

УДК 691.11:674.21

**С.В. Шетько, С.С. Гайдук**

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), [tidid@belstu.by](mailto:tidid@belstu.by), [sergey1453@rambler.ru](mailto:sergey1453@rambler.ru)

## **МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНЫЕ КЛЕИ ДЛЯ СКЛЕИВАНИЯ МАССИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

### **THE MODIFIED POLYVINYL ACETATE ADHESIVES FOR BONDING SOLID WOOD**

*Работа посвящена исследованию прочности и водостойкости клеевых соединений на основе поливинилацетатных клеев. Для проведения испытаний по определению прочности и водостойкости использовалась европейская методика, согласно DIN EN 204 и DIN EN 205. Дана оценка клеевых материалов, используемых на деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь для производства мебели и столярно-строительных изделий. Для модифицированных клеев определены оптимальные составы и технологические режимы склеивания.*

*The work is devoted to the study of the strength and water resistance of the adhesive compounds based on polyvinyl acetate adhesives. For the tests to determine the strength and water resistance to use the European method according to DIN EN 204 and DIN EN 205. The estimation of adhesives used in the wood-processing enterprises of the Republic of Belarus for the manufacture of furniture and joinery products. For modified adhesive compositions and the optimal process conditions bonding.*

Приоритетным направлением развития деревообрабатывающей промышленности является рациональное использование сырья и производство экологически безопасной продукции в соответствии с европейскими нормами (D3). Данные задачи можно решить путем склеивания древесины водно-дисперсионными поливинилацетатными (ПВА) клеями. На предприятиях, где производится склеивание массивной древесины, в основном используются импортные клеевые материалы, их доля составляет 90–95 % от общего объема потребления. Для склеивания мебельного щита в Республике Беларусь потребовалось израсходовать порядка 2 тыс. т клея. Отечественные ПВА-клеи, которые в несколько раз дешевле импортных аналогов, не находят широкого применения по причине невысоких физико-механических показателей клеевых соединений на их основе, что обуславливает интерес к исследованиям, направленным на улучшение качественных показателей клееной натуральной древесины. Замена дорогостоящего импортного клея на более дешевый отечественного производства позволит снизить не только себестоимость продукции, но и в значительной мере решить задачу импортозамещения в деревообрабатывающей промышленности.

Перспективными направлениями улучшения физико-механических свойств клеевых соединений древесины являются модификация исходного клеевого материала высокодисперсными частицами. Как показывает практика, введение даже незначительного количества высокодисперсных добавок приводит к значительному изменению свойств получаемого материала. Введение таких добавок приводит к изменению свойств самой полимерной матрицы и появлению свойств, характерных высокодисперсным частицам [1, 2].

На сегодняшний день в Республике Беларусь отсутствуют комплексные исследования по установлению влияния высокодисперсных добавок на их свойства, технологические режимы склеивания, а также на физико-механические показатели клеевых соединений древесины.

*Целью исследований* являлась разработка технологии получения клеевых соединений древесины в изделиях с высокими показателями прочности и водостойкости поливинилацетатных клеев, модифицированных высокодисперсными добавками.

*Объект исследования* – полимерные водно-дисперсионные поливинилацетатные клеи, применяемые для склеивания древесины, а также технологии их применения.

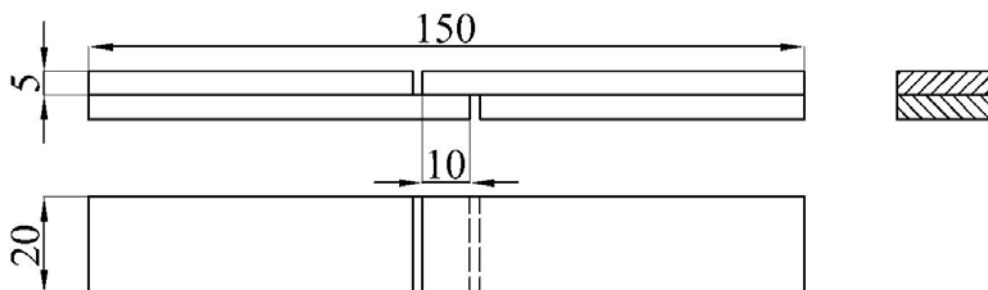
*Предмет исследования* – механизм повышения водостойкости и прочности клеевых соединений, операции технологического процесса склеивания древесины.

В качестве объекта исследований использовался ПВА-клей отечественного производства марки ДФ 51/15 ВП в соответствии с ГОСТом 18992-80, импортируемые ПВА-клеи, которые наиболее широко представлены на деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь: «Клейберит 303», «Кестокол 330», «Йоват Йоваколь 103.10», «Акцо Нобель 3359».

В качестве модификаторов использовали высокодисперсные добавки: углеродный материал (УНМ) (Институт тепло- и массообмена НАН Б, ИЧП «Перспективные исследования и технологии» ТУ ВУ 690654933.001–2011) с размером частиц 70 нм, силикатный материал (СНМ) (ГОСТ 13079–93) с размером частиц 400 нм, аэросил А-175 (ГОСТ 14922–77) с размером частиц 40 нм, бентонитовую глину (ГОСТ 7032–75) с размером частиц 600 нм.

Основными показателями для изделий из клееной древесины являются прочность (ГОСТ 15613.1–84) и водостойкость (ГОСТ 17005–82) клеевых соединений. Эти стандарты предусматривают проведение испытаний на образцах древесины сосны (прочность сосны – 6,5 МПа), что не позволяет в полной мере оценить прочность клеевого соединения (должна быть более 10 МПа). Поэтому была разработана «Методика определения технологических свойств поливинилацетатных продуктов на основе модифицирующих добавок», в основу которой легли нормативы прочности и водостойкости клеевых соединений древесины на сдвиг в соответствии с DIN EN 205 [3].

Для испытаний использовались заготовки из древесины бука плотностью  $(700 \pm 100)$  кг/м<sup>3</sup>. При этом строго регламентируется влажность древесины – 12 % и условия акклиматизации древесины перед склеиванием: температура  $(+20 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительная влажность воздуха  $(65 \pm 5)$  %, или соответственно –  $(+23 \pm 2)^\circ\text{C}$  и  $(50 \pm 5)$  %. Испытания проводились на образцах формы и размеры, которые представлены на рисунке 1. Волокна древесины должны располагаться вдоль плоскости склейки (по направлению растяжения при испытаниях), а годовые кольца – под углом 30–90° к плоскости склейки. Испытания проводились не ранее чем через 7 дней после склеивания заготовок на скалывание.



Общий вид образца для определения прочности

Испытание клеевых соединений проводились для группы нагрузки D3. Для отнесения клеевого соединения к группе нагрузки D3 согласно DIN EN 205 необходимо выполнение условий, представленных в таблице 1.

Показатели прочности клеевого соединения при сдвиге (D3)

Последовательность выдержки	Прочность клеевого соединения, МПа
7 дней при комнатных условиях ( $t = 23-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\varphi = 50-70\%$ )	$\geq 10$
7 дней при комнатных условиях; 4 дня в холодной воде ( $t = 20-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 2$
7 дней при комнатных условиях; 4 дня в холодной воде; 7 дней при комнатных условиях	$\geq 6$

Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 2.

Анализ проведенных испытаний показывает, что полный цикл испытаний для марки клея D3 прошли только два клеевых материала – «Клейберит 303» и «Кестокол 330». Образцы, склеенные «Йоват Иоваколь 103.10», после выдержки в воде разрушились, поэтому определить их водостойкость не представлялось возможным.

Таблица 2

Прочность склеивания древесины, модифицированной ПВА-клеем

Вид клея	Прочность клеевого соединения при продольном скалывании, МПа, при выдержке после склеивания		
	1 этап	2 этап	3 этап
ДФ51/15ВП	9,45	0,44	5,20
ДФ51/15ВП + 0,025 % УНМ	10,98	1,28	7,75
ДФ51/15ВП + 0,05 % УНМ	9,87	1,35	8,06
ДФ51/15ВП + 0,025 % СНМ	10,16	1,42	8,55
ДФ51/15 ВП + 0,05 % СНМ	10,62	1,46	8,62
ДФ51/15ВП + 0,025 % бентонит	10,43	1,35	5,48
ДФ51/15ВП + 0,050 % бентонит	10,68	1,43	5,70
ДФ51/15ВП + 0,100 % бентонит	10,38	1,34	5,40
ДФ51/15ВП + 0,025 % аэросил	10,75	1,34	6,52
ДФ51/15 ВП + 0,050 % аэросил	10,20	1,24	5,72
ДФ51/15 ВП + 0,100 % аэросил	10,15	1,24	5,81
«Клейберит 3032»	10,95	2,07	8,85
«Кестокол 330»	10,80	2,04	8,75
«Йоват Иоваколь 103.10»	9,46	–	–
«Акцо Нобель 3359»	8,65	1,01	6,65

Клеевые соединения на основе «Акцо Нобель 3359» и ДФ 51/15 ВП не прошли испытаний для определения соответствия группе нагрузки D3 ни на одном этапе.

Повышение прочности клеевых соединений, выполненных клеевым составом с высокодисперсными добавками, происходит в результате того, что включения в полимерный материал многократно увеличивают степень развитости контакта фаз (происходит изменение краевого угла смачивания (с 60 до 30°) и тем самым увеличивается работа адгезии, что непосредственно определяет прочность клеевого соединения.

В соответствии с методикой испытаний наиболее важным и труднодостижимым показателем является прочность клеевого соединения после выдержки в холодной воде в течение 4-х суток (водостойкость). Следует отметить, что необходимая нормативная водостойкость (2 МПа) в результате этого эксперимента так и не была достигнута, поэтому были проведены дополнительные испытания для увеличения водостойкости и интенсификации процесса склеивания путем изменения параметров технологического процесса.

Основными параметрами технологического режима склеивания являются давление, расход клея, продолжительность открытой выдержки, температура и продолжительность склеивания. В целях оптимизации технологических параметров склеивания древесины был реализован двухфакторный эксперимент.

В качестве варьируемых были выбраны факторы, в наибольшей степени влияющие на физико-механические показатели клееной древесины (прочность и водостойкость клеевого соединения): температура плит пресса ( $X_1, ^\circ\text{C}$ ) и продолжительность склеивания ( $X_2, \text{мин}$ ).

Для проведения испытаний использовались следующие клеевые композиции:

- клей ДФ51/15ВП + 0,030 % УНМ + 2,5 % Na-КМЦ;
- клей ДФ51/15ВП + 0,063 % аэросил + 2,5 % Na-КМЦ.

Добавка натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) осуществлялась с целью улучшения тиксотропных свойств клея.

В результате реализации матрицы планирования эксперимента получены адекватные уравнения регрессии физико-механических свойств клеевых соединений. Соответственно, экспериментальные модели для определения прочности ( $y_1$ ) и водостойкости ( $y_2$ ) клеевых соединений древесины модифицированным клеем имеют вид:

$$y_1 = -0,877 + 0,064X_1 + 0,301X_2 - 0,00038X_1^2 - 0,002X_1X_2 - 0,02X_2^2;$$

$$y_2 = -1,03 + 0,246X_1 + 1,411X_2 - 0,002X_1^2 + 0,0166X_1X_2 - 0,21X_2^2.$$

Так как наиболее труднодостижимым показателем является водостойкость ( $y_2$ ), то определение оптимального режима проводилось по этому показателю.

В результате анализа установлено, что оптимальным режимом склеивания древесины модифицированным ПВА-клеем является следующий: температура плит пресса – 80 °С, продолжительность склеивания – 1,8 мин, время открытой выдержки – 5 мин, расход клея – 200–250 г/м<sup>2</sup>, давление прессования – 1 МПа.

Результаты лабораторных испытаний показали, что разработанный технологический режим позволяет получить клеевые соединения, сопоставимые по физико-механическим свойствам с группой нагрузки Д3. На основе этого режима был разработан технологический регламент и на ОАО «Могилевдрев» осуществлен выпуск опытно-промышленной партии мебельных щитов в объеме 1,5 м<sup>3</sup> для изготовления мебели.

## Библиографический список

1. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию / Ю.И. Головин. – М.: Машиностроение, 2003. – 112 с.
2. Ковальчук М.В. Нанотехнологии – фундамент новой наукоемкой экономики 21 века / М.В. Ковальчук // Российские нанотехнологии. – 2007. – № 1–2. – С. 6–11.
3. Гайдук С.С. Исследование прочности и водостойкости клеевых соединений на основе ПВА-дисперсий / С.С. Гайдук // Труды БГТУ. Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2012. – № 2. – С. 172–174.