

Исследование процессов склеивания шпона фенолоформальдегидной смолой с использованием промежуточных продуктов сульфатно-целлюлозного производства

Г.С. Варанкина^{1 a}, Д.С. Русаков^{2 b}, П.С. Козик^{3 c}

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

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

^avaragalina@yandex.ru, ^bdima-ru25@mail.ru, ^cmarina01031977@inbox.ru

Статья поступила 5.04.2016, принята 28.04.2016

Целью работы является исследование процессов склеивания шпона и их влияния на прочность и токсичность готовой продукции. Анализ результатов предыдущих работ в этом направлении позволяет сделать вывод о том, что наибольший интерес могут представлять химически активные наполнители — отходы различных производств. Их использование позволяет не только улучшить свойства клеев, но и утилизировать отходы промышленности, особенно химической, тем самым разрешая актуальные задачи в области экологии. Наряду с ранее исследованными модификаторами, положительный эффект показывает применение пектола. Выбор пектола для модификации фенолоформальдегидных смол объясняется тем, что смоляные и жирные кислоты, входящие в состав этого продукта, вступают в реакцию с формальдегидом. Анализ результатов исследования позволяет сделать вывод о том, что пектолы ускоряют процесс отверждения фенолоформальдегидных смол за счет замещения гидроксильных групп на катионы натрия мицелл омыленного таллового пека с уменьшением массовой доли щелочи в клее и увеличением активности ионов водорода. Кроме того, пектол значительно снижает содержание формальдегида в готовой продукции. Введение в клеящие составы на основе фенольных смол побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства позволяет улучшить технологические свойства клеев.

Ключевые слова: шпон; фанера; фенолоформальдегидная смола; модификация; пектол; режимы склеивания; прочность готовой продукции; токсичность готовой продукции.

Research of processes of veneer agglutination by phenol-formaldehyde resin with the use of intermediate products of sulfate-cellulose production

G.S. Varankina^{1 a}, D.S. Rusakov^{2 b}, P.S. Kozik^{3 c}

¹Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutskiy per., Saint Petersburg, Russia

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

^avaragalina@yandex.ru, ^bdima-ru25@mail.ru, ^cmarina01031977@inbox.ru

Received 5.04.2016, accepted 28.04.2016

The purpose of the article is to study the processes of veneer agglutination and their influence on finished product durability and toxicity level. The analysis of results of previous research allows to conclude that chemically active fillers, such as wastes of different productions, are of the greatest interest. Their use allows not only to improve glue properties but also to utilize production wastes, chemical in particular, hence, to solve actual ecological tasks. Along with the modifiers investigated earlier, pektol shows a positive effect. The choice of pektol for modification of phenol-formaldehyde resins is explained by the fact that being parts of the pektol composition, resin and fat acids react with formaldehyde. By analyzing the research results, the conclusion can be done that pektols accelerate the hardening process for phenol-formaldehyde resins due to substituting the hydroxyl groups of phenol-formaldehyde resin for sodium cations of micells of saponified tarry residues with diminishing of mass stake of the lye in the glue and increasing the activity of hydrogen ions. Moreover, pektol reduces considerably the part of formaldehyde in the finished products. Introducing the by-products of sulfate-cellulose production into the glues based on phenolic resins allows to improve glue technological properties.

Key words: veneer; plywood; phenol-formaldehyde resin; modification; pektol; agglutination modes; finished product durability; toxicity level for finished products.

Введение

Среди основных задач, стоящих перед целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленностью, выделяется создание малоотходных и безотходных технологий, предусматривающих комплексное использование сырья и предотвращение загрязнения

окружающей среды, а также снижение себестоимости продукции за счет экономии сырьевых, материальных и энергетических ресурсов.

Целлюлозная промышленность — самое крупное из направлений химической переработки древесины, однако в конечном основном продукте — целлюлозе со-

держится только около половины вещества переработанной древесины. Для дальнейшего повышения эффективности отрасли большое значение имеет использование отходов, а также побочных продуктов производства, представляющих собой огромную массу органических веществ [23; 27–30], которая по количеству примерно равна вырабатываемой целлюлозе. Вместе с тем, для развития большой химии и получения ряда новых ценных продуктов необходимы резервы химического сырья [1; 2; 24–26].

Комплексная переработка сырья позволяет получить максимальное количество продукции из каждого кубометра древесины и освобождает предприятия от обременительных и часто неиспользуемых отходов.

Отходы целлюлозного производства представляют собой богатейший источник разнообразных органических соединений, потребность в которых растет по мере развития химической и других отраслей промышленности.

Под комплексом побочных продуктов подразумеваются все практически ценные органические вещества, которые получают в сульфатно-целлюлозном производстве наряду с целлюлозой — талловое масло, талловые жирные кислоты, талловая канифоль, пек, пековый клей, лигнин, скипидар и др. [3–6].

Номенклатура продуктов переработки сульфатного мыла, которое является отходом сульфатно-целлюлозного производства, может быть представлена в следующем виде:

1. Сырое сульфатное мыло — продукт, получаемый отстаиванием черных щелоков при варке целлюлозы.

2. Облагороженное сульфатное мыло — результат частичной очистки сырого сульфатного мыла от загрязняющих примесей.

3. Талловое масло-сырец — производное от разложения сульфатного мыла серной кислотой.

4. Таллоль — «жидкая смола», или, как его иногда называют, шведское (финское) сосновое масло. Название «таллоль» происходит от сочетания шведского слова «tall» — сосна и немецкого «ol» — масло. Таллоль имеет жидкую консистенцию, которая сохраняется даже при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5. Дистиллированное талловое масло — продукт, получаемый при перегонке таллового масла-сырца.

6. Талловые жирные кислоты — фракция от разгонки таллового масла, состоящая из жирных кислот с незначительной примесью смоляных и неомыляемых кислот, которые по составу мало отличаются от других растительных масел и могут широко использоваться для непитевых целей.

7. Талловые смоляные кислоты — кристаллический продукт, выделяемый при переработке таллового масла.

8. Талловая канифоль — аморфный продукт, получаемый сплавлением талловых смоляных кислот, обычно с добавлением небольшого количества соды.

9. Легкие масла — начальные фракции дистилляции таллового масла, состоящие преимущественно из нейтральных веществ жирных кислот.

10. Пек — остаток от дистилляции таллового масла.

11. Пековый клей — продукт, приготавливаемый омылением пека при нагревании.

12. Фитостерин — смесь технических стеринов, выделяемая из сульфатного мыла, таллового масла или таллового пека.

13. Талловые мыла — металлические соли жирных кислот таллового масла.

14. Талловые эфиры — продукты этерификации кислот таллового масла многоатомными и одноатомными спиртами.

15. Талловые алкидные смолы — полиэфирные смолы, представляющие собой модифицированные продукты конденсации жирных кислот таллового масла с многоатомными спиртами и другими веществами.

16. При дистилляции около 19 % труднотгораемых компонентов таллового масла переходит в пек. При высоких температурах практически весь стерин остается в пеке в виде эфира.

17. При дистилляции таллового масла возможны следующие выходы продуктов, %:

фракции смоляных и жирных кислот	— 41,0;
канифоль	— 16,7;
пек	— 28,8;
легкие масла	— 6,6.

Продуктами дистилляции таллового масла-сырца являются легкие масла и талловый пек. При переработке таллового масла путем ректификации в виде головного погона образуется 6–8 % легкого таллового масла. В настоящее время оно не находит должного применения, в связи с чем возникает проблема изыскания путей его квалифицированного использования [7; 8].

В состав сырого таллового масла наряду с органическими кислотами входят эфиры, которые вступают с кислотами в реакции этерификации:



с образованием сложных эфиров. Поэтому при длительном хранении наблюдается снижение кислотного числа сырого таллового масла.

Образовавшиеся сложные эфиры относительно менее летучи и при ректификации таллового масла концентрируются в кубовых продуктах (пеке, канифоли и др.).

Выход продукции и процесс ректификации в значительной мере зависят от содержания влаги и лигнина в талловом масле, т. е. от времени отстаивания масла.

Ректификация таллового масла-сырца. Процесс разделения таллового масла происходит при высоких температурах, а так как его компоненты при температурах свыше $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ становятся неустойчивыми, процесс ректификации производится при глубоком вакууме.

Из множества химических реакций, возможных при ректификации сырого таллового масла, выделяют:

– дегидратацию $R_1\text{COOH} + R_2\text{COH} \leftrightarrow R_1\text{COO} R_2 + \text{H}_2\text{O}$;

– декарбосилирование $R_1\text{COOH} \leftrightarrow R_1\text{H} + \text{CO}_2$;

– декарболирование $R_1\text{COOH} \leftrightarrow R_1\text{OH} + \text{CO}$.

Скорость вышеприведенных реакций возрастает при температурах более $240\text{ }^{\circ}\text{C}$, и этим объясняется образование инертных газов. Кроме того, высокие температуры при разделении таллового масла приводят к распаду целевых компонентов — жирных и смоляных кислот. Одним из способов предотвращения нежелательного воздействия высоких температур является введение инертного носителя — водяного пара, кото-

рый снижает упругость паров и температуру кипения продуктов. Процесс ректификации таллового масла осуществляется под вакуумом, создаваемым парожекторными установками при остаточном давлении 0,3–0,7 кПа [9].

В процессе ректификации получают следующие продукты:

Масло талловое легкое — головной погон при ректификации таллового масла. Содержит небольшое количество соединений (сульфиды и меркаптаны), вещества нейтрального характера — до 42 % (моно-, ди- и сесквитерпены, ароматические кетоны, альдегиды, фенолы, простые эфиры и ряд других соединений), жирные кислоты — не более 45 %, из них основные насыщенные кислоты: миристиновая, пальмитиновая, стеариновая; ненасыщенные кислоты: олеиновая, линолевая и линоленовая).

Масло талловое легкое (легкое масло) представляет собой маслянистую жидкость или кашеобразную массу. Легкое масло практически не растворяется в воде, но хорошо растворяется в органических растворителях и медленно окисляется на воздухе. Масло талловое легкое выпускается в соответствии с ТУ13-0281078-100-90.

Структура легкого масла — это сложная смесь многочисленных соединений различных классов.

Изучение и знание свойств и состава легкого масла дает возможность обоснованно подойти к выбору технологической схемы гидрокрекинга. Исследования физико-химических свойств и группового состава масла проводились по методикам, принятым для талловых продуктов [10; 11].

Легкое масло, с одной стороны, может служить разбавителем пека, с другой стороны, легкие масла могут быть дополнительным источником получения ароматических углеводородов.

При дистилляции таллового масла в кубовом остатке остаются высококипящие нейтральные вещества вместе с нелетучими и окисленными продуктами — этот остаток и есть талловый пек.

Талловый пек имеет следующие физико-химические показатели: температура размягчения — 33 °С; кислотное число — 39 мг КОН/г; число омыления — 105 мг КОН/г; массовая доля, %: омыляемых веществ — 25,7; окисленных веществ — 17,1; смоляных кислот — 24,4; жирных кислот — 32,4; плотность — 1,038 г/см³.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что наибольший интерес могут представлять химически активные наполнители — отходы различных производств. Их использование позволяет не только улучшить свойства клеев, но и утилизировать отходы промышленности, особенно химической, тем самым разрешая актуальные задачи в области экологии.

Целью работы является исследование процессов склеивания шпона и влияние их на прочность и токсичность готовой продукции.

Методика проведения исследования. Для исследования использовали сосновый шпон. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 20907 и ГОСТ 9624. В качестве активного модификатора применяли пектол. Исследования проводили по известным методикам.

Определению подлежали: условная вязкость и концентрация клея, содержание свободного формальдегида и прочность клеевого соединения при статическом изгибе и скалывании по клеевому слою.

Результаты исследования и их анализ. Как показывает ситуация [12–14; 18–22] с образованием, движением и реализацией отходов производства в ОАО Группа «Илим» (филиал в Братске), наиболее оптимальным видом отхода для дальнейшего исследования в качестве модификатора фенолоформальдегидных смол является промежуточный продукт лесохимического производства Братского ЛПК — пектол. Он образуется смешиванием 60 % пека таллового с 40 % масла таллового легкого.

Характеристика пектола: внешний вид — мазеобразная темная жидкость; кислотное число, мг КОН на 1 г масла — 84,3; массовая доля воды, % — 0,3; число омыления, мг КОН / 2 г — 99,1.

В результате исследования опытно-промышленной партии твердых древесно-волоконистых плит (ДВП), где пектол использовался как заменитель смолы и проклеивающее вещество, было установлено, что данная продукция не уступает по физико-механическим показателям ДВП, выпускаемым по существующей технологии.

На основании положительных результатов указанного исследования было выдвинуто предположение о целесообразности использования пектола в качестве модификатора фенолоформальдегидных смол в производстве фанеры [15–17].

Выбор пектола объясняется тем, что смоляные и жирные кислоты, входящие в состав этого продукта, вступают в реакцию с формальдегидом. Формальдегид вступает в реакцию присоединения по двойным связям жирных и смоляных кислот и участвует в их этерификации.

В продуктах конденсации фенолоформальдегидных смол содержатся моно- и диметилфенолы, которые также могут вступать в реакции этерификации с кислотами и присоединения по двойным связям.

По нашему мнению, изопимаровая кислота как один из представителей смоляных кислот вступает в реакцию присоединения по кратным связям с формальдегидом с образованием многоядерного циклического соединения (схема 1).

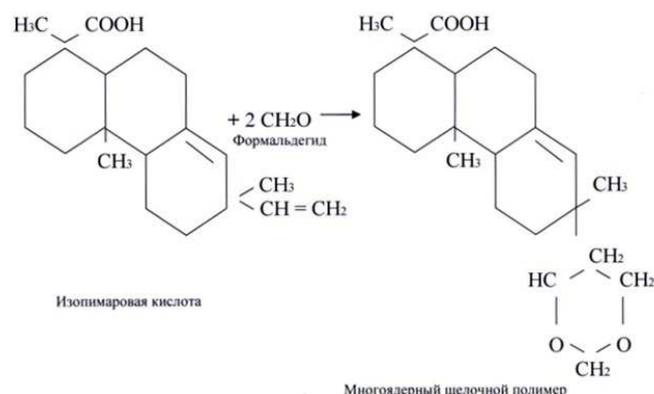


Схема 1. Примерная реакция формальдегида со смоляными кислотами

С орто-монометилфенолом изопимаровая кислота реагирует с образованием тетрациклического бензоидного соединения (схема 2).

Пектолы значительно снижают содержание формальдегида в готовой продукции за счет химического связывания свободного формальдегида фенолоформальдегидной смолы со смоляными кислотами омыленного таллового пека. В результате реакции присоединения с разрывом кратных связей образуется многоядерный щелочной полимер.

Кислотные свойства фенолов выражены сильнее, чем у спиртов и воды, поэтому водород фенольной гидроксильной группы замещается на Na^+ .

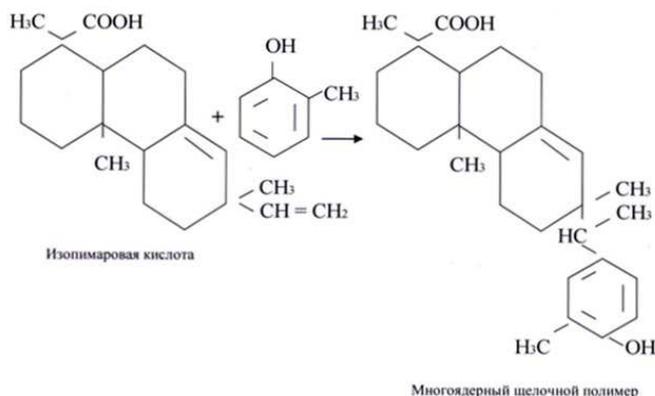


Схема 2. Примерная реакция орто-монометилфенола со смоляными кислотами

Предполагается, что мицеллы встраиваются в молекулу полимера фенолоформальдегидной смолы, образуя пространственно-разветвленную структуру, что ведет к образованию полимера с новым комплексом свойств.

Для обоснования повышения прочности готовой продукции был проведен многофакторный экспери-

мент склеивания соснового шпона толщиной 2,0 и 2,2 мм на модифицированной пектолом фенолоформальдегидной смоле СФЖ-3013. Обоснованию подлежали содержание пектола в смоле, продолжительность и температура прессования.

В процессе эксперимента изменялись параметры режима прессования и содержание пектола в смоле, устанавливалась количественная взаимосвязь переменных факторов эксперимента с выходными параметрами.

Переменные факторы:

1. Процентное соотношение пектола в смоле, %.
2. Продолжительность прессования, мин.
3. Температура прессования, °C.

Выходные параметры:

1. Предел прочности при статическом изгибе ($\sigma_{\text{изг}}$, МПа).
2. Предел прочности при скалывании ($\sigma_{\text{ск}}$, МПа).

Постоянные и переменные факторы эксперимента представлены соответственно в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Постоянные факторы эксперимента

Наименование фактора	Значение
Порода древесины (шпона)	Сосна
Влажность шпона, %	6
Толщина фанеры, мм	9
Температура окружающей среды, °C	20
Толщина шпона, мм	2,0; 2,2

Таблица 2

Переменные факторы и уровни их варьирования

Наименование фактора	Обозначение	Интервал варьирования	Уровни варьирования		
			нижний	средний	верхний
Содержание пектола в смоле, %	n	5	5	10	15
Продолжительность прессования, мин	t	1	6,5	7,5	8,5
Температура прессования, °C	T	7	108	115	122

Режимы прессования контрольной запрессовки фанеры: продолжительность прессования — 7,5 мин, температура прессования — 115 °C, давление прессования — 1,25 МПа.

Показатели эффективности представлены в табл. 3.

Зависимость прочности готовой продукции при статическом изгибе ($\sigma_{\text{изг}}$, МПа) и прочности готовой продукции при скалывании по клеевому слою ($\sigma_{\text{ск}}$, МПа) от содержания пектола в смоле, продолжительности и температуры прессования (рис. 1, 2) описывается уравнениями регрессии (1, 2):

$$\sigma_{\text{изг}} = 96,1574 - 0,3346 n + 1,17 t - 0,2156 T, \quad (1)$$

$$\sigma_{\text{ск}} = 1,8524 + 0,0032 n + 0,033 t - 0,0041 T \quad (2)$$

при $5\% \leq n \leq 15\%$; $6,5 \text{ мин} \leq t \leq 8,5 \text{ мин}$;
 $108 \text{ °C} \leq T \leq 122 \text{ °C}$,

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

МПа; $\sigma_{\text{ск}}$ — предел прочности при скалывании по клеевому слою, МПа; n — содержание пектола в смоле, %; t — продолжительность прессования, мин; T — температура прессования, °C.

Полученные уравнения регрессии, связывающие прочность клеевого соединения с влияющими факторами, позволяют определить рациональные режимы склеивания шпона модифицированным пектолом — клеем на основе смолы СФЖ-3013.

Таблица 3

Показатели эффективности

Наименование	Обозначение	Методы и средства контроля
Предел прочности при изгибе, МПа	$\sigma_{\text{изг}}$	Испытательная машина
Предел прочности при скалывании после кипячения в течение часа, МПа	$\sigma_{\text{ск}}$	Испытательная машина

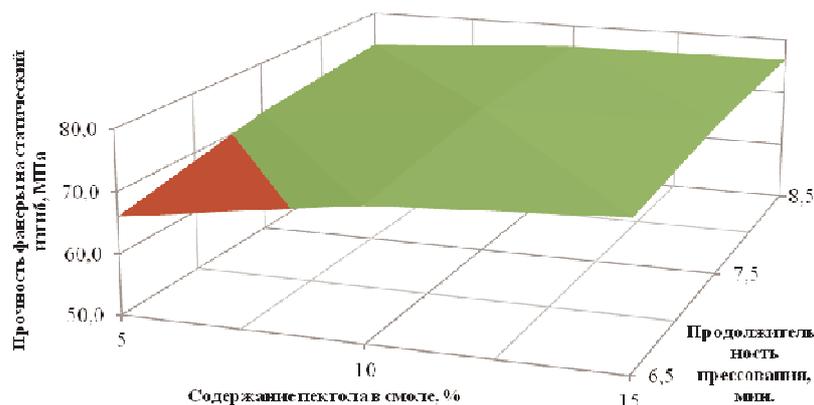


Рис. 1. Зависимость прочности фанеры на статический изгиб от содержания пектола в смоле и продолжительности прессования

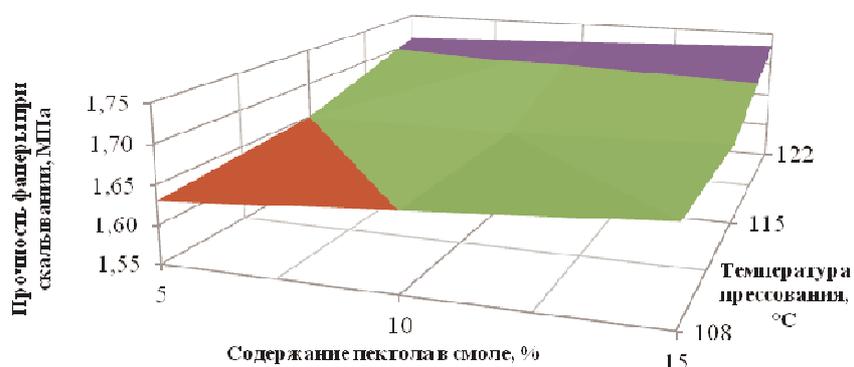


Рис. 2. Зависимость прочности фанеры при скальвании вдоль волокон от содержания пектола в смоле и температуры прессования

Анализируя результаты исследования (рис. 1, 2), можно сделать вывод, что пектолы ускоряют процесс отверждения фенолоформальдегидных смол за счет замещения гидроксильных групп фенолоформальдегидной смолы на катионы натрия мицелл омыленного талового пека с уменьшением массовой доли щелочи в клею и увеличением активности ионов водорода (водородный показатель — pH). Мицеллы встраиваются в молекулу полимера фенолоформальдегидной смолы, образуя пространственно-разветвленную структуру, что ведет к образованию щелочного полимера с новым комплексом свойств, обеспечивающих ускорение процесса отверждения клея и повышение прочности склеивания.

Для обоснования снижения токсичности готовой продукции был проведен многофакторный эксперимент склеивания соснового шпона толщиной 2,0 и 2,2 мм на модифицированной пектолом фенолоформальдегидной смоле СФЖ-3013. Обоснованию подлежали

содержание пектола в смоле, концентрация и условная вязкость клея.

Переменные факторы представлены в табл. 4.

Качество фанеры оценивали содержанием свободного формальдегида в готовой продукции (m , мг/100 г абс. сухой фанеры).

Обработка результатов экспериментов проводилась методами математической статистики.

Зависимость содержания свободного формальдегида в фанере от содержания пектола в смоле, концентрации и условной вязкости клея (рис. 3, 4) описывается уравнением регрессии (3):

$$m = 1,6188 - 0,0424 n - 0,005 \mu + 0,0256 \square \quad (3)$$

при $5 \% \leq n \leq 15 \%$; $38 \% \leq \mu \leq 44 \%$; $75 \text{ сек} \leq \square \leq 85 \text{ сек}$ где m — содержание свободного формальдегида в фанере, мг/100 г абс. сухой фанеры; n — содержание пектола в смоле, %; μ — концентрация клея, %; \square — условная вязкость клея, сек.

Таблица 4

Переменные факторы и уровни их варьирования

Наименование фактора	Уровни варьирования		
	нижний	средний	верхний
Содержание пектола в смоле (n , %)	5	10	15
Концентрация клея (μ , %)	38	41	44
Условная вязкость клея (\square , сек)	75	80	85

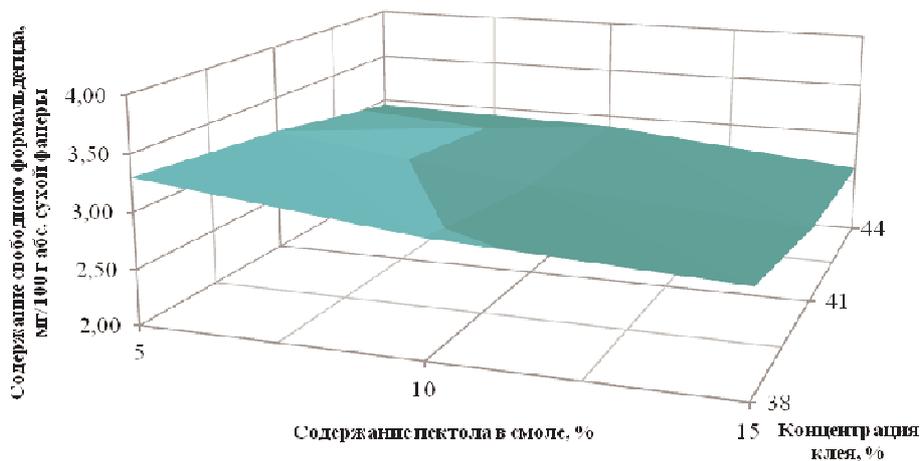


Рис. 3. Зависимость содержания свободного формальдегида в фанере от содержания пектола в смоле и концентрации клея

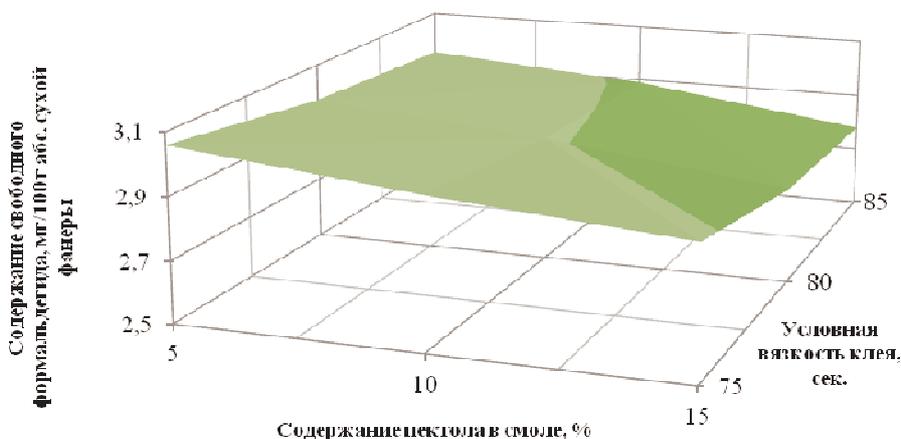


Рис. 4. Зависимость содержания свободного формальдегида в фанере от содержания пектола в смоле и условной вязкости клея

Полученные уравнения регрессии, связывающие содержание свободного формальдегида в фанере с влияющими факторами, позволяют определить рациональные параметры приготовления связующего на основе модифицированной пектолом смолы СФЖ-3013.

Анализируя результаты исследования (рис. 3, 4), можно сделать вывод, что пектол значительно снижает содержание формальдегида в готовой продукции — с 3,86 до 2,55 мг/100 г абс. сухой фанеры, так как солибилизированные парафины и окисленные углеводороды в мицеллах омыленного таллового пека играют роль сорбентов. Механизм действия данного сорбента заключается в образовании мостиков между мицеллами омыленного таллового пека и свободным формальдегидом за счет сил межмолекулярного взаимодействия.

Таким образом, теоретически доказано, что введение в клеящие составы на основе фенолоформальдегидных смол относительно дешевых побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства позволит не только улучшить свойства клеев и снизить себестоимость готовой продукции, но и утилизировать отходы целлюлозно-бумажной промышленности, тем самым разрешая актуальные задачи в области экологии.

Выводы

1. Введение в клеящие составы на основе фенолоформальдегидных смол относительно дешевых побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства

позволит не только улучшить свойства клеев и снизить себестоимость готовой продукции, но и утилизировать отходы целлюлозно-бумажной промышленности, разрешив тем самым актуальные задачи в области экологии.

2. Подробно изучены номенклатура продуктов целлюлозно-бумажного производства, химический состав продуктов дистилляции таллового масла-сырца, проработана возможность использования пектола в качестве модификатора для фенолоформальдегидных смол в производстве фанеры.

3. Пектолы значительно снижают содержание формальдегида в готовой продукции за счет химического связывания свободного формальдегида фенолоформальдегидной смолы со смоляными кислотами омыленного таллового пека. В результате реакции присоединения с разрывом кратных связей образуется многоядерный щелочной полимер.

4. Исследован групповой состав модифицирующей добавки (пектола). Приведены схемы возможных химических реакций взаимодействия фенола и формальдегида со смоляными кислотам, входящими в состав модифицирующей добавки.

5. Благодаря введению пектола в фенолоформальдегидную смолу марки СФЖ-3013 увеличивается прочность и скорость процесса отверждения клея, а значит, и производительность прессового оборудования.

Литература

1. Варанкина Г.С., Фильчаков А.В., Агавердыева А.Ф. Наполнители, применяемые в деревообработке // Труды Братского государственного технического университета. 2002. Т. 1. С. 116-120.
2. Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: моногр. М.: Высшая шк., 2005. 383 с.
3. Акимова Г.С., Курзин А.В., Павлова О.С., Евдокимов А.Н. Химия и технология компонентов сульфатного мыла. СПб.: СПбГТУРП, 2008. 104 с.
4. Синегибская А.Д. Синтез фенолформальдегидной смолы, модифицированной талловым лигнином // Материалы научно-технической конференции Братского государственного университета. Братск, 2000. С. 79.
5. Крыжановский В.К. Технология полимерных материалов. М.: Профессия, 2008. 460 с.
6. Глебов М.П., Варанкина Г.С., Брутян К.Г. Наполнители для производства низкотоксичных древесно-стружечных плит. Современные проблемы лесозаготовительных производств, производства материалов и изделий из древесины: пиломатериалы, фанера, деревянные дома заводского изготовления, столярно-строительные изделия // Материалы Международной научно – практической конференции. СПб., 2009. С. 109–113.
7. Борисова Н.Н., Некрасова В.Б., Медников Ф.А. Содержание неомыленных веществ и фитостерина в талловых продуктах Братского ЛПК // Труды Лесотехнической академии. Л., 1976.
8. Варфоломеев А.А., Синегибская А.Д., Гоготов А.Ф. Модифицированные лигнинфенолформальдегидные смолы // Материалы III Всероссийской конференции «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья». Барнаул, 2007. Кн. 3. С. 128–132.
9. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов: моногр. СПб.: Химиздат, 2014. 148 с.
10. Комаров Г.В. Соединения деталей из полимерных материалов. М.: Профессия, 2006. 592 с.
11. Чубинский А.Н., Сергеевичев В.В. Моделирование процессов склеивания древесных материалов. СПб.: Изд. дом «Герда», 2007. 176 с.
12. Терегеря Н.В., Медников Ф.А., Черняев А.Н. Исследование состава и свойств продуктов сернокислотной обработки таллового масла // Труды лесотехн. акад. Л., 1976. С. 100-106.
13. Репях С.М., Левин Э.Д. Получение ароматических углеводородов гидрокрекингом таллового масла // Труды Сиб. технол. ин-та. Красноярск, 1973. С.14 -16.
14. Владимирова Т.М., Третьяков С.И., Жабин В.И., Коптелов А.Е. Получение и переработка талловых продуктов: моногр. Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2008. 155 с.
15. Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Денисов С.В. Ускорение процесса склеивания шпона фенолформальдегидными клеями // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. СПб.: СПбГЛТА, 2011. Вып. 194. С. 121-128.
16. Русаков Д.С., Варанкина Г.С. Влияние технологических факторов производства фанеры на качество готовой продукции // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 2011. Вып. 197. С. 154-159.
17. Варанкина Г.С., Русаков Д.С. Модификация фенолформальдегидной смолы побочными продуктами сульфатно-целлюлозного производства // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 2012. Вып. 204. С. 112-118.
18. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низкотоксичных древесных материалов: моногр. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. 148 с.
19. 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.
20. 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.
21. Chauzov K., Varankina G. Investigation on gluing Larch Wood by modified. glue. Development and modernization of production. // International conference on production engineering. Bihac: Bihac University. 2014. P. 10-16.
22. Chauzov 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. Chubinsky A.N., Okuma M., Sugiama 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.
24. Hofrichter M. Review: lignin conversion by manganese peroxidase (MnP) // Enzyme and Microbial Technology. 2002. Vol. 30. P. 454-466.
25. Felby C., Hassingboe J., Lund M. Pilot-scale production of fiberboards made by laccase oxidized wood fibers: board properties and evidence for cross-linking of lignin // Enzyme and Microbial Techn. 2002. Vol. 31. P. 736-741.
26. Remonini C., Pizzi A. Foro Compensati Improved water-proofing of UF Plywood adhesives by melamine salts as glue mix hardeners: System performance optimization // Holzforsch und Holzververt. 1997. Vol. 1. P. 11–15.
27. Sintonen K. Data processing in a plywood factory // Raute news. 2002. Vol. 3, № 2. P. 168. Finland.
28. Chubov A., Tsarev G, Matyushenkova E. Excusive wood protection // Russian Forestry Review. 2008. № 3. P. 79.
29. Matyushenkova E. The wood protection technique in Russia // Russian Forestry Review. 2008. № 3. P. 76-78.
30. Modified HZSM-5 zeolite // Cuihua Xuebao. 1993. Vol. 14, № 5. P. 402.

References

1. Varankina G.S., Fil'chakov A.V., Agaverdyeva A.F. Fillers used in woodworking // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2002. T. 1. P. 116-120.
2. Glebova E.V. Industrial hygiene and occupational health: monogr. M.: Vysshaya shk., 2005. 383 p.
3. Akimova G.S., Kurzin A.V., Pavlova O.S., Evdokimov A.N. Chemistry and Technology of the components sulfate soap. SPb.: SPbGTURP, 2008. 104 p.
4. Sinigibskaya A.D. Synthesis of phenol-formaldehyde resin modified lignin tallow // Materialy nauchno- tekhnicheskoi konferentsii Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Bratsk, 2000. P. 79.
5. Kryzhanovskii V.K. Technology of polymeric materials. M.: Professiya, 2008. 460 p.
6. Glebov M.P., Varankina G.S., Brutyan K.G. Fillers for the production of low toxicity flakeboards. Modern problems logging industries, production materials and wood products: sawnwood, plywood, wooden prefabricated houses, woodwork and building products // Materialy Mezhdunarodnoi nauchno - prakticheskoi konferentsii. SPb., 2009. P. 109-113.
7. Borisova N.N., Nekrasova V.B., Mednikov F.A. Content unsaponified substances and phytosterol tallow products Bratsk timber industry // Trudy Lesotekhnicheskoi akademii. L., 1976.
8. Varfolomeev A.A., Sinigibskaya A.D., Gogotov A.F. Modified lignin phenol-formaldehyde resin // Materialy III Vserossiiskoi konferentsii «Novye dostizheniya v khimii i khimicheskoi tekhnologii rastitel'nogo syr'ya». Barnaul, 2007. Kn. 3. P. 128-132.

9. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низко-токсичных клееных древесных материалов: моногр. СПб.: Химиздат, 2014. 148 с.
10. Komarov G.V. Compounds of parts made of polymer materials. M.: Professiya, 2006. 592 p.
11. Chubinskii A.N., Sergeevichev V.V. Modelling of processes of bonding wood materials. SPb.: Izd. dom «Gerda», 2007. 176 p.
12. Teregerya N.V., Mednikov F.A., Chernyaev A.N. Investigation of the composition and properties of the products of the sulfuric acid treatment of tall oil // Trudy lesotekhn. akad. L., 1976. P. 100-106.
13. Repyakh S.M., Levin E.D. Production of aromatic hydrocarbons by hydrocracking tallow // Trudy Sib. tekhnol. in-ta. Krasnoyarsk, 1973. P. 14-16.
14. Vladimirova T.M., Tret'yakov S.I., Zhabin V.I., Koptelov A.E. Production and processing of tall oil products: monogr. Arkhangel'sk: Izd-vo Arkhang. gos. tekhn. un-ta, 2008. 155 p.
15. Chubinskii A.N., Varankina G.S., Rusakov D.S., Denisov S.V. Accelerating gluing veneer phenol-formaldehyde adhesives // Izvestia SPbLTA. 2011. Vyp. 194. P. 121-128.
16. Rusakov D.S., Varankina S.G. Influence of technological factors of production of plywood on the quality of the finished product // Izvestia SPbLTA. 2011. Vyp. 197. P. 154-159.
17. Varankina G.S., Rusakov D.S. Modification phenol-formaldehyde resin byproducts kraft pulp production // Izvestia SPbLTA. 2012. Vyp. 204. P. 112-118.
18. Varankina G.S., Chubinskii A.N. Formation of low toxicity wood materials: monogr. SPb.: SPbGLTU, 2014. 148 p.
19. 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.
20. 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.
21. Chauzov K., Varankina G. Investigation on gluing Larch Wood by modified. glue. Development and modernization of production // International conference on production engineering. Bihac: Bihac University. 2014. P. 10-16.
22. Chauzov 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. Chubinsky A.N., Okuma M., Sugiama 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.
24. Hofrichter M. Review: lignin conversion by manganese peroxidase (MnP) // Enzyme and Microbial Technology. 2002. Vol. 30. P. 454-466.
25. Felby C., Hassingboe J., Lund M. Pilo-scale production of fiberboards made by laccase oxidized wood fibers: board properties and evidence for cross-linking of lignin // Enzyme and Microbial Techn. 2002. Vol. 31. P. 736-741.
26. Remonini S., Pizzi A. Foro Compensati Improved waterproofing of UF Plywood adhesives by melamine salts as glue mix hardeners: System performance optimization // Holzforsch und Holzververt. 1997. Vol. 1. P. 11-15.
27. Sintonen K. Data processing in a plywood factory // Raute news. 2002. Vol. 3, № 2. P. 168. Finland.
28. Chubov A., Tsarev G, Matyushenkova E. Excusive wood protection // Russian Forestry Review. 2008. № 3. P. 79.
29. Matyushenkova E. The wood protection technique in Russia // Russian Forestry Review. 2008. № 3. P. 76-78.
30. Modified HZSM-5 zeolite // Cuihua Xuebao. 1993. Vol. 14, № 5. P. 402.

УДК 628.16; 534-8.004.14

DOI: 10.18324/2077-5415-2016-2-127-132

Интенсификация процесса осаждения взвешенных веществ ультразвуком

В.Б. Викулина^а, П.Д. Викулин^б

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Ярославское ш. 26, Москва, Россия

^аvikulinp@yandex.ru

Статья поступила 17.04.2016, принята 5.05.2016

Физико-химические эффекты в водной среде, возникающие в ультразвуковом поле, способствуют изменению скорости осаждения скоагулированной взвеси. Поскольку неперенным условием развития процесса является ультразвуковое поле в режиме кавитации, представляются актуальными экспериментальные исследования влияния ультразвуковых колебаний на процессы коагуляции взвешенных веществ при очистке воды физическими методами, расширяющие область их использования. Авторы статьи ставили целью проведение экспериментов влияния ультразвука на осаждение взвешенных веществ и определение эффективности процесса, отнесенного к дозе коагулянта, с нахождением численных значений констант теоретического уравнения. Условием эксперимента было воздействие ультразвука на воду с глинистыми веществами перед введением коагулянта. Для получения ультразвуковых колебаний применялся метод магнитострикции с помощью ультразвукового генератора серийного производства. При отборе проб и выполнении анализов использовались стандартные методики. Оценка концентрации частиц глины в воде производилась при помощи фотоэлектроколориметра. В результате проведенных исследований получены данные, позволяющие определить увеличение эффективности осаждения взвешенных частиц, отнесенной к дозе коагулянта, в зависимости от времени ультразвуковой обработки. Эксперименты подтвердили связь между эффектом осаждения в процессе коагуляции, дозой коагулянта и временем озвучивания. Как показали исследования, увеличение продолжительности ультразвуковой обработки позволяет снижать вводимые дозы коагулянта.

Ключевые слова: ультразвуковая кавитация; потенциал; доза коагулянта; осаждение.