2.

Вязкость клея через 20 мин после приготовления — 140 с, после выдержки в течение 3-х часов — 160 с, через 4 часа — 173 с.

5. Клеи с данными характеристиками пригодны для склеивания (при склеивании шпона с подпрессовкой) в течение 3-х часов с момента «созревания». Клеи этих составов были использованы при склеивании шпона (см. табл. 6).

Для обоснования эффективности технологии производства фанеры с применением порошкообразных КФ-клеев проведен многофакторный эксперимент по склеиванию березового шпона порошкообразными клеями на основе карбаминоформальдегидной смолы КФ-МТ-15. Склеенную фанеру испытывали на прочность при статическом изгибе ($\sigma_{изг}$, МПа) и при скальвании по клеевому слою ($\sigma_{скал}$, МПа).

Математическая модель прочности фанеры при статическом изгибе признана адекватной по критерию Фишера ($F_{расч} = 0,6 < F_{табл} = 3,02$) и применима для решения технологических задач. Математическая модель прочности фанеры при скальвании после кипячения в течение часа признана адекватной по критерию Фишера ($F_{расч} = 1,5 < F_{табл} = 3,02$) и также применима для решения технологических задач. Уравнения математической модели представляют собой квадратичную функцию трех переменных (1), (2):

$$\sigma_{изг} = 40,08 + 0,32 n - 0,65 \tau_{выд} - 0,09 T, \quad (1)$$

$$\sigma_{ск} = 1,40 - 0,0048 n + 0,023 \tau_{выд} + 0,0005 T \quad (2)$$

при $55 \text{ мас. ч.} \leq n \leq 65 \text{ мас. ч.}$; $5,5 \text{ мин} \leq \tau_{выд} \leq 6,5 \text{ мин}$; $105^\circ\text{C} \leq T \leq 110^\circ\text{C}$,

где $\sigma_{изг}$ — предел прочности при статическом изгибе,

МПа; $\sigma_{ск}$ — предел прочности при скальвании по клеевому слою, МПа; n (x_1) — соотношение смолы КФ-МТ-15 в порошковом клее, мас. ч.; $\tau_{выд}$ (x_2) — продолжительность выдержки под давлением, мин; T (x_3) — температура прессования, $^\circ\text{C}$.

Полученные уравнения регрессии, связывающие прочность клевого соединения с влияющими факторами, позволяют определить рациональные режимы склеивания шпона порошкообразным клеем на основе смолы КФ-МТ-15.

Графическая интерпретация функции трех переменных требует четырехмерного пространства, поэтому для визуального упрощения и удобства работы с математической моделью функцию трех переменных

необходимо преобразовать в функцию двух переменных, поочередно принимая константой один из факторов. В результате преобразования получаются варианты математических моделей: $\sigma_{изг} = f(x_1, x_2)$ при $x_3 = \text{const}$; $\sigma_{ск} = f(x_1, x_2)$ при $x_3 = \text{const}$. Для визуализации каждого из трех видов уравнений строится диаграмма линий равного уровня (изолиний), представляющая собой проекции трехмерных поверхностей на плоскости ($x_1; x_2$) (рис. 1, 2). Таким образом, кривая каждой изолинии может строиться в координатах (x_2, x_3), (x_1, x_3) и (x_1, x_2), а ее построение производится по квадратичным функциям $x_2 = f(x_3)$, $x_1 = f(x_3)$ и $x_1 = f(x_2)$ соответственно. Интерактивная диаграмма изолиний позволяет снимать координаты факторного поля и значения выходного параметра в режиме реального времени.

Обработка данных планированного эксперимента завершается процедурой обнаружения экстремума функции отклика. Для определения координат точки экстремума производится автоматическое вычисление первой производной по каждому из значений факторов. Корни полученной системы уравнений (3) представляют собой координаты точки экстремума исследуемого уравнения регрессии:

$$\begin{cases} \frac{dy(x_1, x_2)}{dx_1} = 0, \\ \frac{dy(x_1, x_2)}{dx_2} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Экстремум функции отклика математической модели прочности фанеры при изгибе обнаружен в пределах варьирования переменных факторов, значение экстремума составляет 40,12 МПа. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов: $n = 60,33$ мас. ч. (соотношение смолы КФ-МТ-15 в порошковом клее) и $\tau_{выд} = 6,07$ мин (продолжительность выдержки под давлением) при $T = 107,5^\circ\text{C}$ (температура прессования).

Таблица 6

Результаты исследований по установлению рационального состава клеев на основе карбаминоформальдегидных смол

№ опыта	Состав клея, мас. ч.				Выходные параметры		Примечание
	Смола	Вода	Мука древесная № 244	Отвердитель	Вязкость клея через 20 мин по ВЗ-246	Время отверждения клея при $t = 100^\circ\text{C}$, с	
1	50	50	15	1	–	Клей не отверждается	Использовался предложенный отвердитель
2	65	35	2,5	1	более 300 с	60	При проведении опытов № 2–17 в качестве отвердителя применен аммоний хлористый
3	65	35	2,5	1,5	более 300 с	60	
4	65	35	5	1	более 300 с	60	
5	65	35	5	1,5	более 300 с	60	
6	65	35	7,5	1	более 300 с	60	
7	65	35	7,5	1,5	более 300 с	60	

8	65	35	10	1	более 300 с	55	При проведении опытов № 10–14 отверждение клея не проводилось ввиду большой начальной вязкости клея
9	65	35	10	1,5	более 300 с	55	
10	58	42	5	1	более 180 с	–	
11	58	42	2	1	более 180 с	–	
12	58	42	4	1	более 180 с	–	
13	58	42	1	1	более 180 с	–	
14	60	40	0	1	более 180 с	–	
15	57	43	2	1	140	65	Характер отвержденного клея по результатам опытов № 15–17 — вспененное аморфное вещество. Количество повторений этих опытов — 3
16	55	45	2	1	100	70	
17	55	45	3	1	109	70	

Экстремум функции отклика математической модели прочности фанеры при скальвании обнаружен в пределах варьирования переменных факторов, значение экстремума составляет 1,37 МПа. Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов: $n = 64,82$ мас. ч. (соотношение смолы КФ-МТ-15 в порошковом клее) и $\tau_{выд} = 5,94$ мин (продолжительность выдержки под давлением) при $T = 107,5$ °С (температура прессования).

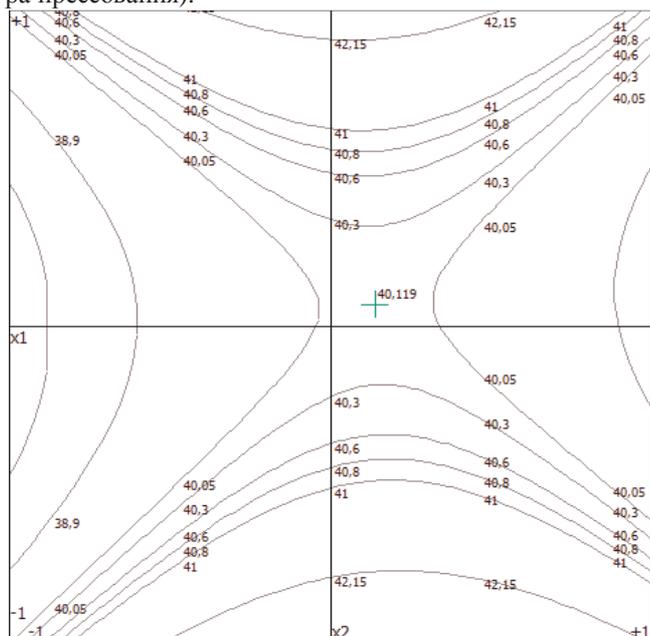


Рис. 1. Диаграмма изолиний математической модели прочности фанеры при изгибе: $x_3 = \text{const}$

Выводы

1. Разработаны рациональные составы порошкообразных клеев на основе карбаминоформальдегидных смол:

Состав 1

Смола – 55,
Вода – 45,
Аммоний хлористый – 1,
Мука древесная № 244 – 3.

Состав 2

Смола – 57,
Вода – 43,
Аммоний хлористый – 1,

Проведенный трехфакторный эксперимент по исследованию процесса склеивания шпона порошкообразными клеями на основе карбаминоформальдегидных смол закладывает предпосылки для дальнейшей разработки уточненных параметров, условий и режимов склеивания клеями оптимальных составов.

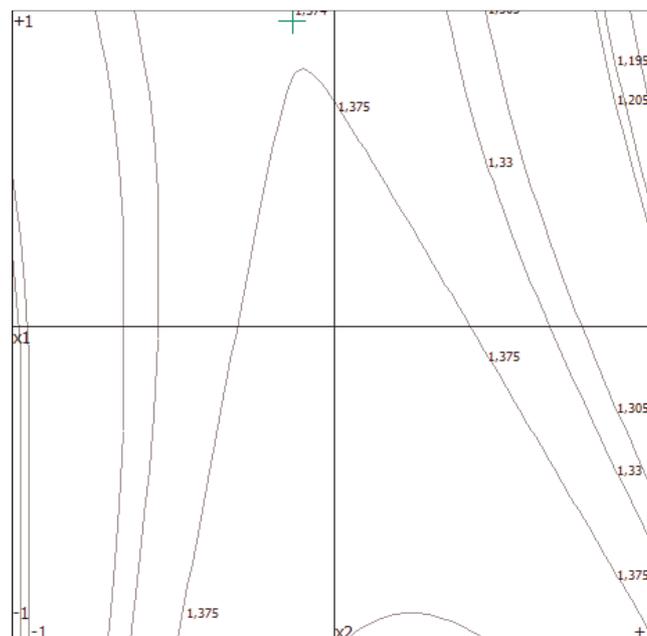


Рис. 2. Диаграмма изолиний математической модели прочности фанеры при скальвании: $x_3 = \text{const}$

Мука древесная № 244 – 2.

2. При приготовлении карбаминоформальдегидных клеев рекомендуется перед введением компонентов в воду вначале смешивать сухую смолу с древесной мукой.

3. При использовании составов клеев, приведенных в п. 1, установлено хорошее качество подпрессовки пакетов.

4. Прочность фанеры с применением порошкообразных клеев при скальвании вдоль волокон и при статическом изгибе соответствует требованиям ГОСТ 3916.1 и ГОСТ 3916.2.

5. Полученные результаты позволяют сделать вывод о принципиальной возможности склеивания шпона

с применением клеев разработанных составов на основе представленных порошкообразных смол.

6. В результате эксперимента по исследованию процесса склеивания шпона порошкообразными клеями на основе карбамидоформальдегидных смол получена статистически адекватная математическая модель прочности фанеры при изгибе и скалывании вдоль волокон. Разработанную математическую модель можно применять в любых научно-прикладных задачах по оптимизации свойств объекта исследования, подбору рецептуры и технологических параметров.

Литература

1. Варанкина Г.С., Русаков Д.С. Модификация фенолоформальдегидной смолы побочными продуктами сульфатно-целлюлозного производства // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 2013. Вып. 204. С. 130-137.
2. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов: моногр. СПб.: Химиздат, 2014. 148 с.
3. Варанкина Г.С., Брутян К.Г. Совершенствование технологии изготовления древесностружечных плит // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: тр. IV Междунар. евразийского симпозиума. Екатеринбург, 2009. С. 110-113.
4. Варанкина Г.С. Склеивание древесных клееных материалов на основе малотоксичных клеевых композиций: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. СПб.: СПбГЛТА, 2000. 204 с.
5. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Обоснование механизма модификации феноло- и карбамидоформальдегидных клеев шунгитовыми сорбентами // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. 2014. № 2/101. С. 108-112.
6. Винокуров А.А. Технология склеивания древесины модифицированными карбамидоформальдегидными клеями: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2002. 22 с.
7. Высоцкий А.В., Варанкина Г.С., Каменев В.П. Низкотоксичная клеевая композиция на основе карбамидоформальдегидной смолы с алюмосиликатным наполнителем: пат. 2114144 Рос. Федерация. № 95107366/04; заявл. 06.05.95; опубл. 27.06.98, Бюл. № 6. 7 с.
8. Высоцкий А.В., Варанкина Г.С., Малютин В.Г. Высокоэффективная добавка в карбамидоформальдегидные связующие для производства низкотоксичных древесностружечных плит // Деревообрабатывающая промышленность. 1996. № 4. С. 22-23.
9. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Снижение токсичности древесных плитных материалов // ЛесПромИнформ. 2011. № 1 (75). С. 32-35.
10. Кондратьев В.П., Кондращенко В.И. Синтетические клеи для древесных материалов. М.: Научный мир, 2004. 520 с.
11. Кондратьев В.П. Новые виды экологически чистых синтетических смол для деревообработки // Деревообрабатывающая промышленность. 2002. № 4. С. 10-12.
12. Чубинский А.Н. Формирование клеевых соединений древесины. СПб.: СПбГУ, 1992. 164 с.
13. Производство фанеры. Руководящие технико-технологические материалы РДЗ - 2000. СПб.: АОЗТ ЦНИИФ, 2001. 202 с.
14. Chubinsky A.N., Okuma M., Sugiyama J. Observation on the deformation of wood cells in the gluing process of veneer // Bull. of the Tokyo Univ. Forests. 1990. Vol. 82, № 2. P. 131-135.
15. Goto N., Saiki H. Studies on Wood Gluing. XIII: Gluability and Scanning Electron Microscopic Study of wood – Polypropylene Bonding // Wood Science and technology. 1982. № 16 (4). P. 21-31.

16. Hse Chung – Yun. Wettability of Southern Pine Veneer by phenol Formaldehyde wood adhesives // Forest Products Journal. 1972. № 22 (1). P. 51-56.

17. Hse Chung – Yun. Influence of Resin Formulation Variables on Bond Quality of Southern Pine Plywood // Forest Products Journal. 1972. № 22 (9). P. 104-108.

18. Jokel J., Pavlikova M.V. Ply v Vikosti na Obsah Volnych Radikalov v dreve // Drevarsky Vyskum. 1979. № 24 (4). P. 11-22.

19. Nguen T., Johns W.E. The Effects of Aging and Extraction on the Surface Free Energy of Douglas Fir and Redwood // Wood Science and Technology. 1979. № 13. P. 29-40.

20. Varankina G.S., Chubinsky A.N. Modification of urea – formaldehyde resins shungite sorbents // Development and modernization of production // International conference on production engineering. Bihac: Bihac University. 2013. P. 1-4.

21. Varankina G.S., Vysotskii A.V. Effective low – toxic aluminosilicate fillers for phenol – formaldehyde adhesives for plywood and particleboard // Adhesives in woodworking Industry. Zvolen, 1997. P. 114-120.

22. Chazov K., Varankina G. Investigation on gluing Larch Wood by modified. glue. Development and modernization of production // International conference on production engineering. Budva, Crna Gora: Bihac University. 2013. P. 737-743.

23. Uguina Maria A., Sotelo Jose L. Roles of ZSM-5 modifier agents in selective toluene disproportionation // Can. J. Chem. Eng. 1993. Vol. 71, № 4. P. 558.

24. Otten A., Elpel D., Ermatschenko N. Klebstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen // Coating. 2007. 40, № 8. P. 28-32.

References

1. Varankina G.S., Rusakov D.S. Modification of phenol-formaldehyde resin-product of the kraft pulp production // Izvestia SPbLTA. 2013. Vyp. 204. P. 130-137.
2. Varankina G.S., Chubinskii A.N. Formation low toxicity of glued wood-based materials: monogr. SPb.: Khimizdat, 2014. 148 p.
3. Varankina G.S., Brutyan K.G. Improvement of manufacturing technology of particle boards / G.S. Varankina, K.G. Brutyan // Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovanie, menezhment XXI veka: tr. IV Mezhdunar. evrazijskogo simpoziuma. Ekaterinburg, 2009. P. 110-113.
4. Varankina G.S. Bonding wood laminated materials based on low-emission adhesive compositions: a thesis for the degree of candidate of technical sciences. SPb.: SPbGLTA, 2000. 204 p.
5. Varankina G.S., Chubinskii A.N. Justification modification mechanism of phenol and urea-formaldehyde adhesives shungite sorbents // Vestn. Mosk. gos. un-ta lesa - Lesnoi vestnik. 2014. № 2/101. P. 108-112.
6. Vinokurov A.A. Technology gluing wood-modified urea-formaldehyde adhesives: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2002. 22 p.
7. Vysotskii A.V., Varankina G.S., Kamenev V.P. Low-toxic adhesive composition based on urea-formaldehyde resin with an alumino-silicate filler: pat. 2114144 Ros. Federatsiya. № 95107366/04; zayavl. 06.05.95; opubl. 27.06.98, Byul. № 6. 7 p.
8. Vysotskii A.V., Varankina G.S., Malyutin V.G. Highly efficient additive to urea-formaldehyde binders for the production of low-toxic chipboards // Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'. 1996. № 4. P. 22-23.
9. Varankina G.S., Chubinskii A.N. Reduced toxicity of wood plate materials // LesPromInform. 2011. № 1 (75). P. 32-35.
10. Kondrat'ev V.P., Kondrashchenko V.I. Synthetic adhesives for wood-based materials. M.: Nauchnyi mir, 2004. 520 p.
11. Kondrat'ev V.P. New types of environmentally friendly resins for wood // Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' (Woodworking industry). 2002. № 4. P. 10-12.