



Научная статья

2.6.17 – Материаловедение (технические науки)

2.6.11 – Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов (технические науки)
УДК 678.027.776 (043.2)

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.037



ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА

Хапёрских Снежана Александровна¹, Ананьева Елена Сергеевна²,
Собачкин Алексей Викторович³,

^{1, 2, 3} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ snezhana_v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2204-3469>

² eleana2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5768-3912>

³ sobalvi@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9159-1122>

Аннотация. В статье исследован показатель шероховатости поверхности древесно-волоконного материала на основе шпона дуба. Для сравнительной характеристики показателей использованы образцы стандартного и модифицированного шпона раствором низковязкого эластомера с использованием этиленпропилендиенового каучука, растворенного в ароматическом углеводороде – тетрахлорметане. Проведены исследования показателя шероховатости поверхности стандартного и модифицированного шпона согласно ГОСТ 7016-2013 с использованием оптического профилометра. Качественно проанализированы профилограммы образцов, результатом чего выявлена неоднородная сегментация поверхности шпона, что обусловлено природой материала и его строением. Анализ полученных значений по шероховатости проведен по среднему арифметическому отклонению профиля (R_a). Результатом статистической обработки полученных данных является незначительное снижение показателя шероховатости (~5 %) модифицированного образца относительно исходного, что указывает на отсутствие влияния пропитки на основе эластомера определенной концентрации на будущие адгезионные свойства ДВК при склеивании пакета.

Ключевые слова: шероховатость, древесно-волоконный материал, композит, ДВК, шпон, эластомер, этиленпропилендиеновый каучук.

Для цитирования: Хапёрских С. А., Ананьева Е. С., Собачкин А. В. Исследование шероховатости поверхности древесно-волоконного композита // Ползуновский вестник. 2025. № 2, С. 237–243. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.037. EDN: <https://elibrary.ru/BIDCVP>.

Original article

INVESTIGATION OF SURFACE ROUGHNESS OF A WOOD-FIBER COMPOSITE

Snezhana A. Khaperskikh¹, Elena S. Anan'eva², Alexey V. Sobachkin³

^{1, 2, 3} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ snezhana_v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2204-3469>

² eleana2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5768-3912>

³ sobalvi@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9159-1122>

Abstract. The article examines the surface roughness index of wood-fiber material based on oak veneer. For comparative characteristics of the indicators, samples of standard and modified veneer with a solution of low-viscosity elastomer using ethylene propylene diene rubber dissolved in an aromatic hydrocarbon, carbon tetrachloride, were used. Studies of the surface roughness index of standard and modified veneer according to GOST 7016-2013 using an optical profilometer have been carried out. Profilograms of the samples were qualitatively analyzed, as a result of which heterogeneous segmentation of the veneer surface was revealed, due to the nature of the material and its structure. The analysis of the obtained roughness values was carried out using the arithmetic mean and deviation of the profile (R_a). The result of the statistical processing of the obtained data is a slight decrease in the surface roughness indicator (~5 %) of the modified sample relative to the original one, which indicates the absence of the influence of the impregnation based on the elastomer of a certain concentration on the future adhesive properties of the DVC when gluing the package.

Keywords: roughness, wood-fiber material, composite, fiberboard, veneer, elastomer, ethylene propylene diene rubber.

For citation: Haperskikh, S. A., Anan'eva, E. S. & Sobachkin, A. V. (2025). Investigation of surface roughness of a wood-fiber composite. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 237-243. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.02.037. EDN: <https://elibrary.ru/BIDCVP>.

© Хапёрских С. А., Ананьева Е. С., Собачкин А. В., 2025

ВВЕДЕНИЕ

Шероховатость поверхности древесины, наряду с водопоглощением, является одним из критериев оценки надежности клеевого соединения. Она оказывает непосредственное влияние на большинство стадий технологического процесса производства ДВК, на расход клея или лака, а также на качество поверхности при склеивании шпона.

Большая часть исследований свидетельствует о том, что наличие неровностей на поверхности склеиваемых поверхностей напрямую влияет на прочностные свойства древесины. Наличие пор на поверхности обеспечивает способность к смачиванию клеем. Вместе с тем, рост шероховатости поверхности шпона может снизить адгезионную прочность композита. Помимо снижения прочностных свойств у композита может наблюдаться недостаточная толщина клеевого слоя, снижение площади контакта между поверхностями и увеличенный расход клея.

При использовании авторами эластомера в качестве модификатора поверхности древесины была доказана его эффективность в снижении водопоглощения [1] и его влияния на прочностные свойства древесно-волокнутого композита [2]. Необходимо проанализировать шероховатость поверхности анализируемого шпона и оценить влияние пропитки на исследуемые свойства с целью возможности применения модифицированного шпона в производстве.

Анализ литературы [3,4,5,6,8] показал, что для определения шероховатости поверхности и использования ее в дальнейшем при склеивании авторы имеют различные мнения. Одни из них рекомендуют использование древесины с высоким уровнем шероховатости [6], при условии наличия деформации неровностей при прессовании пакета; другие [4,5,8] – наоборот о необходимости снижения шероховатости, для получения высокой прочности склеивания.

Исследование изменения параметров шероховатости поверхности древесины дуба до и после модификации регламентируется стандартом ГОСТ 7016-2013 [3], который устанавливает номенклатуру параметров шероховатости поверхности, их числовые значения и общие указания по нормированию. Сущность метода заключается в определении числовых значений высотных и шаговых параметров неровностей и наличием (отсутствием) ворсистой на обработанных поверхностях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами для проведения исследований являлись образцы шпона дуба. Проведено исследование изменения параметров шероховатости поверхности древесины дуба до и после модификации на оптическом профилометре Veeco Wyko NT 9080. В работе представлены два типа образца (до и после модификации) с пятью замерами. Результаты определения шероховатости представлены на рисунках 2-3 (увеличение $\times 20$ крат, метод вертикального сканирования VSI).

Шероховатость поверхности древесины характеризуется числовыми значениями высотных и шаговых параметров неровностей (рисок, неровностей разрушения, неровностей упругого восстановления, кинематической волнистости, а также структурных неровностей поверхности плит, спрессованных из древесных частиц) и наличием или отсутствием ворсистой и мшистости на обработанных поверхностях.

Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться путем указания параметра шероховатости (одного или нескольких) из номенклатуры: Rm_{max} – среднее арифметическое высот отдельных наибольших неровностей; Rm – высота неровностей профиля; Rz – высота неровностей профиля по десяти точкам; Rp , Rk , Rv – высота неровностей; Ra – среднее арифметическое отклонение профиля [3].

С целью исследования шероховатости поверхности древесины дуба, были проанализированы значения показателя среднего арифметического отклонения профиля (Ra) по формуле:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad (1)$$

где y_i – отклонение профиля от средней линии профиля; n – количество измеренных отклонений от средней линии профиля.

Среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины можно определить исходя из рисунка 1.

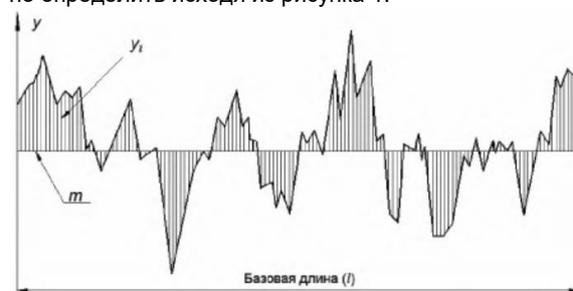


Рисунок 1 – Определение среднего арифметического отклонения профиля Ra [1]

Figure 1 – Determination of the arithmetic mean deviation of the Ra profile

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проблема шероховатости актуальна для древесно-волокнутого композиционных материалов. Снимки, полученные с оптического профилометра, образцов до и после модификации поверхности раствором эластомера представлены на рисунках 2-3.

Анализируя качественно рисунок 2, образцов до модификации, стоит отметить, что цифровой анализ поверхности позволил провести сегментацию изображений. В результате чего, было выявлено неоднородная сегментация в различных частях образцов (в рамках одного образца). Данный факт препятствует получению качественного анализа шероховатости поверхности древесины, что обусловлено природой материала и ортотропностью в его строении. Кроме показателя шероховатости, ортотропность предопределяет получение конечных физико-механических и эксплуатационных показателей, значительно отличающихся друг от друга в рамках одной выборки.

Анализируя особенности рельефа шпона дуба, на рисунках до и после модификации поверхности эластомером, существует возможность оценить перепады высот и выявить особенности данной структуры, на которые необходимо будет обратить внимание при проведении исследований другими методами. Несмотря на то, что внешний вид образцов идентичен друг другу, первичный анализ изображений поверхности древесины дуба показал различие в рельефе поверхности, что является следствием различий в самой структуре исходного материала, неоднородности строения в виду его органического проис-

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА

хождения и способа получения шпона при его производстве, а также условий хранения. Было обнаружено присутствие неровностей различного уровня, что позволило определить положение различных фрагментов структуры относительно друг друга, в том числе перепад высот между уровнем подложки и минимальным уровнем области маркировки.

Анализируя поверхность модифицированного образца древесины со стандартным образцом до модификации, можно увидеть наличие существенных однородных участков поверхности обработанного образца, результатом чего является описание показателей шероховатости поверхности по замерам и значения R_a , представленных в таблице 1.

Далее построим доверительный интервал для математического ожидания шероховатости поверхности.

Уровень значимости $\alpha = 0,1$. Коэффициент Стьюдента имеет значение 2,77. Исходя из этого доверительный интервал:

- для стандартного образца имеет значение:

$$24,40 - 2,77 \cdot \frac{10,07}{\sqrt{5}} < M_x < 24,40 + 2,77 \cdot \frac{10,07}{\sqrt{5}}$$

$$11,93 < M_x < 36,88, [\text{мкм}]$$

т.е. доверительный интервал для стандартного образца составит: $24,40 \pm 12,47$ мкм.

- для модифицированного образца:

$$25,50 - 2,77 \cdot \frac{7,58}{\sqrt{5}} < M_x < 25,50 + 2,77 \cdot \frac{7,58}{\sqrt{5}}$$

$$16,11 < M_x < 34,89 [\text{мкм}].$$

таким образом полученные данные свидетельствуют о том, что доверительный интервал для модифицированного образца составит: $25,50 \pm 9,39$ мкм.

Проведем проверку на наличие в выборке грубых погрешностей (по критерию Смирнова либо по критерию Диксона). В случае наличия грубых погрешностей исключим их из расчета, пересчитав значения.

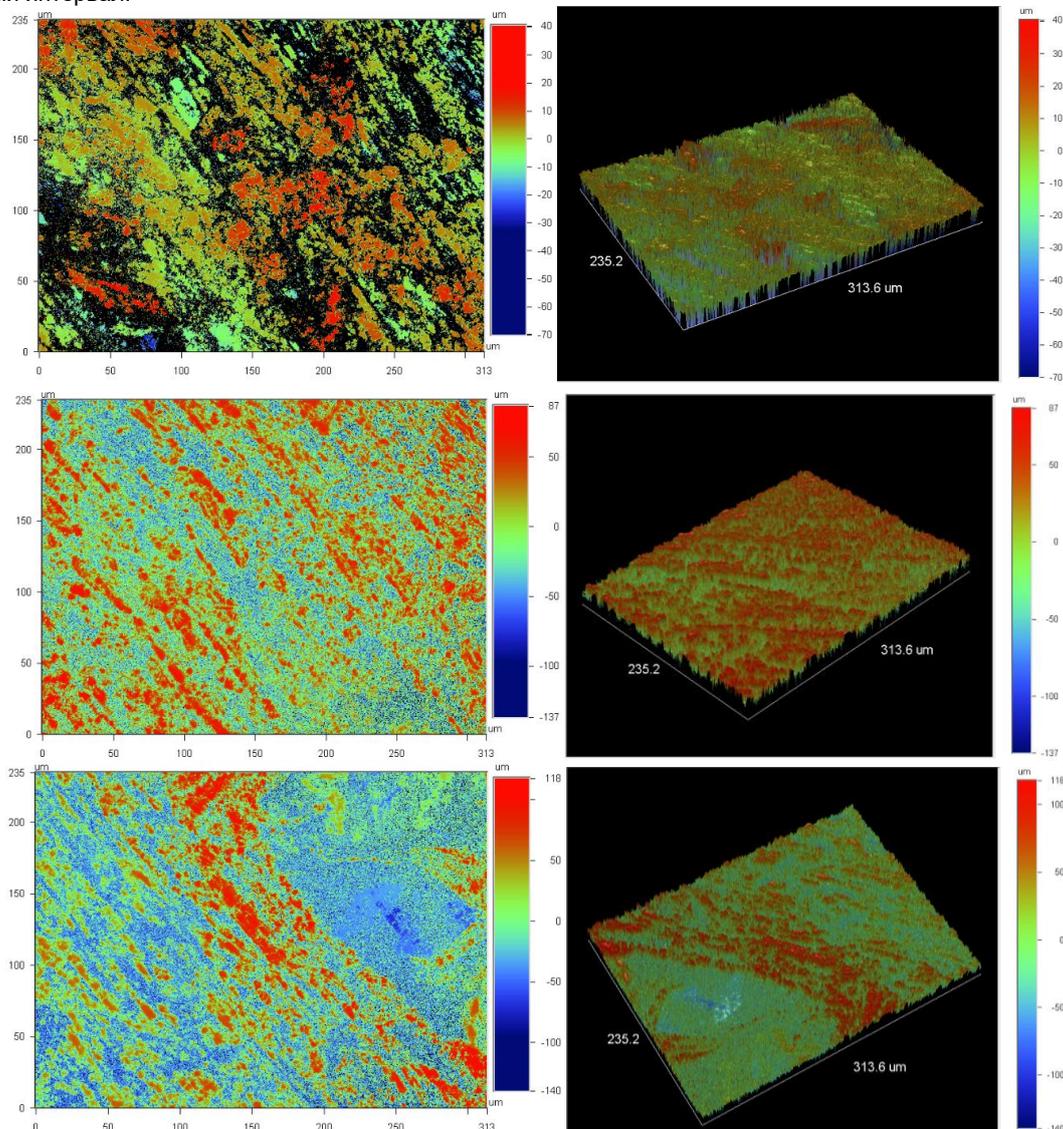


Рисунок 2 – Профилограмма профиля поверхности образца древесины дуба до модификации ($\times 20$): а) 2D-изображение; б) трехмерный график поверхности

Figure 2 – Profilogram of the surface profile of an oak wood sample before modification ($\times 20$): a) 2D image; b) three-dimensional graph of the surface

Проанализируем полученные данные у стандартного образца.

Разместим значение Ra в порядке возрастания, мкм: 7,11; 25,54; 27,77; 28,34; 33,26.

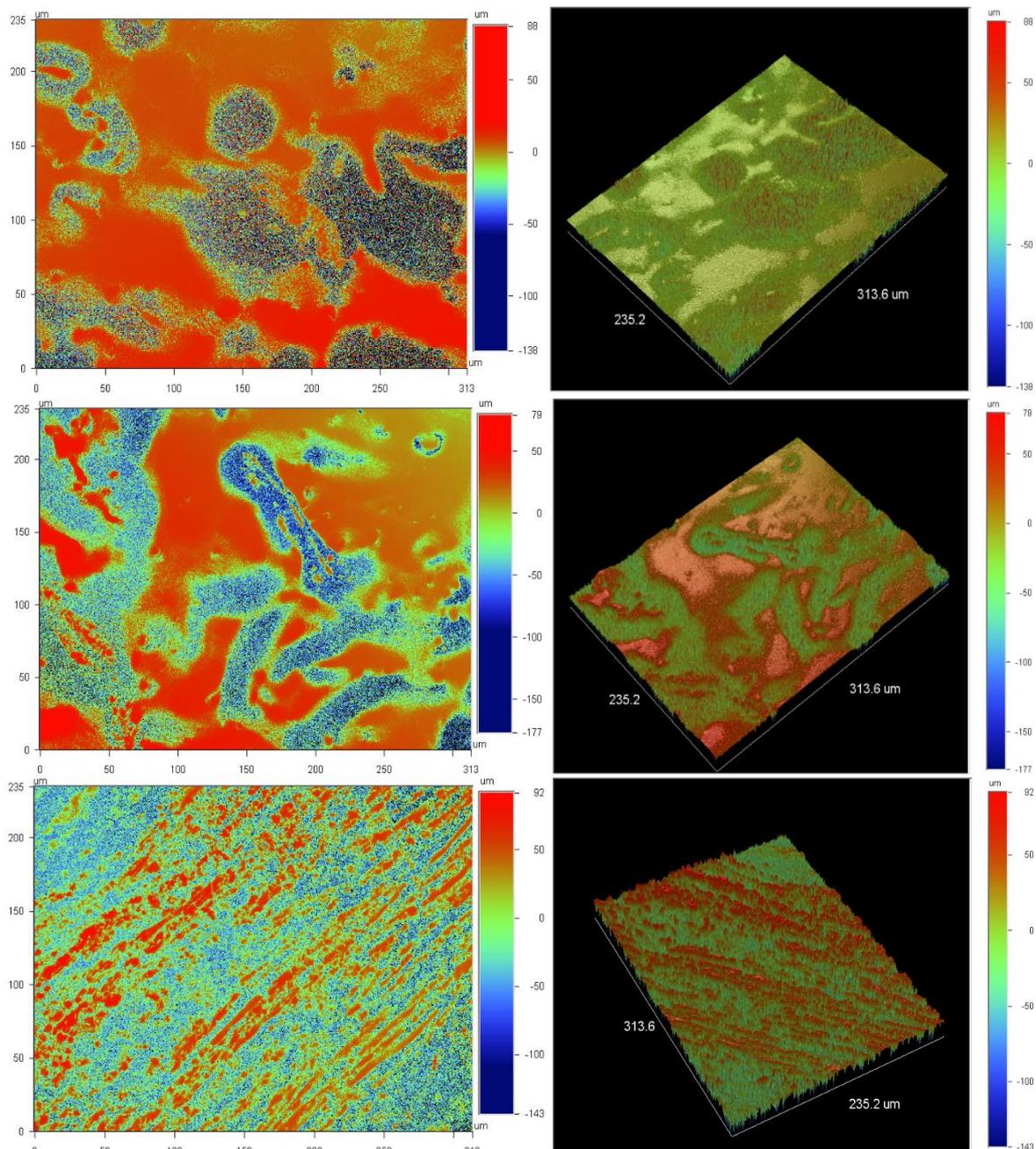


Рисунок 3 – Профилограмма профиля поверхности модифицированного образца древесины дуба (×20): а) 2D-изображение; б) трехмерный график поверхности

Figure 3 – Figure 3 – Profilogram of the surface profile of a modified oak wood sample (×20): a) 2D image; b) three-dimensional graph of the surface

Алгоритм:

- 1) H_0 – нет аномальных значений;
- 2) H_1^1 – грубая ошибка 7,11
 H_1^2 – грубая ошибка 33,26;
- 3) Выбираем критерий Диксона
- 4) т.е. $r_{10(1)} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} = \frac{25.54 - 7.11}{33.26 - 7.11} = 0,704$.
т.е. $r_{10(5)} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} = \frac{33.26 - 28.34}{33.26 - 7.11} = 0,188$.

- 5) уровень значимости $\alpha = 0,1$;
- 6) табличное значение критерия Диксона при $r_{10} = 0,557$.

то есть $r_{10(1)} > (r_{10})_{0,1;5}$;
 $0,704 > 0,557$.

А показатель $r_{10(2)} < (r_{10})_{0,1;5}$; $0,188 < 0,557$.

- 7) 7,11 – грубая ошибка по критерию Диксона с вероятностью 90 %.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА

Таким образом, значение показателя $Ra = 7,11$ необходимо исключить из выборки и пересчитать значения – данные представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Обработка параметров шероховатости поверхности древесины дуба до и после модификации

Table 1 – Processing of oak wood surface roughness parameters before and after modification

№ замера	Значение Ra у образца, мкм	
	стандартного	модифицированного
1	7,11	13,27
2	27,77	30,97
3	25,54	26,80
4	28,34	24,14
5	33,26	32,34
среднее арифметическое	24,40	25,50
выборочная дисперсия	101,41	57,45
выборочное среднеквадратичное отклонение	10,07	7,58
коэффициент вариации	41,26	29,72

Проанализируем модифицированный образец.

Разместим значения Ra в порядке возрастания, мкм:

13,27; 24,14; 26,8; 30,97; 32,34.

Алгоритм:

1) H_0 – нет аномальных значений;

2) H_1^1 – грубая ошибка 13,27;

H_1^2 – грубая ошибка 32,34;

3) Выбираем критерий Диксона

4) т.е. $r_{10(1)} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} = \frac{24,14 - 13,27}{32,34 - 13,27} = 0,570$.

т.е. $r_{10(5)} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} = \frac{32,34 - 30,97}{32,34 - 13,27} = 0,072$.

5) уровень значимости $\alpha = 0,1$;

6) табличное значение критерия Диксона при $r_{10} = 0,557$.

то есть $r_{10(1)} > (r_{10})_{0,1;5}$;

$0,570 > 0,557$.

А показатель $r_{10(2)} < (r_{10})_{0,1;5}$; $0,072 < 0,557$.

7) 13,27 – грубая ошибка по критерию Диксона с вероятностью 90 %.

Таким образом, значение показателя $Ra = 13,27$ необходимо исключить из выборки и пересчитать значения – данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Обработка параметров шероховатости поверхности древесины дуба до и после модификации

Table 2 – Processing of oak wood surface roughness parameters before and after modification

№ замера	Значение Ra у образца, мкм	
	стандартного	модифицированного
1	-	-
2	27,77	30,97
3	25,54	26,8
4	28,34	24,14
5	33,26	32,34
среднее арифметическое	28,73	28,56
выборочная дисперсия	10,59	14,24
выборочное среднеквадратичное отклонение	3,25	3,77
коэффициент вариации	11,33	13,21

Из выборки исключены у стандартного и у модифицированного образцов замеры № 1, которые по критерию Диксона являются грубыми ошибками. В результате чего был произведен перерасчет статистических показателей, конечные результаты которых представлены в таблице 2, а графическая интерпретация показателя Ra представлена на рисунке 4.

Так, исключив первый замер у стандартного образца, значение среднего арифметического изменилось с 24,40 до 28,73 мкм., выборочная дисперсия с 101,41 до 10,59, а доверительный интервал для стандартного образца составил: $28,73 \pm 4,51$ мкм. Для модифицированного образца: среднее арифметическое изменилось с 25,50 до 28,56 мкм, выборочная дисперсия с 57,45 до 14,24, а доверительный интервал для модифицированного образца составил: $28,56 \pm 5,23$ мкм.

Анализируя рисунок 4, стоит отметить, что различие в показателе шероховатости по Ra составляет около 5 %. Данный факт может свидетельствовать о незначительном снижении шероховатости поверхности в рамках выборки, либо является погрешностью измерений.

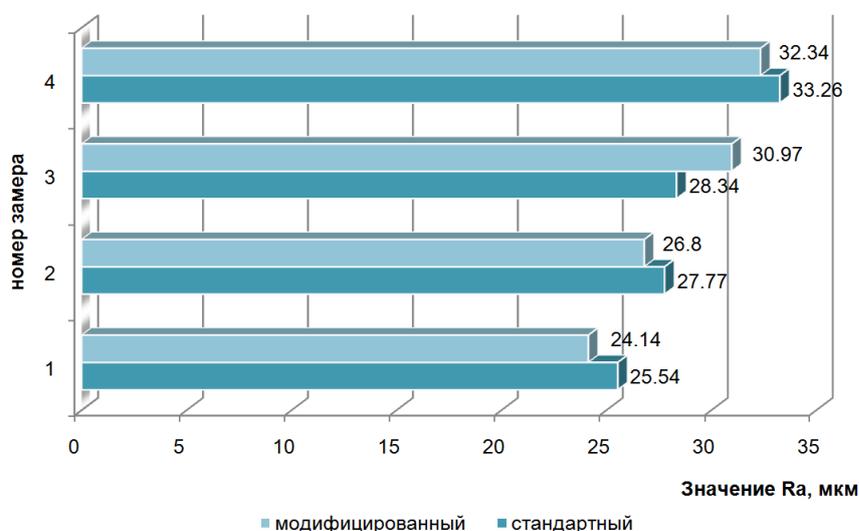


Рисунок 4 – Сравнительная характеристика показателя шероховатости поверхности Ra образца из древесины дуба до и после модификации

ОБСУЖДЕНИЕ

Порода древесины имеет различные цвета, строение, прочность и свои особенности в обработке и отделке. Эксплуатационные свойства слоистых клееных древесно-волоконистых материалов зависят не только от точности изготовления деталей, но и от шероховатости склеиваемых поверхностей. На прочностные свойства склеиваемых поверхностей оказывает влияние наличие неровностей в виде перерезанных волокон, открытых пор, недеформированных клеток и ворсистости.

Вместе с тем, необходимым условием адгезии клея к древесине являются: жидкое состояние клея и способность к смачиванию, заполнению пор поверхности, а также допустимый уровень шероховатости.

С ростом шероховатости поверхности прочность склеивания снижается, потому как при сближении поверхностей в контакт с клеем, в первую очередь, идут неровности, которые под давлением прессования пакета внедряются в клеевую прослойку и вытесняют часть клеевой композиции во впадины. С ростом шероховатости возрастает глубина впадин и пустот. При одних и тех же условиях прессования клеевой слой будет иметь недостаточную толщину, что уменьшит площадь контакта между поверхностями. Поэтому сохранение оптимального значения шероховатости поверхности древесины играет значительную роль при производстве ДВК. Высокая шероховатость оказывает пагубное влияние на склеивание.

Экспериментально полученные данные по шероховатости свидетельствуют о том, что низковязкий раствор эластомера на основе этиленпропилендиенового каучука с использованием растворителя тетрагидрофурана, пропитанных образцов шпона древесины дуба, не влияет на качество поверхностей при их склеивании. Иными словами, пропитка не изменяет шероховатости поверхности, что является важным показателем для древесно-волоконистого материала при дальнейшем склеивании пакета. В целом, наблюдается незначительное снижение шероховатости, что в свою очередь, при производстве ДВК не увеличит расход клея и не отразится на характере взаимодействия системы «подложка – субстрат – подложка».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно ГОСТ 7016-2013 проведено исследование поверхности шпона дуба по определению шероховатости образцов до и после модификации эластомером на основе этиленпропилендиенового каучука и растворителя.

Были изготовлены и исследованы образцы древесины дуба, пропитанные жидким эластомером на основе ЭПДМ-каучука.

Исследование проведено на оптическом профилометре Veeco Wyko NT 9080, результатом исследования стали полученные профилограммы с неоднородной сегментацией в различных частях поверхности образцов древесины.

Анализ структуры материала выявил различия в рельефе поверхности: наличие выступов и углублений, открытых пор и перерезанных волокон, либриформа и прочих элементов структуры.

Обработка поверхности шпона эластомером позволила получить более однородные по высоте участки, о чем свидетельствует показатель среднего арифметического отклонения профиля (Ra). Его величина на стандартном образце составила 28,73 мкм,

а у модифицированного – 28,56 мкм., что составило снижение показателя среднего арифметического отклонения профиля Ra всего на 0,6 %.

Проведенное исследование шероховатости поверхности образцов, выявило незначительное снижение показателя Ra. Эксперимент подтверждает эффективность пропитки эластомером на примере шпона дуба при сохранении оптимальных параметров шероховатости поверхности.

Кроме того установлено, что шероховатость можно и нужно рассматривать как параметр качества, определяющий надежность технологического процесса производства композиционных материалов из древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Хапёрских С.А. Влияние модифицирующих составов на водопоглощение шпона / С.А. Хапёрских, Е.А. Головина // Ползуновский вестник 2019 №3 С. 117-121. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.03.021 - ISSN: 2072-8921. [Электронный ресурс] URL: http://elib.altstu.ru/journals/Files/archive/pv/2019/PV_3_2019.pdf (дата обращения: 06.05.2025).
- Хапёрских С.А. Модификация шпона инженерной доски эластомером с целью повышения ее эксплуатационных свойств / С.А. Хапёрских, Е.А. Головина // Труды XIV Международной научной школы-конференции «Фундаментальное и прикладное материаловедение» / под ред. В.Б. Маркина; Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2017. С. 125-130. [Электронный ресурс] URL: <http://elib.altstu.ru/dissert/conferenc/2017/09-09.pdf> (дата обращения: 06.05.2025).
- ГОСТ 7016-2013 «Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности».
- Budhe, С., Гуматкар, А., Бирадждар, Н. и др. Влияние шероховатости поверхности при использовании различных материалов для склеивания на прочность клеевого соединения. *ApplAdhesSci*3, 20 (2015). <https://doi.org/10.1186/s40563-015-0050-4>.
- Шероховатость и пористость [Электронный ресурс] URL: <http://www.technologywood.ru/skleivanie-drevesiny/sherohovatost-i-poristost.html> (дата обращения: 24.03.2025).
- К вопросу о склеивании древесины с повышенной шероховатостью поверхности / Н.С. Рудная, Н.О. Задраускайте // Форум молодых ученых 8(24) 2018. С. 596-601. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-skleivanii-drevesiny-s-povyshennoy-sherohovatostyu-poverhnosti/viewer> (дата обращения: 18.03.2025).
- Вернигорова В.Н. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов: учеб. пособие / В.Н. Вернигорова, С.М. Саденко. Пенза: ПГУАС, 2015 296 с.
- Цаплин П.В., Межев В.Г., Кустов А.В., Заболотская Е.А., Гончарова Я.С. Исследование влияния силы трения на шероховатость поверхности древесностружечных плит и на износ инструмента. Хвойные бореальной зоны. 2023;41(2):185-193. [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.53374/1993-0135-2023-2-185-193> (дата обращения: 19.03.2025).
- Яцун И.В., Чекасин М.С. Исследования качества подготовки поверхности древесины под отделку при обработке ее циклеванием и шлифованием // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 4 (91). С. 159–167. [Электронный ресурс] URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/13472/1/LR_4_24_16.pdf (дата обращения: 26.03.2025).

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА

Информация об авторах

С. А. Халёрских – старший преподаватель кафедры современных специальных материалов Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова.

Е. С. Ананьева – кандидат технических наук, доцент кафедры современных специальных материалов Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова.

А. В. Собачкин – кандидат технических наук, доцент кафедры малый бизнес в сварочном производстве Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова.

REFERENCES

1. Khaperskikh, S. A., Golovina E. A. (2019). Influence of modifying compounds on veneer water absorption. *Polzunovskiy vestnik*. (3). 117-121. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.03.021. (In Russ.).

2. Khaperskikh, S. A., Golovina E. A. (2017). Modification of veneer of engineering board with elastomer in order to increase its operational properties. Proceedings of the XIV International Scientific School-conference "Fundamental and Applied Materials Science". edited by V.B. Markin; Alt. State Technical University. I.I. Polzunov University. Barnaul: AltGTU Publishing House, Pp. 125-130. URL: <http://elib.altstu.ru/disser/conferenc/2017/09-09.pdf>. (In Russ.).

3. HOST 7016-2013 (2013). Products made of wood and wood materials. Surface roughness parameters. (In Russ.).

4. Budhe, S., Gumatkar, A., Birajdar, N. et al. (2015). The effect of surface roughness when using different bonding materials on the strength of the adhesive joint. *ApplAdhesSci* 3, 20 <https://doi.org/10.1186/s40563-015-0050-4>.

5. Roughness and porosity. URL:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12 июля 2024; одобрена после рецензирования 20 мая 2025; принята к публикации 26 мая 2025.

The article was received by the editorial board on 12 July 2024; approved after editing on 20 May 2025; accepted for publication on 26 May 2025.

<http://www.technologywood.ru/skleivanie-drevesiny/sherohovatost-i-poristost.html> (access date: 03/24/2025). (In Russ.).

6. Rudnaya, N.S. & Zadrauskaite, N.O. (2018). On the issue of gluing wood with increased surface roughness. *Forum of Young Scientists* 8(24). 596-601. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-oshleivanii-drevesiny-s-povyshennoy-sherohovostyupoverhnosti/viewer>. (In Russ.).

7. Vernigorova, V.N. & Sadenko, S.M. (2015). Technology and equipment of protective and decorative coatings of wood and wood materials: textbook. Manual. Penza: PGUAS, 296 p. (In Russ.).

8. Tsaplin, P.V., Mezhev, V.G., Kustov, A.V., Zabolotskaya, E.A., & Goncharova, Ya.S. (2023). Investigation of the effect of friction force on the surface roughness of particle boards and on tool wear. *Conifers of the boreal zone*. 2023;41(2):185-193. URL: <https://doi.org/10.53374/1993-0135-2023-2-185-193>. (In Russ.).

9. Yatsun, I.V. & Chekasin, M.S. (2024). Studies of the quality of wood surface preparation for finishing during its treatment by cyclization and sanding. *Forests of Russia and their management*. 4 (91). 159-167, URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/13472/1/LR_4_24_16.pdf. (In Russ.).

Information about the authors

S. A. Khaperskikh – Senior Lecturer of the Department of Modern Special Materials, Polzunov Altai State Technical University.

E. S. Anan'eva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Modern Special Materials, Polzunov Altai State Technical University.

A. V. Sobachkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Small Business in the Welding Industry, Polzunov Altai State Technical University.