

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ СКЛЕИВАНИЯ МАССИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНЫМИ КЛЕЯМИ

С. С. Гайдук, кандидат технических наук, старший преподаватель (БГТУ)

*В результате научно-исследовательской работы были проведены исследования по определению оптимальных технологических режимов склеивания массивной древесины модифицированными поливинилацетатными клеевыми материалами отечественного производства. Для проведения испытаний по определению прочности и водостойкости использовалась европейская методика согласно DIN EN 204 и DIN EN 205.*

*As a result of research studies have been conducted to determine the optimum technological modes gluing solid wood modified polyvinyl acetate adhesive materials produced domestically. For the tests to determine the strength and water resistance technique was used according to European DIN EN 204 and DIN EN 205.*

## Введение

Склеивание заготовок, деталей и изделий из древесины в виде брусков позволяет получить детали с нужными размерами, улучшить декоративные свойства изделия, увеличить полезный выход деталей и заготовок путем использования короткомерных заготовок и кусковых отходов.

Для получения качественного клеевого соединения необходимо выполнение всех требований по подготовке заготовок и проведению операций технологического процесса склеивания.

Основными параметрами технологического режима склеивания являются: температура, давление, количество клея, наносимого на единицу склеиваемых поверхностей, продолжительность склеивания и время выдержки деталей после склеивания [1].

Модифицированные клеевые композиции будут отвечать современным требованиям производства и эксплуатации, если в результате их использования при склеивании достигается улучшение физико-механических показателей клеевых соединений.

Для решения этой задачи необходимо решить следующие вопросы:

1. Исследовать влияние модификатора на прочность и водостойкость клеевых соединений древесины;
2. Разработать и оптимизировать технологический режим склеивания древесины модифицированными поливинилацетатными клеевыми материалами.

## Основная часть

Для оценки влияния различных факторов технологического процесса на прочность склеивания древесины предусматривалось построение регрессионной модели. Для проведения исследований использовался экспериментальный план второго порядка.

Построение модели предусматривало выбор постоянных и переменных факторов. Постоянные факторы представлены в табл. 1, а переменные в табл. 2.

Таблица 1  
Постоянные факторы исследований

Наименование фактора	Значение
Порода древесины	Бук
Толщина заготовки, мм	5
Температура окружающей среды, °С	20
Расход клея, г/м <sup>2</sup>	200
Время открытой выдержки, мин	5
Время закрытой выдержки, мин	2
Давление прессования, МПа	1,0

Таблица 2  
Переменные факторы исследований

Наименование фактора	Единица измерения	Код обозначения	Интервал варьирования фактора	Уровни варьирования		
				$X_{\min}$	$X_{\text{ср}}$	$X_{\max}$
Температура прессования	°С	$X_1$	30	50	80	110
Время прессования	мин	$X_2$	3	0,5	3,5	6,5

В качестве переменных факторов исследований были приняты температура и время прессования, так как эти факторы в наибольшей степени влияют на прочность склеивания древесины [2].

В качестве выходных параметров были приняты прочность ( $Y_1$ ) и водостойкость ( $Y_2$ ) клеевого соединения древесины.

Для проведения исследований использовался поливинилацетатный клей ДФ 51/15 ВП отечественного производства. В качестве модификатора физико-механических свойств использовались высокодисперсные частицы (углеродные материалы (УНМ) и аэросил), в качестве модификатора тиксотропных свойств – натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na КМЦ). Для сравнительной характеристики в исследовании также был включен поливинилацетатный клей импортного производства.

Образцы изготавливались в соответствии с DIN EN 204 [3]. После склеивания, чтобы определить группу водостойкости полученных композиций, образцы испытывались в соответствии с DIN EN 205 [4] в три этапа:

1 этап: определялась прочность склеивания части образцов после 7 дней выдержки при температуре 20°С и влажности 65±5%;

2 этап: определялась прочность склеивания части образцов после 7 дней выдержки при температуре 20°С и влажности 65±5% с последующей выдержкой в воде в течение 4 дней;

3 этап: определялась прочность склеивания части образцов после 7 дней выдержки при температуре 20°С и влажности 65±5% с последующей выдержкой в воде в течение 4 дней и затем 7 дневной выдержкой при температуре 20°С и влажности 65±5%.

Схема определения прочности на скалывание образцов представлена рис. 1 [4] и осуществлялась на разрывной машине РМ-0,5 с использованием специального приспособления.

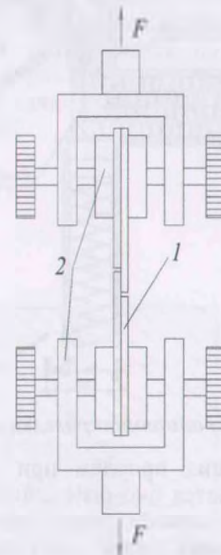


Рис. 1. Схема испытаний образцов на скалывание  
1 – образец для испытаний; 2 – приспособление

Результаты проведения опытов представлены в табл. 3

**Таблица 3**  
Результаты двухфакторного эксперимента

№ опыта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1x_2$	$y_1$	$s\{y_1\}$	$y_2$	$s\{y_2\}$
1	+1	+1	+1	+1	8,3	0,99	1,35	0,96
2	+1	+1	-1	-1	7,4	0,98	1,57	0,89
3	+1	-1	+1	-1	7,8	1,08	1,98	1,04
4	+1	-1	-1	+1	8,2	1,14	1,54	1,12
5	+1	0	-1	-1	9,6	1,05	1,94	0,9
6	+1	0	+1	+1	9,2	1,05	1,98	1,01
7	+1	-1	0	-1	10,1	0,91	1,76	1,6
8	+1	+1	0	+1	9,4	1,04	1,83	0,99

Расчет критерия Кохрена и его сравнение с табличным значением позволило принять гипотезу об однородности дисперсии.

Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием математического пакета Statistica 6.0, который позволяет сразу определить значимые и незначимые коэффициенты.

Соответственно экспериментальные модели для определения прочности ( $y_1$ ) и водостойкости ( $y_2$ ) клеевых соединений древесины модифицированным клеем имеют вид:

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

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

Для определения оптимальных значений варьируемых параметров были построены поверхности отклика (рис. 2 и рис. 3) с использование математического пакета Статистика.

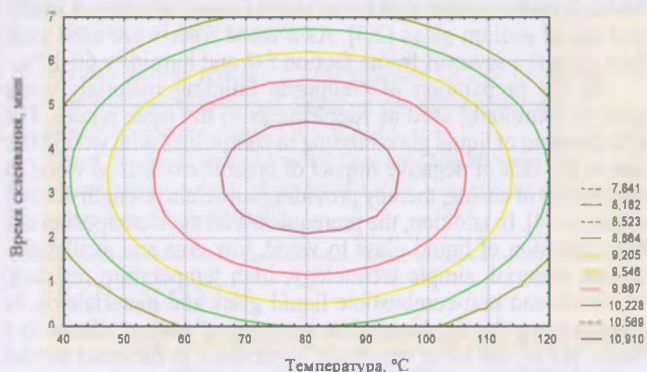


Рис. 2. Поверхность отклика для определения прочности

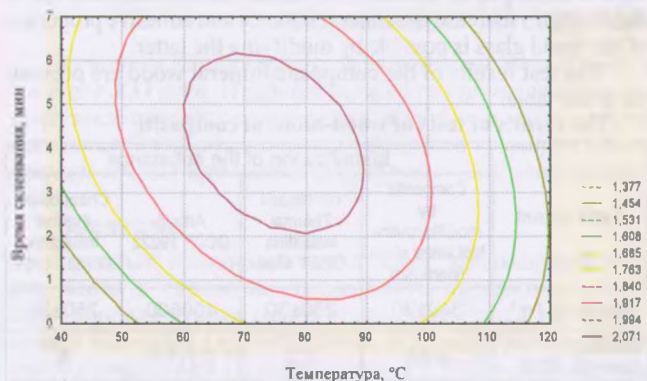


Рис. 3. Поверхность отклика для определения водостойкости

Проведенная проверка модели по критерию Фишера показала, что модель адекватна и уравнения регрессии составлены верно.

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

В результате анализа поверхности отклика (рис. 3) установлено, что оптимальным режимом склеивания древесины модифицированным ПВА-клеем для получения нормативного значения водостойкости (2 МПа) является

следующий: температура плит пресса – 80°C, продолжительность склеивания – 1,8 мин. При анализе поверхности отклика для определения прочности клеевого соединения (рис. 2) при температуре 80°C и продолжительности склеивания 1,8 мин прочность клеевого соединения составит порядка 10,6 МПа, что удовлетворяет требованиям методики проведения испытаний для группы нагрузки D3 (должно быть не менее 10 МПа).

Таким образом, технологический режим склеивания древесины ПВА-клеями, модифицированными высокодисперсными добавками имеет следующие параметры:

- температура плит пресса – 80°C;
- продолжительность склеивания – 1,8 мин;
- время открытой выдержки – 5 мин;
- расход клея – 200–250 г/м<sup>2</sup>;
- давление прессования – 1 МПа.

Для данного режима была проведена серия испытаний по определению прочности и водостойкости для группы нагрузки D3. Результаты испытаний представлены в табл. 4.

**Таблица 4**  
Результаты исследования модифицированных поливинилацетатных клеевых материалов для склеивания древесины

Состав клеевой композиции	Прочность клеевого соединения при продольном скалывании, МПа, при выдержке после склеивания		
	1 этап	2 этап	3 этап
Клей ДФ 51/15 ВП + 0,030% УНМ + 2,5% Na КМЦ	10,54	2,02	6,41
Клей ДФ51/15ВП + 0,063% аэросил + 2,5% Na КМЦ	10,84	2,17	6,86
Клей ДФ51/15ВП	9,45	0,44	5,20
Импортный клей	10,80	2,04	8,75

## Заключение

Результаты лабораторных испытаний показали, что разработанный технологический режим позволяет получить клеевые соединения сопоставимые по физико-механическим свойствам с группой нагрузки D3 по DIN EN 204.

По результатам проведенных исследований на основании полученного технологического режима был разработан технологический регламент склеивания: «Технологический регламент склеивания на изготовление клеевых мебельных щитов на основе модифицированных отечественных поливинилацетатных продуктов (ПВА клеев), который утвержден концерном «Беллесбумпром» в качестве рекомендуемой базы при разработке нормативной базы для мебельных и деревообрабатывающих предприятий (приказ № 124 от 15.05.2014 г.). С использованием разработанного технологического регламента на «Могилевдрев» осуществлен выпуск опытно-промышленной партии мебельных щитов для изготовления мебели, который подтвердил возможность промышленного применения представленной технологии.

## Литература

1. Хрулев, В.М. Прочность клеевых соединений: учеб. пособие / В.М. Хрулев. – М.: Стройиздат, 1973. – 84 с.
2. Денисов, С.В. Оптимизация технологических режимов склеивания фанеры модифицированными клеевыми композициями / С.В. Денисов, Д.С. Русаков // Труды Братского гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки. – 2005. – 2. – С. 54–60.
3. Классификация термoplastичных клеев для древесины для применения не в производстве конструкционного силового бруса: DIN EN 204-2001. – Введ. 01.05.2001. – CEN, 2001. – 5 с.
4. Клей неконструкционные для дерева. Определение прочности склеивания продольных склеек испытанием на разрыв: DIN EN 205-2003. – Введ. 21.11.2002. – CEN, 2003. – 10 с.

Поступила в редакцию 10.11.2015 г.