

doi: 10.5862/MCE.59.6

Стабилизация торцевой паркетной шашки с использованием эпоксидной смолы

Stabilizing parquet blocks with epoxy resin

Д-р техн. наук, профессор С.С. Глазков,
*Воронежский государственный архитектурно-
строительный университет, г. Воронеж,
Россия*

S.S. Glazkov,
*Voronezh State University of Architecture and Civil
Engineering, Voronezh, Russia*

Ключевые слова: древесина; кислотно-
основная теория; олигомер; модификация;
эпоксидная смола

Key words: wood materials; acid-base theory;
oligomer; modification; epoxy resin

Аннотация. Торцовый паркет и панели относятся к перспективной группе отделочных материалов из стабилизированной древесины, однако их широкому применению препятствует низкая формоустойчивость в условиях переменного-влажностных сред эксплуатации. Существующие решения по стабилизации торцевой шашки имеют ряд недостатков, в том числе, использование дефицитных или токсичных стабилизаторов. Поэтому в настоящей работе исследованы модифицирующие составы на основе эпоксидной смолы, которая обладает достаточной функциональностью для эффективного структурирования. Проанализированы капиллярно-пористые структуры различных пород древесины и выявлены закономерности, связанные со снижением пористости или удельного объема пустот в ряду сосна – береза – дуб. Установлены основные характеристики пропитывающих составов, которые свидетельствуют о высокой проникающей и структурирующей возможности эпоксидной смолы. Показано, что наряду с повышением прочностных показателей наблюдается последовательное снижение водопоглощения и разбухания с ростом содержания смолы в древесине. Методом тестовых жидкостей установлено, что отверждение эпоксидной смолы в присутствии гексаметилендиамина сопровождается уменьшением доли полярной компоненты в общей величине поверхностного натяжения. Выявлено проникновение молекул олигомера на уровень клетки древесины сосны, обеспечивающее высокий влагозащитный эффект. Полученные результаты свидетельствуют о перспективе использования эпоксидной смолы для модификации торцевого паркета и панелей, эксплуатация которых связана с переменной влажностью и высокими ударными нагрузками.

Abstract. While parquet blocks and panels from stabilized wood show much promise as finishing materials, their widespread use is limited by their low dimensional stability in variable-humidity environments. Existing solutions to stabilize the blocks have several disadvantages, including hard-to-find or toxic stabilizers. This is why this study discusses modifications of epoxy resin which has sufficient functionality for effective structuring. We analyzed the capillary-porous structure of different types of wood, and established the patterns associated with a reduction in the porosity or the specific volume of voids in pine, birch and oak. The basic characteristics of impregnating compositions indicating the high penetrative and structuring capabilities of epoxy resin have been discovered. It is shown that in addition to increasing the strength characteristics, there is a steady decline in water absorption and swelling with an increase in resin content in the wood. It has been found by the method of test fluids that curing the epoxy resin in the presence of hexamethylenediamine is accompanied by a decrease in the proportion of polar components in the total value of the surface tension. Oligomer molecules were shown to penetrate pine wood cells, providing a high moisture protection effect. The results suggest it is possible to use epoxy resin to modify parquet blocks and panels that would be used under variable humidity and high impact loads.

Ассортимент материалов для покрытий полов промышленных и гражданских помещений в настоящее время представлен широким разнообразием композиционных материалов [1–4], которые можно условно разделить на три большие группы. Первая, элитная, группа представлена напольными покрытиями из цельной древесины, где преобладают шпунтованная доска в основном хвойных пород, а также многочисленные виды продольного паркета, в основном из ценных твердых лиственных пород – дуб, бук, ясень и др. [5].

Glazkov S.S. Stabilizing parquet blocks with epoxy resin

Ко второй, наиболее представительной, группе относятся полимерные синтетические покрытия рулонного характера – многочисленные виды линолеума [6, 7], в основе которых лежит поливинилхлоридный полимер. Этот материал получил достаточно широкое применение для изготовления элементов отделки [8] как для внутреннего, так и для внешнего использования: различные сайдинговые покрытия, оконные конструкции и др. И, наконец, третья группа напольных покрытий – это, как правило, древеснополимерные композиционные материалы, к которым принадлежат спрессованные с использованием термореактивных смол продукты переработки древесины. В данном случае имеются в виду получившие в настоящее время признание и определенный сегмент на строительном рынке декорированные под ценные породы древесины различные типы ламината на основе МДФ – древесноволокнистой плиты средней плотности [9]. К этой перспективной группе можно отнести и торцовый паркет, использование которого требует применения разнообразных полимерных стабилизаторов формоустойчивости торцевой шашки в силу специфики торцевой поверхности, крайне восприимчивой к переменновлажностным условиям эксплуатации [2, 10]. Торцевой паркет изготавливают из различных пород древесины как хвойных, так и лиственных, в том числе ценных твердых пород.

Существует информация [2] о применении малоценной древесины быстрорастущей лиственной породы для получения торцевого паркета. Речь идет о березе, имеющей существенный сегмент в породном составе лесистой части Центрального и Центрально-Черноземного района России. Наряду с быстрорастущей березой авторы предлагают использовать тонкомерную древесину, образующуюся в качестве отходов в период рубок, ухода, а также на различных этапах переработки целевой древесины [2].

Использование малоценной березы, тонкомера и вторичного древесного сырья предъявляет повышенные требования к модификаторам-стабилизаторам древесины, позволяющих поднять уровень эксплуатационных показателей торцевого паркета из модифицированной древесины до конкурентного уровня на рынке паркета из целевой древесины, в том числе ценных пород [11].

Известно применение различных поливиниловых олигомеров на основе пипирилена, 4-винилциклогексен-1 и др. для стабилизации формоустойчивости шашки торцевого паркета [12, 13]. Достоинством данных соединений является способность проникать на клеточный уровень древесной заготовки, плотно закупоривая микрокапилляры. Однако низкая функциональность не обеспечивает необходимый уровень структуризации, в том числе с компонентами древесного вещества, который бы дал комплексный эффект повышения физико-механических свойств в сочетании с высоким показателем водостойкости [14, 15].

Добиваются высокой гидрофобизации древесины посредством обработки силоксановыми и капролактамовыми полимерами [16, 17], формированием поверхностных пленок из комплексов функциональных полимеров [18], а также химической модификацией, в частности акриловой кислотой [19, 20]. Однако необходимо отметить, что предлагаемые методы сопряжены с применением дефицитных, дорогостоящих и химически высокоагрессивных модификаторов, требующим высокотехнологичного оборудования, что существенно повышает стоимость конечного продукта.

Эпоксидные смолы (ЭС) нашли широкое применение в различных отраслях промышленности в качестве клеев, мастик, компаундов, наливных половых покрытий с беспылевым эффектом и др. [21]. В последнее время формируется область их использования, связанная с высокими проникающими возможностями олигомеров ЭС в пористые материалы с последующим структурированием под влиянием различных отвердителей и приданием конечному композиту уникальных эксплуатационных свойств [22–25].

В настоящей работе предпринята попытка исследования возможностей ЭС марки ЭД-20 для модификации торцевых шашечных элементов из древесины с целью придания конечному изделию повышенной формоустойчивости в средах с переменной влажностью. Формостабильность в случае древесины требует плотной упаковки олигомерных макромолекул в капиллярах клетки, ответственной за изменение размеров древесного образца в целом. На стадиях адсорбции и десорбции молекулы воды проникают на клеточный уровень, в основном через торцевую поверхность, по многочисленным водопроводящим капиллярам различного рода и благодаря высокой гидрофильности целлюлозной составляющей насыщают капилляры клеточной стенки, приводя к увеличению ее размеров [26]. Поэтому только плотная упаковка олигомера даже на клеточном уровне не способна придать древесному изделию достаточную формоустойчивость. Только олигомеры, содержащие реакционноспособные функциональные группы, которые допускают при определенных условиях реакции превращения, в том числе с функциональными группами древесинного вещества, обеспечивают образование единого структурированного,

сшитого комплекса олигомера и древесины на основе прочных ковалентных связей и повышение гидрофобных свойств получаемого древеснополимерного композита.

Экспериментальная часть

Эпоксидная смола (ЭС) марки ЭД–20 представляет собой вязкую жидкость светло-желтого цвета. В качестве отвердителя использовался гексаметилендиамин, представляющий собой низковязкую жидкость темно-коричневого цвета [27, 28].

Для снижения вязкости, поверхностного натяжения и повышения подвижности макромолекул олигомера смолу разбавляли ацетоном [29, 30].

Отвердитель вводился в количестве 10 об. частей на 100 об. части смолы [31]. Плотность растворов измерялась с помощью пикнометров, условная вязкость приготовленных пропиточных растворов – по вискозиметру ВЗ-246 со сменой насадок с соответствующим диаметром сопла (2, 4, 6 мм). Поверхностное натяжение определялось методом Де-Нуи, то есть тензиметрическим измерением усилия отрыва платинового кольца от поверхности жидкости. Краевой угол смачивания различных твердых поверхностей оценивался методом «сидячей» капли с помощью компьютерной обработки видеоизображения согласно приведенной ниже схеме установки (рис. 1) [32].

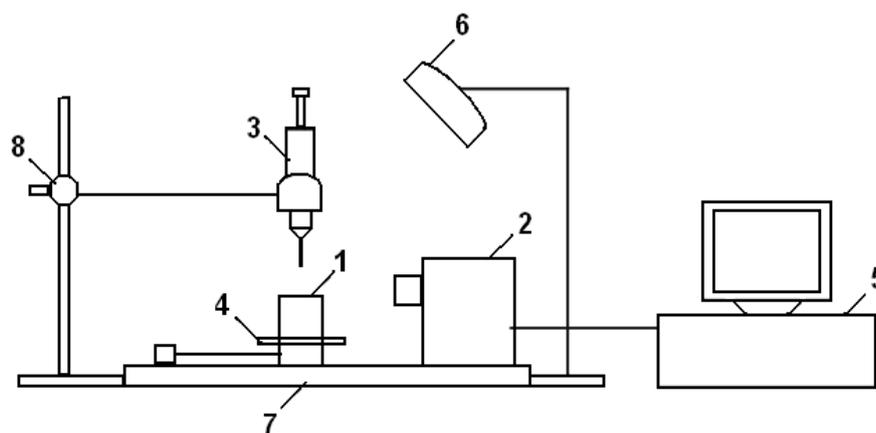


Рисунок 1. Установка для определения краевого угла смачивания: 1 – исследуемый образец; 2 – цифровая видеокамера; 3 – шприц-дозатор; 4 – подвижная платформа; 5 – компьютер; 6 – светильник; 7 – стационарная платформа; 8 – лабораторный штатив

Величины краевого угла смачивания (КУС) вычислялись с использованием программы обработки видеоизображения капли, учитывающей ее ширину и высоту и моделирующей в динамическом режиме соответствующие окружности и касательные в точке раздела трех фаз. По итогам обработки видеофайла был создан отчетный файл в формате Excel, в котором приведены величины КУС во времени с разностью в одну секунду [32].

Для модификации использовались образцы древесины сосны размерами 20 x 20 x 30 мм, которые предварительно выдерживались в термошкафу до постоянной массы и хранились в эксикаторе над хлористым кальцием.

Пропитка образцов древесины осуществлялась методом полного погружения в растворы ЭС с определенной концентрацией при комнатной температуре в течение заданного времени. Затем образцы сушили в вытяжном шкафу для удаления основной части растворителя и в завершение нагревали в термошкафу при $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 5...7 минут. Время определялось по изменению массы образца.

Образцы древесины с определенным содержанием ЭС подвергались испытаниям на показатели водостойкости и прочности согласно [26, 27].

Расчет компонентов свободной поверхностной энергии твердых тел производился в соответствии с методом VOG [33, 34] с использованием тестовых жидкостей, свойства которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Компоненты поверхностной энергии тестовых жидкостей [34]

Жидкости	σ , мДж/м ²	σ^{LW} , мДж/м ²	σ^{AB} , мДж/м ²	σ^+ , мДж/м ²	σ^- , мДж/м ²	σ^{AB}/σ , %
Вода	72,80	21,80	51,00	25,50	25,50	70,06
Дийодметан	50,80	50,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Формаимид	58,00	39,00	19,00	2,28	39,60	32,76

Обсуждение результатов исследования

На начальном этапе были исследованы некоторые свойства пропитывающих растворов с позиций проникающей способности в капиллярно-пористую матрицу древесины сосны, свойства которой в сравнении с древесиной березы и дуба приведены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики исходных пород древесины [26]

Порода	Плотность, кг/м ³	Пористость, %	Прочность на сжатие вдоль волокон, МПа	Удельный объем пустот, мл/г	W_{max}^* , %	Кoeff. разбухания, % на % влажности**			Твердость торцевая, Н/мм ²
						рад.	танг.	объем.	
Сосна	505	66,4	47	1,31	185	0,18	0,31	0,51	28,4
Береза	640	58,0	50	0,91	135	0,29	0,34	0,65	46,3
Дуб	690	54,9	53	0,80	116	0,20	0,30	0,52	65,5

* W_{max} – максимальная влажность древесины

**при влажности древесины 12 %; от радиального к тангенциальному направлению

Для приведенных пород можно отметить последовательное увеличение плотности, прочности на сжатие вдоль волокон, торцевой твердости, а также снижение пористости и удельного объема пустот в ряду сосна – береза – дуб. Данная закономерность позволяет предполагать, что анизотропность будет коррелировать в указанном ряду. Однако существенное влияние на морфологию оказывает химический состав (терпеновые смолы и дубильные вещества для сосны и дуба соответственно). Из таблицы 2 видно, что береза, лишенная отмеченных компонентов, обладает самым высоким коэффициентом разбухания во всех направлениях. Между тем, сосна обладает самой высокой пористостью, в том числе миофибриллярными пустотами клеточной стенки с размерами 5...10 мм, что предъявляет повышенные требования к проницаемости составов.

Установлено (рис. 2), что по мере разбавления ЭС ацетоном происходит последовательное снижение вязкости раствора, и уже при 45 %-м содержании ЭС условная вязкость по ВЗ-246 сравнима с вязкостью воды, для которой вязкость по ВЗ-4 и ВЗ-2 составляет 5 и 10 секунд соответственно. Плотность раствора в области низких концентраций ЭС ниже плотности растворителя, а после 5 % наблюдается последовательный рост. Данная закономерность характерна для растворов полимеров, особенно полярных, где проявляется высокое межмолекулярное взаимодействие, способствующее увеличению плотности упаковки между макромолекулами полимеров и олигомеров.

В интервале до 45 % ЭС отмечено повышение поверхностного натяжения (рис. 3, кривая 1), которое, тем не менее, остается меньше, чем для воды, более чем в 2 раза (вода – $72 \cdot 10^{-3}$ Н/м). Данные физические свойства пропитывающих растворов обеспечивают хорошее проникновение ЭС в пористую структуру древесины, которое подтверждается характером кривой 2 на графике рисунка 3. Содержание ЭС в древесине растет с 0 до 22 % в диапазоне концентрации раствора 5...45 % об. соответственно.

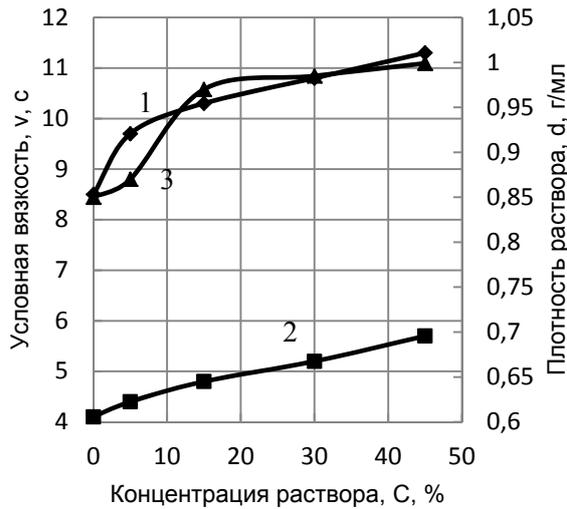


Рисунок 2. Зависимость условной вязкости от концентрации раствора:
 1 – вязкость по ВЗ-2; 2 – по ВЗ-4;
 3 – зависимость плотности раствора от концентрации раствора

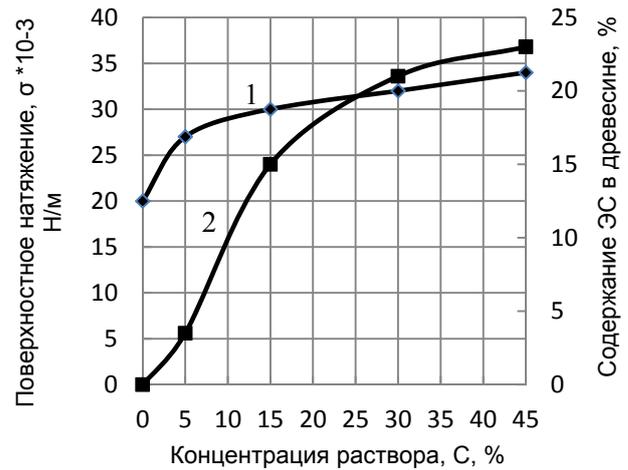


Рисунок 3. Зависимость поверхностного натяжения (σ) – 1 и содержания ЭС в древесине – 2 от концентрации пропитывающего раствора (С)

Для количественной оценки способности ЭС в процессе отверждения изменять гидрофильно-гидрофобные свойства использован метод Van-Oss-Good (VOG) – метод тестовых жидкостей [34]. Исследованные растворы ЭС наносились на стекло с отвердителем и без него. После удаления растворителя и отверждения смолы ее поверхность исследовалась тестовыми жидкостями (табл. 1) для определения КУС и расчета компонентов свободной поверхностной энергии (СПЭ): неполярной – Лившица – Ван-дер-Ваальсовой (σ^{LW}) – и двух полярных – кислотной (σ^+) и основной (σ^-), связанных между собой следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma^{LW} + \sigma^{AB} \\ \sigma^{AB} &= 2\sqrt{\sigma^+ \sigma^-} \\ \sigma &= \sigma^{LW} + 2\sqrt{\sigma^+ \sigma^-} \end{aligned} \tag{1}$$

Полученные величины КУС использовались при решении системы уравнений (2), и с помощью программы MathCad рассчитывались компоненты СПЭ, значения которых приведены в таблице 3.

$$\begin{aligned} \sigma_s^{LW} &= \frac{1}{4} \sigma_{пробная} (1 + \cos \theta_{пробная})^2 \\ \sigma_{l1} \cdot (1 + \cos \theta_1) &= (\sigma_s^{LW} \sigma_{l1}^{LW})^{1/2} + 2(\sigma_s^+ \sigma_{l1}^-)^{1/2} + 2(\sigma_s^- \sigma_{l1}^+)^{1/2} \\ \sigma_{l2} \cdot (1 + \cos \theta_2) &= (\sigma_s^{LW} \sigma_{l2}^{LW})^{1/2} + 2(\sigma_s^+ \sigma_{l2}^-)^{1/2} + 2(\sigma_s^- \sigma_{l2}^+)^{1/2} \end{aligned} \tag{2}$$

Как видно из таблицы 3, отверждение смолы с ростом ее содержания приводит к существенному снижению полярной составляющей σ^{AB} вплоть до нулевого значения за счет кислотной составляющей σ^+ . При этом как в исходной, так и в отвержденной смоле отмечено снижение кислотной и рост основной компоненты СПЭ. Исходя из химической природы отменено смолы, можно предположить, что носителем кислотных свойств поверхности является бисфенол, или дифенилолпропан, который в исходной смоле содержится в остаточных количествах. Если для смолы без отвердителя и, соответственно, без стадии отверждения кислотная компонента определяется при низком содержании смолы (тонкая пленка) в основном энергетикой подложки, – стекла – то при отверждении происходит, вероятно, связывание остаточного дифенилолпропана, что с ростом толщины пленки сопровождается полным исчерпанием кислотной и существенным увеличением основной компоненты (табл. 3). Наличие устойчивого роста основной компоненты для отверждаемой смолы можно связать с присутствием отвердителя (гексаметилендиамина),

содержащего аминные функциональные группы, обладающие основными свойствами. С увеличением концентрации смолы наблюдается увеличение доли неполярной – гидрофобной (Лившица – Ван-дер-Ваальсовой) – составляющей в энергетическом балансе поверхности. Отмеченная закономерность, связанная с гидрофобизацией отвержденной смолы и ее возможным взаимодействием с древесинным веществом, способна проявиться в достижении высоких показателей водостойкости модифицированных образцов.

Таблица 3. Составляющие СПЭ исходной и отвержденной ЭС

№ п/п	Подложка	КУС, °θ			СПЭ, мДж/м						
		ДМ	H ₂ O	ФА	σ^{LW}	σ^+	σ^-	σ^{AB}	σ	σ^{AB}/σ ; %	Примечания
К	Стекло	52	38	38	33.2	0.87	44.0	12.4	45.5	27.2	
1	5 %	56	52	47	30.9	0.78	31.6	10.0	40.9	24.4	Без отверд.
2	15 %	28	47	38	45.0	0.04	32.6	2.4	47.4	5.0	Без отверд.
3	45 %	32	47	38	43.4	0.11	32.5	3.8	47.2	8.1	Без отверд.
4	5 %	21	74	47	47.5	0.09	6.3	1.6	49.0	3.2	С отверд.
5	15 %	21	56	44	47.5	0	24.8	0	47.5	0	С отверд.
6	45 %	19	56	46	48.0	0	26.3	0	48.0	0	С отверд.

Это подтверждено результатами физико-механических испытаний модифицированных образцов древесины. Так, на рисунке 4 показано снижение показателей водопоглощения (кривая 1) и разбухания (кривая 2), в исследованном диапазоне концентраций 87...55 % и 72...33 % соответственно. Это позволяет говорить о повышении водостойкости и, соответственно, формостабильности модифицированных образцов более чем в два раза.

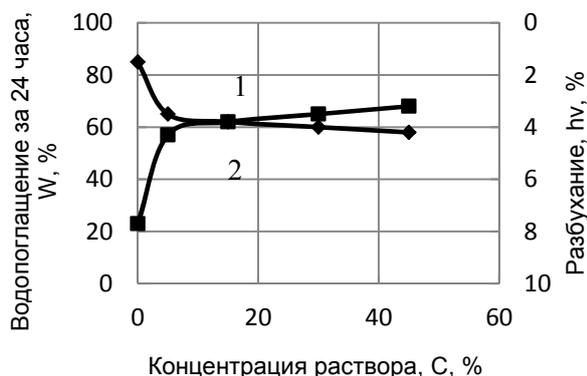


Рисунок 4. Зависимость водопоглощения за 24 часа (W_{24}) – 1 и разбухания за 24 часа (h_v) – 2 от концентрации раствора (C)

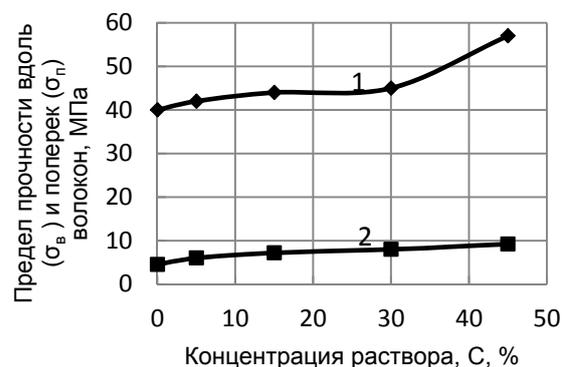


Рисунок 5. Зависимость предела прочности древесины вдоль волокон (σ_v) – 1 и поперек волокон (σ_p) – 2 от концентрации раствора (C)

Величины прочностных показателей, представленных на рисунке 5, изменяются в более широком интервале: от 5 до 15 % для показателя предела прочности вдоль волокон, и от 20 до 90 % – поперек волокон. В данном случае также наблюдается устойчивая тенденция к существенному улучшению физико-механических показателей.

При этом характер кривых в обоих случаях позволяет говорить о возможных потенциальных резервах ЭС, которые проявляются в некотором росте всех показателей симбатно с содержанием смолы в древесине в исследованном интервале концентраций. Однако увеличивать дальнейшее содержание ЭС нецелесообразно по экономическим причинам.

Расположение ЭС на уровне клетки представлено на рисунке 6. Снимок лазерного среза выполнен с помощью электронного микроскопа ESEM (USA).

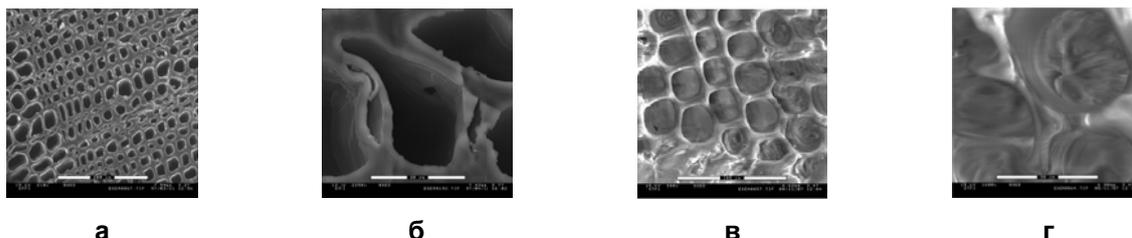


Рисунок 6. Электронные снимки расположения олигомера на клеточном уровне сосны: а – клетки сосны без олигомера (500×); б – клетки и межклеточный лигноцеллюлозный матрикс (1600×); в – клетки КМС с олигомером; г – олигомер в клетке и межклеточном лигноцеллюлозном матриксе

Как следует из рисунка 6, олигомер диановой смолы с молекулярной массой 1000...2000 способен проникать на клеточный уровень структуры древесины, плотно заполняя полость клетки, что способствует повышению характеристик водостойкости пропитанных образцов за счет уменьшения порового пространства и снижения доступа молекул воды к клеточной стенке.

Выводы

При исследовании эпоксидной смолы для модификации торцевых паркетных заготовок из сосны достигнуты следующие результаты.

1. Проанализированы капиллярно-пористые структуры различных пород древесины; выявлены закономерности, связанные со снижением пористости, или удельного объема пустот, в ряду сосна – береза – дуб.

2. Установлены основные реологические и проникающие свойства растворов ЭС в ацетоне, которые коррелируют с содержанием смолы в структуре древесины и физико-механическими свойствами композита.

3. Показано, что отверждение ЭС сопровождается гидрофобизацией ее поверхности с преобладанием основной компоненты СПЭ при увеличении концентрации смолы.

4. Выявлено последовательное снижение водопоглощения и разбухания модифицированных образцов сосны с ростом содержания ЭС в составе модифицированной древесины.

5. Полученный модифицирующий эффект от применения эпоксидной смолы позволяет говорить о целесообразности применения диановых смол для производства торцевого паркета и стеновых панелей для эксплуатации в условиях повышенных ударных нагрузок и переменной влажности, например, на участках тяжелого машиностроения, взлетно-посадочных полосах и т. д., где достойного конкурента для торцевой поверхности древесины практически нет.

Литература

1. Кербер М.Л. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии: учеб. пособие. СПб.: Профессия, 2008. 560 с.
2. Глазков С.С. Древесные композиционные материалы на основе вторичного сырья. Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 2002. 174 с.
3. Lepadatu A-M, Asaftei S., Vennemann N. Investigation of new composite materials based on activated EPDM rubber waste particles by liquid polymers // *Journal of Applied Polymer Science*. 2015. №132(25). 42097.
4. Scelsi L., Hodzic A., Soutis C., Hayes S.A., Rajendran S., AlMa'adeed M. A., Kahraman R. A review on composite materials based on recycled thermoplastics and glass fibres // *Plastics Rubber and Composites*. 2011. №3(40). Pp. 1–10.
5. Игнатович Л.В. Конструктивные и технологические особенности напольных покрытий: монография. Минск: БГТУ, 2011. 273 с.
6. Султанова Ш.Д. Стратегия развития нефтехимического кластера: монография. Нижнекамск: Нижнекамский

References

1. Kerber M.L. *Polimernyye kompozitsionnyye materialy. Struktura. Svoystva. Tekhnologii; ucheb. posobiye [Polymeric composite materials. Structure. Properties. Technologies: tutorial]*. Saint-Petersburg. Professiya. 2008. 560 p. (rus)
2. Glazkov S.S. *Drevesnyye kompozitsionnyye materialy na osnove vtorichnogo syrya [Wood composite recyclable materials]*. Voronezh. Izdatelstvo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. 2002. 174 p. (rus)
3. Lepadatu A-M, Asaftei S., Vennemann N. Investigation of new composite materials based on activated EPDM rubber waste particles by liquid polymers. *Journal of Applied Polymer Science*. 2015. No. 132(25). 42097.
4. Scelsi L., Hodzic A., Soutis C., Hayes S.A., Rajendran S., AlMa'adeed M.A., Kahraman R. A review on composite materials based on recycled thermoplastics and glass fibres. *Plastics Rubber and Composites*. 2011. No. 3(40). Pp. 1–10.
5. Ignatovich L.V. *Konstruktivnyye i tekhnologicheskiye osobennosti napolnykh pokrytiy: monografiya [Structural and technological features of floor covering: monograph]*.

- химико-технологический институт (филиал) КГТУ. 2011. 132 с.
7. Тенденции рынка линолеума [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stroyka.ru/Rynok/1479577/tendentsii-rynka-linoleuma/html>. (Дата обращения 18.02.2015)
 8. Симонов Е. В. Стелим пол сами: ламинат, линолеум, плитка. Санкт-Петербург: Питер, 2009. 192 с.
 9. Pernilla J. Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2012. №1(73). Pp. 23–32.
 10. Ашкенази Д.М. Анизотропия древесины и древесных материалов: учеб. пособие. М., 1978. 224 с.
 11. Stroytechmarket [Электронный ресурс]. URL: <http://stroytechmarket.ru/kollekcija-torcevogo-parketa.html> (Дата обращения 18.02.2015).
 12. Глазков С.С. Низкомолекулярные сополимеры на основе метакриловых мономеров и кубового остатка // *Бутлеровские сообщения*. 2010. Том 19. №3. С. 71–74.
 13. Глазков С.С. Хемосорбционные процессы при создании целлюлозосодержащих композитов // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2009. №1(9). С. 67–73.
 14. Глазков С.С. Физико-механические и энергетические характеристики модифицированной древесины березы // *Конденсированные среды и межфазные границы*. 2012. №2(14). С. 168–174.
 15. Глазков С.С., Рудаков О.Б. Реакционноспособные олигомеры и полимеры для модификации энергетического состояния поверхности контакта в композиционных материалах // *Бутлеровские сообщения*. 2011. №3(9). С. 71–74.
 16. Park Y., Ahn Y. Facile Fabrication of Polysiloxane Nanorods on Magnesium Surface in the Presence of 1,6-diphosphohexane to Obtain a Superhydrophobic Surface // *Bulletin of the Korean Chemical Society*. 2011. №32(11). Pp. 4063–4066.
 17. Buck M.E., Schwartz S. C., Lynn D. M. Superhydrophobic Thin Films Fabricated by Reactive Layer-by-Layer Assembly of Azlactone-Functionalized Polymers // *Chemistry of Materials*. 2010. №23(22). Pp. 6319–6327.
 18. Ermeydan M.A., Cabane E., Hass P., Koetz J., Burgert I. Fully biodegradable modification of wood for improvement of dimensional stability and water absorption properties by poly(epsilon-caprolactone) grafting into the cell walls // *Green Chemistry*. 2014. №4(16). Pp. 3313–3321.
 19. Kassale A., Barouni K., Bazzaoui M., Albourine A. Modification of Wood by Grafting of Carboxylic Acid Functions Using Acrylic Acid // *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*. 2015. №5(2). Pp. 1700–1710.
 20. Ou R., Wang Q., Wolcott M.P., Sui S., Xie Y., Song Y. Effects of Chemical Modification of Wood Flour on the Rheological Properties of High-Density Polyethylene Blends // *Journal of Applied Polymer Science*. 2014. №23(131). 41200.
 21. Чернин И.З., Смехов Ф.М., Жердев Ю.В. Эпоксидные полимеры и композиции: монография. М.: Химия, 1982. 232 с.
 22. Kukowka S., Langer E., Kuczynska H., Kaminska-Bach G. Self-stratifying coatings based on Schiff base epoxy resins // *Journal of Coatings Technology and Research*. 2014. №6(11). Pp. 865–872.
 23. Pan X., Webster D.C. Impact of Structure and Functionality of Core Polyol in Highly Functional Biobased Epoxy Resins // *Macromolecular Rapid Communications*. 2011. №32(17). Pp. 1324–1330.
 24. Sindu B.S., Sasmal S. Evaluation of mechanical characteristics of nano modified epoxy based polymers using molecular dynamics // *Computational Materials Science*. 2015. №1(96). Pp. 146–158.
 25. Jaillet F., Desroches M., Auvergne R., Boutevin B., Minsk. BG TU. 2011. 273 p. (rus)
 6. Sultanova Sh.D. *Strategiya razvitiya neftekhimicheskogo klastera: monografiya [Development strategy of petrochemical cluster: monograph]*. Nizhnekamsk: Nizhnekamskiy khimiko-tekhnologicheskii institut (branch) KGTU. 2011. 132 p. (rus)
 7. *Tendentsii rynka linoleum [Linoleum market trends]*. URL: <http://www.stroyka.ru/Rynok/1479577/tendentsii-rynka-linoleuma/html>. (accessed: 18.02.2015) (rus)
 8. Simonov Ye.V. *Stelim pol sami: laminat, linoleum, plitka [Lay floor ourselves: laminate, linoleum, tile]*. Saint-Petersburg: Piter. 2009. 192 p. (rus)
 9. Pernilla J. Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2012. No. 1(73). Pp. 23–32.
 10. Ashkenazi D.M. *Anizotropiya drevesiny i drevesnykh materialov; ucheb. posobiye [Wood materials anisotropy; tutorial]*. Moscow. 1978. 224 p. (rus)
 11. *Stroytechmarket [Building market]*. URL: <http://stroytechmarket.ru/kollekcija-torcevogo-parketa.html> (accessed: 18.02.2015) (rus)
 12. Glazkov S.S., Zharinov Yu.B., Rudakov O.B. *Nizkomolekulyarnyye sopolimery na osnove metakrilovykh monomerov i kubovogo ostatka [Low-molecular copolymer on basics of methacrylic monomer and cube rest]*. *Butlerovskiyee soobshcheniya*. 2010. No. 3(19). Pp. 71–74. (rus)
 13. Glazkov S.S., Rudakov O.B. *Khemosorbtsionnyye protsessy pri sozdanii tsellyulozosoderzhashchikh kompozitov [Chemisorbed processes under creation cellulose based composites]*. *Sorbtsionnyye i Khromatograficheskie Protsessy*. 2009. No. 1(9). Pp. 67–73. (rus)
 14. Glazkov S.S., Snycheva Ye.V., Albinskaya Yu.S., Rudakov O.B. *Fiziko-mekhanicheskiye i energeticheskiye kharakteristiki modifitsirovannoy drevesiny breezy [Physico-mathematical and energy characteristics of modified birch wood]*. *Kondensirovannyye sredy i mezhfaznyye granitsy*. 2012. No. 2(14). Pp. 168–174. (rus)
 15. Glazkov S.S., Rudakov O.B. *Reaktsionnosposobnyye oligomery i polimery dlya modifikatsii energeticheskogo sostoyaniya poverkhnosti kontakta v kompozitsionnykh materialakh [Reactive oligomers and polymers for energy state modify of contact area in composite material]*. *Butlerovskiyee soobshcheniya*. 2011. No. 3(19). Pp. 71–74. (rus)
 16. Park Y., Ahn Y. Facile Fabrication of Polysiloxane Nanorods on Magnesium Surface in the Presence of 1,6-diphosphohexane to Obtain a Superhydrophobic Surface. *Bulletin of the Korean Chemical Society*. 2011. No. 32(11). Pp. 4063–4066.
 17. Buck M.E., Schwartz S. C., Lynn D. M. Superhydrophobic Thin Films Fabricated by Reactive Layer-by-Layer Assembly of Azlactone-Functionalized Polymers. *Chemistry of Materials*. 2010. No. 23(22). Pp. 6319–6327.
 18. Ermeydan M.A., Cabane E., Hass P., Koetz J., Burgert I. Fully biodegradable modification of wood for improvement of dimensional stability and water absorption properties by poly(epsilon-caprolactone) grafting into the cell walls. *Green Chemistry*. 2014. No. 4(16). Pp. 3313–3321.
 19. Kassale A., K. Barouni K., Bazzaoui M., Albourine A. Modification of Wood by Grafting of Carboxylic Acid Functions Using Acrylic Acid. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*. 2015. No. 5(2). Pp. 1700–1710.
 20. Ou R., Wang Q., Wolcott M. P., Sui S., Xie Y., Song Y. Effects of Chemical Modification of Wood Flour on the Rheological Properties of High-Density Polyethylene Blends. *Journal of Applied Polymer Science*. 2014. No. 131. 41200.
 21. Chernin I.З., Smekhov F.M., Zherdev Yu.V. *Epoksidnyye*
- Глазков С.С. Стабилизация торцевой паркетной шашки с использованием эпоксидной смолы

- Caillol S. New biobased carboxylic acid hardeners for epoxy resins // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2013. №115(6). Pp. 698–708.
26. Дреvesиноведение и лесное товароведение: учеб. пособие. М.: МГУЛ, 2007. 351 с.
27. Кочнова З.А., Жаровнюк Е.С., Чалых А.Е. Эпоксидные смолы и отвердители: промышленные продукты. М.: ООО «Пэйнт-Медиа», 2006. 360 с.
28. Toldy A., Szolnoki B., Csontos I., Marosi G. Green Synthesis and Characterization of Phosphorus Flame Retardant Crosslinking Agents for Epoxy Resins // *Journal of Applied Polymer Science*. 2014. №131(7). 40105.
29. Wan J., Bu Z-Y, Xu C-J, Li B-G, Fan H. Learning about novel amine-adduct curing agents for epoxy resins: Butylglycidylether-modified poly(propyleneimine) dendrimers // *Thermochimica Acta*. 2011. №1(2). Pp. 72–82.
30. Ashori A., Behzad H. M., Tarmian A. Effects of chemical preservative treatments on durability of wood flour/HDPE composites // *Composites Part B Engineering*. 2013. №47(4). Pp. 308–313.
31. Глазков С.С. Влияние анизотропии материала на краевой угол смачивания и энергетические характеристики поверхности древесины // Конденсированные среды и межфазные границы. 2014. №1(16). С. 11–16.
32. Guettler B.E., Moresoli C, Simon L. C. Contact angle and surface energy analysis of soy materials subjected to potassium permanganate and autoclave treatment // *Industrial Crops and Products*. 2013. №50(10). Pp. 219–226.
33. Good R. J. Contact angle, wetting, and adhesion: a critical review // *Contact Angle, Wettability and Adhesion*. 1993. Pp. 3–36.
- polimery i kompozitsii: monografiya [Epoxy polymers and compositions: monograph]*. Moscow. Khimiya. 1982. 232 p. (rus)
22. Kukowka S., Langer E., Kuczynska H., Kaminska-Bach G. Self-stratifying coatings based on Schiff base epoxy resins. *Journal of Coatings Technology and Research*. 2014. No. 6(11). Pp. 865–872.
23. Pan X., Webster D.C. Impact of Structure and Functionality of Core Polyol in Highly Functional Biobased Epoxy Resins. *Macromolecular Rapid Communications*. 2011. No. 32(17). Pp. 1324–1330.
24. Sindu B.S., Sasml S. Evaluation of mechanical characteristics of nano modified epoxy based polymers using molecular dynamics. *Computational Materials Science*. 2015. No. 1(96). Pp. 146–158.
25. Jaillot F., Desroches M., Auvergne R., Boutevin B., Caillol S. New biobased carboxylic acid hardeners for epoxy resins. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2013. No. 115(6). Pp. 698–708.
26. *Drevesinovedeniye i lesnoye tovarovedeniye: ucheb. posobiye [Wood science and forest merchandising: tutorial]*. Moscow. MGUL. 2007. 351 p. (rus)
27. Kochnova Z.A., Zharovnyuk Ye.S., Chalykh A.Ye. *Epoksidnyye smoly i otverditeli: promyshlennyye produkty [Epoxy resins and hardeners: industrial products]*. Moscow. Peynt-Media. 2006. 360 p. (rus)
28. Toldy A., Szolnoki B., Csontos I., Marosi G. Green Synthesis and Characterization of Phosphorus Flame Retardant Crosslinking Agents for Epoxy Resins. *Journal of Applied Polymer Science*. 2014. No. 131(7). 40105.
29. Wan J., Bu Z-Y, Xu C-J, Li B-G, Fan H. Learning about novel amine-adduct curing agents for epoxy resins: Butylglycidylether-modified poly(propyleneimine) dendrimers. *Thermochimica Acta*. 2011. No. 1(2). Pp. 72–82.
30. Ashori A., Behzad H.M., Tarmian A. Effects of chemical preservative treatments on durability of wood flour/HDPE composites. *Composites Part B Engineering*. 2013. No. 47(4). Pp. 308–313.
31. Glazkov S.S. Vliyaniye anizotropii materiala na krayevoy ugol smachivaniya i energeticheskiye kharakteristiki poverkhnosti drevesiny [Influence of material anisotropy on wetting contact angle and energy characteristics of surface wood]. *Kondensirovannyye sredy i mezhfaznyye granitsy*. 2014. No. 1(16). Pp. 11–16. (rus)
32. Guettler B.E., Moresoli C, Simon L.C. Contact angle and surface energy analysis of soy materials subjected to potassium permanganate and autoclave treatment. *Industrial Crops and Products*. 2013. No. 50(10). Pp. 219–226.
33. Good R.J. Contact angle, wetting, and adhesion: a critical review. *Contact Angle, Wettability and Adhesion*. 1993. Pp. 3–36.

Сергей Сергеевич Глазков,
+7(473)2903978; эл. почта: glackov@mail.ru

Sergey S. Glazkov,
+7(473)2903978; glackov@mail.ru

© Глазков С.С., 2015