

УДК 674.093

**Е. А. Мухурова**, аспирант (БГТУ); **С. С. Гайдук**, ассистент (БГТУ);  
**С. В. Шетько**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ)

### УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ АКТИВИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКЛЕИВАНИЯ

Целью исследований являлось изучение влияния активирующей обработки на прочность клеевых соединений древесины. В качестве объекта исследований выбраны поливинилацетатные клеи отечественного и импортного производства, а также карбамидоформальдегидный клей. Как показали исследования, при обработке древесины активирующим составом (уксусной кислотой) происходит увеличение шероховатости склеиваемых поверхностей и образование на обработанной поверхности активных центров, которые взаимодействуют с молекулами клеевого материала, что приводит к увеличению адгезионной прочности клеевого соединения. Для проведения испытаний по определению прочности и водостойкости клеевых соединений древесины использовалась европейская методика согласно DIN EN 204 и DIN EN 205.

The purpose of research is to study the effect of activation treatment on the bonding strength of the wood. As a study object selected PVA glues domestic and imported, and urea-formaldehyde glue. Studies have shown that the treatment of wood activating composition (acetic acid) is increased, and the roughness of the bonding surfaces on the machined surface of the formation of active sites which interact with the molecules of the adhesive material, which increases the adhesive strength of the adhesive compound. To carry out tests to determine the strength and water resistance of the adhesive joints of wood to use the European method according to DIN EN 204 and DIN EN 205.

**Введение.** В настоящее время все больше возрастает спрос на мебель и изделия из массивной древесины. Это объясняется желанием человека окружать себя натуральными материалами. Кроме того, мебель, изготовленная из натуральной древесины, прослужит больше и имеет более приятный внешний вид по сравнению с мебелью из плитных материалов. Однако массивная древесина также обладает своими недостатками, например, пилопродукция больших размеров не обладает формоустойчивостью, что является важным фактором, отвечающим за качество получаемой продукции. Для устранения данного недостатка и более рационального использования древесины применяют клееную древесину. Из клееной древесины кроме мебели также изготавливают окна, двери, различные столярно-строительные изделия, которые участвуют в формировании личного пространства человека. Окна, изготовленные из древесины, все интенсивнее вытесняют ПВХ-окна, что объясняется способностью древесины «дышать». Это свойство способствует постоянному воздухообмену и созданию более благоприятного климата в помещении.

Таким образом, клееная древесина является одним из наиболее востребованных материалов в производстве мебели и столярно-строительных изделий.

Для склеивания древесины на предприятиях республики в основном используются поливинилацетатные (ПВА) и карбамидоформальдегидные (КФ) клеи. Первые применяются из-за своей экологичности, вторые – позволяют получить клеевые соединения высокой водостойкости.

Основными физико-механическими показателями склеивания древесины являются прочность и водостойкость клеевого соединения. Наиболее часто при получении клееной древесины используются импортные клеевые материалы, т. к. они имеют большую адгезионную прочность и водостойкость соединений по сравнению с отечественными клеями.

Наибольший интерес представляет модификация ПВА клеев с целью повышения водостойкости соединений. Водостойкость можно повысить введением ароматических аминов и формальдегида в ПВА дисперсии. Некоторого повышения водостойкости можно добиться, вводя в ПВА дисперсии этилсиликаты, которые оказывают структурирующее и коалесцирующее действие и способствуют образованию более однородной пленки. Обычно этилсиликаты вводят в количестве 10% [1].

Однако повысить прочность и водостойкость клеевого соединения можно также обработкой склеиваемых поверхностей активирующими растворами. Так, в производстве древесностружечных плит перед осмолением производят активирующую обработку стружки. В качестве активаторов в плитном производстве используются: соли поливалентных металлов, аммиака, формальдегида, а также уксусная кислота и технические лигносульфонаты [2].

Исходя из вышесказанного было принято решение изучить влияние обработки древесины 10%-ным раствором уксусной кислоты, т. к. данный активатор наиболее доступен.

**Основная часть.** Цель исследования – определить степень влияния активирующей обработки

на прочность склеивания буковых заготовок различными клеевыми материалами.

Задачи исследования.

1. Установить влияние активирующей обработки на шероховатость склеиваемых поверхностей.

2. Провести экспериментальные исследования по выявлению закономерностей изменения прочности и водостойкости клеевых соединений с использованием отечественных и импортных ПВА клеев, а также КФ клея.

В деревообрабатывающей промышленности преимущественно используются клеи группы нагрузки D3 по DIN EN 204 [3]. Для отнесения клеевого соединения к группе D3 необходимо выполнение условий, представленных в табл. 1.

Таблица 1

**Показатели прочности клеевого соединения при сдвиге (D3)**

Вид испытаний клеевого соединения	Прочность склеивания, МПа
7 дней при нормальном климате	$\geq 10$
7 дней при нормальном климате 4 дня в холодной воде	$\geq 2$
7 дней при нормальном климате 4 дня в холодной воде 7 дней при нормальном климате	$\geq 6$

Для проведения исследований использовались следующие клеевые материалы: отечественный ПВА (ДФ 51/15 ВП), импортный ПВА (Акцо Нобель 3359), а также карбамидоформальдегидный (Каскорит 1206) клеи.

Для проведения испытаний использовалась древесина бука плотностью  $(700 \pm 100)$  кг/м<sup>3</sup> и влажностью 12 %.

Первым шагом стало исследование шероховатости поверхности образцов до и после обработки раствором уксусной кислоты. Шероховатость образцов определялась на приборе МИС-11 и профилографе Т-1000.

Для проведения испытаний было отобрано две партии образцов: образцы первой партии проходили все испытания без обработки активирующим составом, вторая – с обработкой 10%-ным раствором уксусной кислоты. Выбор концентрации обусловлен проведенными ранее исследованиями М. А. Зильберштейна [4], который писал, что в зависимости от концентрации уксусной кислоты и параметров обработки древесных частиц возможна полная делигнификация древесины. В результате исследований было установлено, что шероховатость образцов без обработки уксусной кислотой составляет порядка 30 мкм. После обработки уксусной

кислотой с расходом 70–80 г/м<sup>2</sup> шероховатость образцов составила порядка 60 мкм.

Таким образом, мы видим, что произошло увеличение шероховатости поверхности в 2 раза. Наличие неровностей, различного рода дефектов увеличивает удельную поверхность древесины, изменяет характер растекания клея, поэтому должно во многом определить взаимодействие субстрата и адгезива. Из литературы известно, что увеличение степени шероховатости способствует лучшему смачиванию и растеканию смачивающей жидкости по поверхности твердого тела [5].

Некоторые теоретические модели адгезии подтверждают влияние шероховатости поверхности на прочность клеевого соединения. Например, механическая теория адгезии хорошо объясняет отдельные случаи адгезии, в частности хорошее сцепление клея с пористыми материалами [6].

На втором этапе проводилось исследование прочности и водостойкости клеевых соединений. Для склеивания использовались образцы древесины в виде пластинок длиной 150 мм, шириной 20 мм и толщиной 5 мм. Клей наносился на одну пластину (расход составлял порядка 200 г/м<sup>2</sup>). После выдержки образцы помещались в пресс и склеивались. Склеивание производилось при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Режимы склеивания представлены ниже.

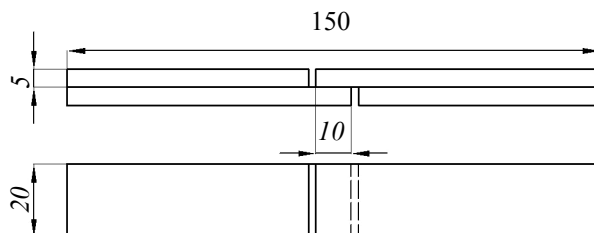
Режим склеивания образцов клеями ПВА:

- 5 мин открытой выдержки.
- 5 мин закрытой выдержки.
- Давление 1 МПа в течение 1 ч.

Режим склеивания образцов КФ клеем:

- Одностороннее нанесение кистью.
- 10 мин открытой выдержки.
- 5 мин закрытой выдержки.
- Давление 1 МПа в течение 5 ч.

После 7 дней выдержки при комнатной температуре на образцах делались запилы, как показано на рисунке.



Образцы для испытаний

Все испытания образцов на прочность клеевых соединений древесины проводились на разрывной машине РМ-0,5 по европейскому методу DIN EN 205 [7].

Результаты испытания приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Результаты испытания образцов

Вид клея	Прочность при продольном скалывании, МПа		
	7 сут после склеивания	7 сут выдержки + в воде 4 сут	норма по EN 205
Без обработки уксусной кислотой			
ДФ 51/15 ВП	9,0	1,4	$\geq 10$
Акцо Нобель 3359	7,6	1,5	$\geq 10$
Каскорит 1206	7,0	6,5	$\geq 10$
С обработкой уксусной кислотой			
ДФ 51/15 ВП	11,3	1,9	$\geq 2$
Акцо Нобель 3359	7,5	1,4	$\geq 2$
Каскорит 1206	7,3	6,2	$\geq 2$

Испытания показали, что использование активирующей обработки позволяет повысить прочность клеевых соединений, полученных на основании ПВА клеев ДФ 51/15 ВП и Акцо Нобель 3359 на 25 и 10% соответственно.

Активирующая обработка на образцах, склеенных КФ клеем Каскорит 1206, не приводит к увеличению прочности и водостойкости соединений. Однако нельзя делать вывод, что данный вид обработки непригоден для КФ клеев, т. к. излом большей части образцов произошел по древесине, а не по клеевому слою.

Объяснить увеличение прочности клеевого соединения после обработки активирующим раствором можно исходя из теории о межмолекулярных связях [6]. Межмолекулярные связи – это связи, установленные между макромолекулами клеевого материала и активными центрами поверхностного слоя склеиваемых поверхностей. Данный тип связей является обратимым, однако, по мнению многих исследователей, именно они определяют процессы смачивания и растекания клея по подложке. Так, например, донорно-акцепторное (кислотно-основное) взаимодействие между клеем и поверхностями является основным, что связано с тем, что для образования ковалентных связей требуется полное перекрытие орбиталей, тогда как в действительности эти процессы происходят лишь частично. Кислота рассматривается как акцептор электронов, основание – как донор. Однако отметим, что ни материал основания, ни материал клея не являются только донорами или только акцепторами, каждый одновременно донор и акцептор. Например, склеиваемые поверхности больше акцепторы, чем доноры, относительно одного клея и больше доноры, чем акцепторы, относительно второго клея.

**Заключение.** Таким образом, нами показана возможность улучшения свойств клеевых

соединений без проведения модификации клея, а с помощью активирующей обработки склеиваемых поверхностей раствором уксусной кислоты. Объяснить увеличение прочности и водостойкости образованного клеевого соединения можно как механической теорией адгезии, так и особенностями межмолекулярных связей.

## Литература

1. Фрейдин А. С. Полимерные водные клеи. М.: Химия, 1985. 144 с.
2. Хмызов И. А. Модификация древесной стружки техническими лигносульфонатами в производстве древесностружечных плит: дис. ... канд. техн. наук: 12.00.01. Минск, 1996. 370 л.
3. Классификация термопластичных клеев для древесины для применения не в производстве конструкционного силового бруса: DIN EN 204-2001. Введ. 2001-05-23. Брюссель: Европейский комитет стандартизации, 2003. 10 с.
4. Зильбергейт М. А. Химия и основы технологии процесса делигнификации древесины водными растворами уксусной кислоты: автореф. дис. ... д-ра хим. наук: 05.21.03. Рига, 1990. 33 с.
5. Снопков В. Б., Хмызов И. А., Янушко Е. В. Влияние активирующей обработки на топографию поверхности древесины // Труды БГТУ. Сер. 4, Химия и технология органических веществ. 1994. Вып. 2. С. 45–49.
6. Вильнав Ж.-Ж. Мир материалов и технологий техносфера. М.: Техносфера, 2007. 381 с.
7. Клеи. Клеи неконструкционные для дерева. Определение прочности склеивания продольных склеек испытанием на разрыв: DIN EN 205-2003. Введ. 2003-03-19. Брюссель: Европейский комитет стандартизации, 2001. 5 с.

Поступила 15.03.2014