

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ АНАТОМИЧЕСКИХ НЕРОВНОСТЕЙ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ПАРАМЕТРАМ ШЕРОХОВАТОСТИ

Б.М. Рыбин

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

rybin@bmtu.ru

При определении шероховатости поверхностей деталей и узлов изделий из древесины и древесных материалов, наряду с неровностями, полученными в результате механической обработки, фиксируются также неровности анатомического характера. Присутствие их на обработанной поверхности является неизбежным, т. к. они присущи древесинному веществу и различаются по высоте в зависимости от породы древесины и плоскости разреза. Известно, что при определении высоты неровностей механической обработки рекомендуется проводить измерения на участках контролируемой поверхности, где менее заметны анатомические неровности. Выполнить это условие практически невозможно, так как анатомическими элементами пронизано все древесинное вещество, включая и поверхностный слой. В процессе измерения неровностей механической обработки всегда в той или иной мере захватываются элементы анатомических неровностей, что искажает полученный результат. Предлагается система связанных между собой параметров шероховатости, позволяющих одновременно контролировать неровности механической обработки и неровности анатомического происхождения. Для этой цели используются параметры шероховатости, предлагаемые ГОСТ 7016–2013: R_m , R_p , R_k , R_v . Из них параметр R_m является суммой трех других приведенных параметров шероховатости. Получены линейные зависимости каждого из параметров шероховатости от R_m , что позволило разграничить по высоте шероховатость и анатомические неровности. Предлагается для оценки неровностей механической обработки использовать параметр, представляющий сумму R_p и R_k , а для анатомических неровностей параметр R_v . Полученные результаты в дальнейшем могут быть использованы для разработки нормативов шероховатости деталей и узлов изделий из древесины и древесных материалов с учетом неровностей анатомического происхождения.

Ключевые слова: шероховатость поверхности древесины, анатомические неровности, параметры шероховатости

Ссылка для цитирования: Рыбин Б.М. К вопросу определения высоты анатомических неровностей обработанной поверхности древесины и древесных материалов по параметрам шероховатости // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2026. Т. 30. № 3. С. 119–131. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-3-119-131

В настоящее время в мире отмечается тенденция увеличения потребления пиломатериалов, древесных материалов в виде фанеры, плит и продукции, изготовленной на шпоновой основе. [1–5]. Повышение качества лесной продукции является важнейшим стимулом расширения рынков сбыта как для отечественных, так и для зарубежных производителей. Важным показателем служит контроль шероховатости поверхности производимых материалов. Сложность определения шероховатости поверхности на древесине и древесном материале заключается в том, что наряду с неровностями,

которые образуются вследствие механической обработки [6], фиксируются анатомические неровности [7–9], присущие древесине.

Неровности обработки возникают в результате механического воздействия на древесный материал дереворежущим инструментом, шлифовальными шкурками, а также при прессовании деталей и плит для выработки в конечном варианте изделия. Размеры неровностей зависят от режима резания, скорости подачи, свойств обрабатываемых древесных материалов [10, 11]. Механические неровности относятся к понятию шероховатости обработанной поверхности и контролируется высотными параметрами шероховатости по ГОСТ 7016–2013 — $R_{m_{\max}}$, R_m , R_z , R_a . По данным работ [12, 13] приводим зна-

Т а б л и ц а 1

Параметры шероховатости поверхности древесных материалов
Surface roughness parameters of wood-based materials

Вид древесного материала и способы обработки	Доминирующие неровности	Шероховатость поверхности	
		параметр	значение, мкм
Пиломатериалы после рамного распила: хвойных пород древесины лиственных пород древесины	Риски обработки, в виде наклонных к волокнам древесины прямолинейных следов, оставленные зубьями рамных и ленточных пил. Неровности разрушения	$R_{m_{max}}$	500...1600 320...1250
Пиломатериалы после распила ленточными пилами: хвойных пород древесины лиственных пород древесины		$R_{m_{max}}$	100...1600 100...800
Пиломатериалы после пиления дисковыми пилами	Серповидные риски, расположенные в поперечном направлении к волокнам древесины и оставленные зубьями круглых пил	$R_{m_{max}}$	100...1250
Пиломатериалы после пиления строгальными пилами		$R_{m_{max}}$	Не более 200
Древесина после продольного фрезерования	Кинематическая волнистость и неровности упругого восстановления	$R_{m_{max}}$	20...32
Шпон лущеный	Риски обработки, оставленные на поверхностях шпона лущильными или строгальными ножами	$R_{m_{max}}$	Не более 200
Шпон строганый: хвойных и лиственных кольцесосудистых пород древесины лиственных рассеянно-сосудистых пород древесины		$R_{m_{max}}$	Не более 200 Не более 100
Структурированный шпон		$R_{m_{max}}$	Не более 200
Древесно-стружечные плиты: нешлифованные шлифованные	Структурные неровности и линейные риски, оставленные зернами абразивного материала шлифовальной шкурки	R_m, R_z, R_a	Не более 500, 400, 12,5 63, 50, 16
Древесина шлифованная	Линейные риски, оставленные зернами абразивного материала шлифовальной шкурки	R_m	16...250
Клееные мебельные щиты шлифованные		R_m	16...63
Паркет и паркетные доски		R_m	Не более 32

**Таблица публикуется в авторской редакции.*

чения параметров шероховатости поверхности для различных древесных материалов (табл. 1).

Помимо контроля качества шероховатости поверхности вырабатываемых полуфабрикатов в виде пиломатериалов, фанеры, шпона и древесных плит есть необходимость контроля качества узлов и деталей производимых изделий из этих древесных материалов. Шероховатость поверхности древесных плит под облицовывание строганым, лущеным шпоном или пленками на основе бумаг должна быть не более 63 мкм по параметру шероховатости R_z . Аналогичной нормы следует придерживаться и при склеивании узлов из массивной древесины.

Шероховатость поверхности деталей и сборочных единиц из древесины и древесных материалов, подготовленных под прозрачную отделку различными лаками и под непрозрачную отделку красками и эмалями должна составлять соответственно не более 16 и 32 мкм по параметру шероховатости R_z . В случаях облицовывания,

склеивания или отделки деталей, узлов или сборочных единиц изделия от значения параметра шероховатости обрабатываемой поверхности зависит трудоемкость и качество выполнения операции, расход клеевых и лакокрасочных материалов [14, 15].

На шероховатость поверхности лесоматериалов, деталей, узлов и сборочных единиц в результате механической обработки влияют различные факторы, связанные с состоянием станков и режущего инструмента, вида древесного материала, технологии резания и др. Кроме того, наблюдаемые неровности на поверхности зависят от анатомического строения древесины [16–18], поскольку в процессе определения высотных параметров шероховатости на контролируемых участках древесины и древесных материалов всегда будут наблюдаться как неровности, полученные в результате механической обработки, так и неровности анатомического характера. На радиальных и

тангенциальных поверхностях перерезанные полости клеток образуют канавки, углубления и направленные внутрь каналы. Пористость древесины достигает 70 % [15] и за счет этого на контролируемой поверхности оказывается часть перерезанных клеток со вскрытыми внутренними полостями. Отсюда при использовании оптических или профилно-контактных приборов либо устройств в зону измерения шероховатости наряду с неровностями, образованными в результате механической обработки, всегда будут попадать неровности анатомического вида. Возможность разделения их друг от друга при определении шероховатости — одна из задач технологического контроля.

Цель работы

Цель работы — определение высоты анатомических неровностей с помощью параметров шероховатости поверхности после механической обработки пиломатериалов, шпона, фанеры и древесных плит, а также деталей, узлов и сборочных единиц изделий, полученных на их основе.

Материалы и методы

Для исследования были выбраны 39 образцов массивной древесины, включая 12 образцов из кольцесосудистых пород (дуба, ясеня, вяза, фисташки, акации), 15 образцов из рассеянососудистых пород (ольхи, бука, ореха, березы, граба, груши, осины, липы, клена), 7 образцов из иноземных пород (махагони, абачи, ироко, венге, керуинга, сапели, амаранта); 5 образцов из хвойных пород (ели, сосны, тиса, лиственницы, пихты). Поверхности образцов перед испытанием предварительно шлифовались последовательно шлифовальными шкурками с номерами зернистости № 16 и № 8. В результате такой подготовки исключалась возможность измерения более грубых неровностей, не характерных для окончательного варианта подготовки реальных поверхностей деталей и узлов изделий на деревообрабатывающих предприятиях.

Кроме того, для исследования были подготовлены 25 образцов лущеного и строганого шпона древесины следующих пород: ясеня, ореха, бальза, махагони, анегри, бука, вишни, дуба, лайсвуда. Образцы шпона специально наклеивали на поверхность древесно-волоконной плиты средней плотности толщиной 18 мм. Известно, что шпоны лущеный и строганный обладают малой жесткостью, поскольку при малой толщине шпона (в пределах 0,6...1,15 мм) возникает покоробленность образцов, исключая проведение измерений

шероховатости на криволинейной поверхности. Поверхности образцов наклеенного шпона различных пород не подвергались шлифованию.

Размеры поверхности образцов из массивной древесины и шпона различные, но по ширине и длине не менее 40 и 100 мм соответственно.

Разнообразие пород образцов позволяло отразить особенности анатомии обработанной поверхности древесины. Древесные породы имеют различные анатомические неровности [19–24]: у паренхимных клеток в пределах от 5 до 50 мкм, у либриформа — от 1 до 8 мкм, трахеид поздней зоны годичного слоя — от 1,3 до 40 мкм, трахеид ранней зоны годичного слоя — от 3 до 60 мкм; диаметр в свету полостей сосудов — от 30 до 90 мкм, в ранней древесине кольцесосудистых пород — от 300 до 500 мкм [25–30].

Для определения шероховатости и неровностей анатомического характера, по результатам ранее проведенных исследований [31–35], предлагается использовать следующие параметры по ГОСТ 7016–2013: R_m , R_p , R_k , R_v . Составлена профилограмма неровностей условной поверхности (рис. 1, а), по которой можно определить геометрический смысл выбранных параметров шероховатости. На профилограмме неровности, выступающие заостренными концами по вертикали вверх, считаются выступами, а по вертикали вниз — впадинами. Неровности в виде выступов и впадин позволяют построить относительную опорную кривую профиля (рис. 1, б). Относительная опорная кривая строится в декартовой системе координат, где по оси абсцисс откладываются значения относительной опорной длины профиля, а по оси ординат — уровни сечения профиля в процентах относительно общей высоты, включающей в себя расстояние от высшей точки наибольшего выступа до низшей точки наибольшей впадины. На графике в качестве относительной опорной кривой проводится касательная линия, по точкам пересечения которой с вертикалями определяется положение горизонтальных линий единичных выступов и впадин на профилограмме. Расстояние между высшей точкой наибольшего выступа и низшей точкой наибольшей впадины соответствует значению параметра шероховатости R_m . Разделение высоты профиля неровностей поверхности на составляющие лежит в основе параметров шероховатости R_p , R_k , R_v . Их алгебраическая сумма, как следует из рис. 1, а, равна по значению параметру R_m .

Высота неровностей R_p — это расстояние от высшей точки наибольшего выступа профиля до линии единичных выступов. Значение параметра шероховатости характеризует величину

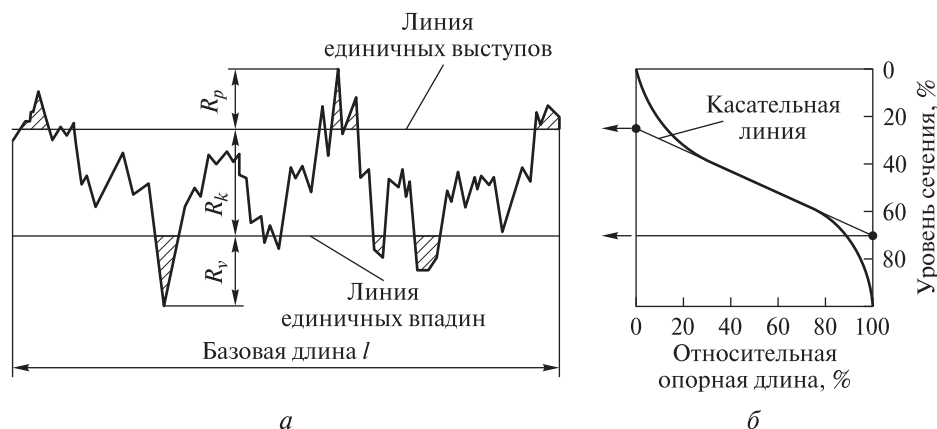


Рис. 1. Схема определения параметров шероховатости R_p , R_k , R_v : *a* — профилограмма; *б* — относительная опорная кривая
Fig. 1. Scheme for determining the roughness parameters R_p , R_k , R_v : *a* — profilogram; *б* — relative reference curve

превышения по высоте отдельных выступов над основной массой неровностей, созданных в процессе обработки (см. рис. 1, *a*).

Вертикальное расстояние в микрометрах между линией единичных выступов и линией единичных впадин есть величина параметра R_k , его значение характеризует высоту неровностей, доминирующих в профиле поверхности (см. рис. 1, *a*).

Высота неровностей R_v — это расстояние от линии единичных впадин до низшей точки наибольшей впадины профиля. Значение параметра шероховатости характеризует величину заглубления отдельных впадин ниже основной массы неровностей, созданных в процессе обработки или являющихся анатомическими неровностями (см. рис. 1, *a*).

Перечисленные параметры шероховатости легли в основу применения в целях оценки высоты неровностей механической обработки и анатомических неровностей.

В настоящем исследовании использовался профилометр модели 130, связанный программным продуктом с компьютером. На его мониторе отражается информационное поле с областью управляющих команд, необходимых при настройке прибора и его работе в ходе получения показателей, относящихся к шероховатости исследуемой поверхности. Кроме того, на мониторе выдается примерный профиль исследуемой поверхности в виде профилограммы с графиком относительной опорной кривой.

Измерения выполнялись на произвольно выбранных участках поверхности образцов в местах наибольших неровностей. Таких участков на поверхности каждого образца должно быть не менее пяти.

Практика экспериментов [10, 11] показала, что измерения следует проводить в направлении поперек волокон древесины, т. е. по так называемому поперечному профилю поверхности образца древесины, по которому есть возможность фиксировать величину наибольших неровностей.

Результаты исследований [33, 34] показали, что между изучаемыми параметрами шероховатости наблюдаются прямо пропорциональные зависимости, описываемые линейными уравнениями взаимосвязи. Для этого необходимо вычислить соответствующие коэффициенты линейного корреляционного уравнения, позволяющие по данному значению одной статистической величины находить наиболее вероятное значение другой статистической величины [36–38].

Линейное корреляционное уравнение выражается формулой

$$Y = M_y + r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (X - M_x), \quad (1)$$

где Y — значение какого-либо изучаемого свойства или фактора, принятого за зависимую величину (параметры шероховатости R_p , R_k , R_v);

M_y и M_x — среднее арифметическое изучаемых свойств или факторов (параметров шероховатости);

r — коэффициент корреляции;

σ_y и σ_x — средние квадратические отклонения изучаемых свойств или факторов (параметров шероховатости);

X — значение какого-либо изучаемого свойства или фактора, принятого за независимую величину (параметр шероховатости R_m).

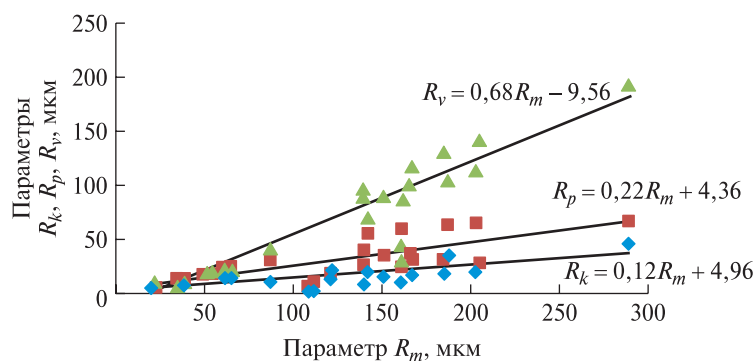


Рис. 2. Зависимости параметров шероховатости R_p , R_k , R_v от R_m образцов массивной древесины лиственных пород

Fig. 2. Roughness parameters R_p , R_k , R_v as a function of R_m for solid hardwood samples

Для составления корреляционного уравнения результаты экспериментов обрабатывались соответствующим образом. Прежде всего требуется определить коэффициент корреляции [36], так как он отражает прямолинейную взаимосвязь между изучаемыми свойствами или факторами. Сначала оценивается его значимость, а затем определяется вариант уравнения взаимозависимости.

Результаты и обсуждение

На отобранных образцах была исследована взаимозависимость параметров шероховатости при определении их значений на поверхностях различных пород древесины. Были получены корреляционные линейные уравнения для 27 образцов массивной древесины лиственных пород. На их основе составлены графики (рис. 2).

Коэффициенты корреляции для приведенных зависимостей соответственно составили следующие значения: 0,63 для $R_p = f(R_m)$; 0,79 для $R_k = f(R_m)$; 0,93 для $R_v = f(R_m)$. Полученные коэффициенты корреляции значимы, что позволяет утверждать об адекватности приведенных зависимостей. Характер полученных уравнений имеет одинаковый вид. С увеличением значения параметра R_m как функции увеличивается значение каждого параметра, как соответствующего аргумента.

По значениям коэффициентов линейных уравнений $R_p = f(R_m)$, $R_k = f(R_m)$ и $R_v = f(R_m)$ видно, что при алгебраическом сложении правой и левой частей трех приведенных на рис. 2 уравнений между собой после преобразования получим уравнение вида

$$R_v + R_k + R_p = 0,68R_m - 9,56 + 0,12R_m + 4,96 + 0,22R_m + 4,36 \quad (2)$$

или

$$R_v + R_k + R_p \sim 1R_m. \quad (3)$$

Полученное уравнение (3) не противоречит сути определения изучаемых параметров шероховатости и их взаимодействия.

Разобранная методика обработки данных будет использована в ходе дальнейших работ и при получении результатов исследования.

Приведенные корреляционные линейные уравнения охватывают образцы массивной древесины лиственных кольцесосудистых и рассеянно-сосудистых пород; последние были рассмотрены по отдельности. Для 12 образцов массивной древесины лиственных кольцесосудистых пород и для 15 образцов рассеянно-сосудистых пород были определены корреляционные линейные уравнения (табл. 2).

По полученным корреляционным линейным уравнениям для образцов шпона лиственных пород составлены графики (рис. 3).

Приведенные на рис. 3 графики по полученным корреляционным линейным уравнениям охватывают значения по 25 образцам шпона лиственных пород древесины. Для 18 образцов шпона лиственных рассеянно-сосудистых пород древесины отдельно проведена обработка результатов, вид линейных уравнений приведен в табл. 2.

Зависимости параметров шероховатости для образцов, приведенные в настоящей статье, сравнивались с аналогичными, которые были получены на основе обработки данных, представленных в таблицах ГОСТ 7016–2013 (Приложение Д). Составлены графики, полученные на основе корреляционных линейных уравнений для 27 образцов массивной древесины лиственных пород (рис. 4).

Обработка результатов полученных уравнений проводилась по той же методике.

Корреляционные линейные уравнения для различных образцов древесины и древесных материалов и значения коэффициентов при функции R_m

Linear correlation equations for various wood and wood-based samples and coefficients values for the R_m function

Породный фактор древесины	Корреляционное линейное уравнение	Коэффициент линейного уравнения при функции R_m	Угол наклона графика линейного уравнения к горизонтальной оси координат, град.
Образцы массивной древесины			
Лиственные породы (см. рис. 2)	$R_p = 0,22R_m + 4,36$ $R_k = 0,12R_m + 4,96$ $R_v = 0,68R_m - 9,56$	0,22 0,12 0,68	12 7 34
Лиственные кольцесосудистые породы	$R_p = 0,21R_m + 10,25$ $R_k = 0,13R_m + 14,92$ $R_v = 0,72R_m - 24,89$	0,21 0,13 0,72	11 7 35
Лиственные рассеянно-сосудистые породы	$R_p = 0,11R_m + 10,11$ $R_k = 0,09R_m + 10,94$ $R_v = 0,85R_m - 20,34$	0,11 0,09 0,85	6 5 40
Лиственные породы по ГОСТ 7016–2013, (см. рис. 4)	$R_p = 0,085R_m + 3,99$ $R_k = 0,14R_m + 4,69$ $R_v = 0,76R_m - 8,68$	0,085 0,14 0,76	4 7 37
Лиственные рассеянно-сосудистые породы, по ГОСТ 7016–2013	$R_p = 0,091R_m + 3,42$ $R_k = 0,16R_m + 3,39$ $R_v = 0,74R_m - 6,82$	0,091 0,16 0,74	5 9 36
Образцы шпона			
Лиственные породы (см. рис. 3)	$R_p = 0,25R_m + 7,67$ $R_k = 0,23R_m - 2,94$ $R_v = 0,5R_m - 4,56$	0,25 0,23 0,5	14 13 26
Лиственные рассеянно-сосудистые породы	$R_p = 0,22R_m - 3,69$ $R_k = 0,22R_m + 10,25$ $R_v = 0,54R_m - 6,23$	0,22 0,22 0,54	12 12 28

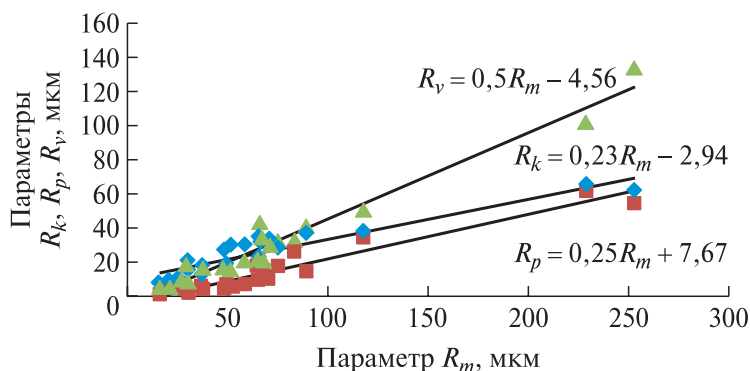


Рис. 3. Зависимости параметров шероховатости R_p , R_k , R_v от R_m образцов шпона лиственных пород древесины

Fig. 3. Roughness parameters R_p , R_k , R_v as a function of R_m for hardwood veneer samples

При сложении правой и левой частей уравнений установлено единство алгебраической сущности определения изучаемых параметров шероховатости и их взаимодействия. Отдельно для 13 образцов массивной древесины лиственных рассеянно-сосудистых пород, по

данным ГОСТ 7016–2013 (Приложение Д), были получены корреляционные линейные уравнения (см. табл. 2).

Корреляционные линейные уравнения по параметру R_v , приведенные в табл. 2, показывают, что значения коэффициентов при функции R_m

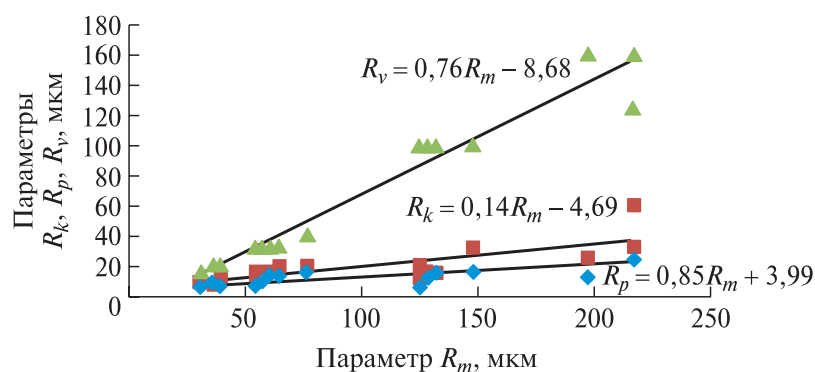


Рис. 4. Зависимости параметров шероховатости R_p , R_k и R_v от R_m образцов массивной древесины лиственных пород, по данным ГОСТ 7016–2013

Fig. 4. Roughness parameters R_p , R_k and R_v as a function of R_m for solid hardwood samples, in compliance with GOST 7016–2013

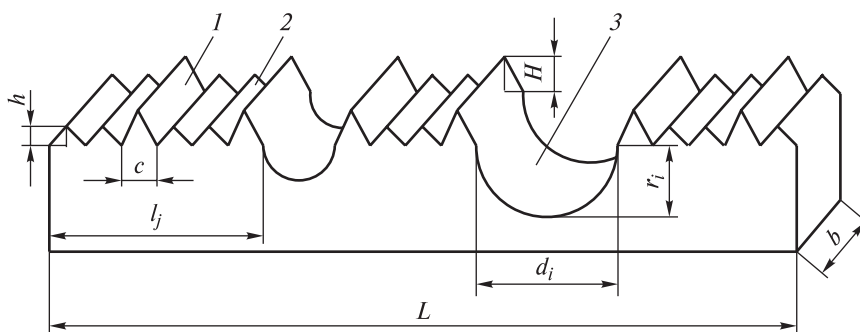


Рис. 5. Схема обработанной поверхности древесины: 1, 2 — риски обработки соответственно с высотами H и h ; 3 — анатомические неровности; L , b — соответственно длина и ширина контролируемого участка; c — максимальная ширина риска обработки в поперечном сечении; d_i и r_i — диаметр и радиус i -й анатомической неровности; l_j — длина j -го участка поверхности, не включающего в себя анатомические неровности

Fig. 5. Scheme of a treated wood surface: 1, 2 — Treatment marks with heights H and h , respectively; 3 — Anatomical irregularities; L and b are the length and width of the inspected area, respectively; c is the maximum width of the machining marks in the cross-section; d_i and r_i are the diameter and radius of the i -th anatomical irregularity; l_j is the length of the j -th surface area, excluding the anatomical irregularities

все без исключения имеют высокий показатель. Он составляет более 50 %. Два других по параметрам R_k и R_p дополняют его, что в сумме составляет 100 %.

Значения углов наклона графиков линейных уравнений показывают, что угол наклона графиков по параметру R_v всегда больше, чем по параметрам R_p и R_k . Это показано на графиках (см. рис. 2–4). Видно, что при увеличении шероховатости, а вместе с этим с увеличением параметра R_m , значения по параметру R_v будут превосходить значения по двум другим параметрам шероховатости.

При рассмотрении значений параметров шероховатости R_p , R_k и R_v можно видеть, что параметр R_p определяет высоту неровностей, измеряемых от линии единичных выступов. Параметр R_k измеряет высоту неровностей между линией единичных выступов и линией единичных впадин. Параметр R_v измеряет высоту неровностей от линии единичных впадин внутри исследуемого материала. Отсюда следует, что два первых параметра шероховатости R_p и R_k фактически измеряют высоту неровностей механического происхождения. Такие неровности при их возникновении имеют выступающие

риски обработки. Причем параметр R_p характеризует единичные выступающие неровности, образующиеся не по всей поверхности обработки, а как редкие неровности случайного вида. Фактически параметр R_k характеризует значительную долю неровностей механической обработки. Размер неровностей по этому параметру оценки шероховатости будет фактически влиять на качество обработки поверхности древесины. Параметр R_v фактически измеряет впадины неровностей, находящиеся ниже линии единичных впадин. Такие неровности могут возникать при различных разрезах древесины и древесного материала и характеризоваться как неровности анатомического происхождения.

Подтверждением высказанного предположения является иллюстрация возникающих на поверхности обработанной древесины неровностей (рис. 5), где изображена поверхность шлифованной древесины с анатомическими неровностями [39]. Неровности, характеризующие механическую обработку, представляют собой выступы треугольной формы различного по высоте размера. Неровности анатомического характера представляют собой впадины округлой формы. Фактически поперечный разрез представленной поверхности древесины напоминает ранее представленный рисунок профилограммы (см. рис. 1, а). Сопоставление их по геометрическим признакам позволяет утверждать о том, что различные по характеру происхождения неровности можно оценить по предлагаемым параметрам шероховатости. Так, для неровностей механической обработки рекомендуется параметр, представляющий по значению сумму параметров R_p и R_k . Анатомические неровности древесины и древесных материалов можно оценивать по высоте с помощью параметра шероховатости R_v .

В табл. 3 представлены количественные значения параметров шероховатости, определенные на поверхностях образцов массивной древесины и шпона различных пород. Параметры шероховатости R_p и R_k характеризуют неровности механической обработки поверхности образцов, в табл. 3 приведены суммарные значения этих параметров.

На поверхностях образцов массивной древесины и шпона различных пород высотные характеристики неровностей отличаются по величине измеренных параметров шероховатости (см. табл. 3). Это объясняется различием поверхностей образцов по породному фактору. Каждая порода древесины обладает своей индивидуальной текстурой, которая оказывает влияние на структуру получаемой поверхности, шероховатость и высоту неровностей анато-

Т а б л и ц а 3

Параметры шероховатости ($R_p + R_k$) и R_v для образцов массивной древесины и шпона различных пород
Roughness parameters ($R_p + R_k$) and R_v for solid wood and veneer samples of various species

Образцы массивной древесины и шпона различных пород	Пределы значений параметров шероховатости неровностей	
	механическая обработка ($R_p + R_k$), мкм	анатомическое происхождение R_v , мкм
Массивная древесина лиственных пород		
Дуб	50...118	32...193
Ольха	35...43	43...98
Махагони	13...50	91...97
Орех	38...50	78...118
Ясень	53...98	70...132
Бук	12...40	11...23
Шпон лиственных пород		
Ясень	45...127	31...102
Орех	27...117	36...134
Дуб	19...52	18...42
Бук	23...46	17...33
Вишня	Не более 46	Не более 21
Бальза	Не более 18	Не более 10
Лайсвуд	Не более 47	Не более 32
Анегри	14...36	6...16
Махагони	Не более 24	Не более 10

мического характера. Однако в то же время можно заметить, что взаимное различие по значениям предлагаемых параметров шероховатости позволяет выстроить некоторую систему, которая с одной стороны выделяет неровности механической обработки, а с другой — неровности анатомического характера. Приведенные данные в дальнейшем будут накапливаться для расширенного вида образцов различных пород древесины и уточняться по своим значениям, что позволит разработать нормативы для высот неровностей анатомического характера на основе параметров шероховатости.

Выводы

В результате проведенных исследований шероховатости поверхностей образцов из массивной древесины и образцов шпона были установлены параметры шероховатости, позволяющие определять высотные характеристики неровностей механической обработки и неровностей обусловленные анатомией древесины.

Предлагается для неровностей, полученных в результате механической обработки, использовать параметр, представляющий по значению сумму R_p и R_k . Анатомические неровности древесины и древесных материалов возможно оценивать по высоте параметром шероховатости R_v .

Установлено, что представленные значения диапазонов шероховатости и высот неровностей анатомического происхождения на поверхностях образцов массивной древесины и шпона различных пород отличаются по величине измеренных параметров шероховатости. Это объясняется тем, что каждая порода древесины обладает своей индивидуальной текстурой, которая оказывает влияние на структуру получаемой поверхности, на шероховатость и на высоту неровностей анатомического характера. Но в тоже время можно заметить, что взаимное различие предлагаемых параметров шероховатости позволяет выстроить систему определения высотных характеристик, которая с одной стороны выделяет неровности механической обработки, а с другой неровности анатомического характера.

Список литературы

- [1] Исследование рынка заготовки, производства и реализации лесоматериалов в Российской Федерации. URL: <https://www.audit-it.ru/articles/finance/a106/194177.html> (дата обращения 18.08.2024).
- [2] Российский рынок пиломатериалов на протяжении последних лет. URL: <http://www.indexbox.ru/news/rossijskij-gynok-pilomaterialov-na-protyazhenii-poslednih-let-derzhitsya-na-urovne-7-mln-kub-m/> (дата обращения 18.08.2024).
- [3] Маркетинговое исследование. Рынок шпона, 2017. 28 с. URL: https://www.indexbox.ru/new_files/research/files/IB_demo_shpon_Apr_14.pdf (дата обращения 18.08.2024).
- [4] Обзор лесопромышленного комплекса России, 2018. 44 с. URL: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-russia-wood-survey-rus/\\$FILE/ey-russia-wood-survey-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-russia-wood-survey-rus/$FILE/ey-russia-wood-survey-rus.pdf) (дата обращения 18.08.2024).
- [5] Импорт пиломатериалов в Японию: объемы и цены. URL: <https://whatwood.ru/import-pilomaterialov-v-yaponiyu-obemy-i-ceny/> (дата обращения 18.08.2024).
- [6] Шероховатость поверхности обработки. URL: <http://mebel.townevolution.ru/books/item/f00/s00/z0000001/st006.shtml> (дата обращения 18.08.2024).
- [7] Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. М.: МГУЛ, 2007. 351 с.
- [8] Перельгин Л.М. Строение древесины: Изд-во Академии наук СССР. М.: Изд-во Института леса, 1954. 201 с.
- [9] Ванин С.И. Древесиноведение. Л.: Гослестехиздат, 1940. 460 с.
- [10] Буглай Б.М. Исследования и нормализация чистоты поверхности древесины: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1957.
- [11] Буглай Б.М. Исследования и нормализация чистоты поверхности древесины: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 1957. 39 с.
- [12] Рыбин Б.М., Кирилов Д.В. К вопросу шероховатости поверхности древесины и древесных материалов. Технология и оборудование для переработки древесины // Научные труды МГУЛ, 2011. Вып. 353. С. 125–129.
- [13] ГОСТ 7016–2013 Межгосударственный стандарт «Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности». Введ. 1.01.2014. М.: Стандартиформ, 2014. 12 с.
- [14] Васечкин Ю.В. Технология и оборудование для производства фанеры. М.: Лесная пром-сть, 1983. 310 с.
- [15] Рыбин Б.М., Завражнова И.А., Московцева В.Е. Исследование параметров шероховатости для оценки анатомических неровностей древесины // Ежегодная национальная (с международным участием) научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана по итогам научно-исследовательских работ за 2023 г., Мытищи, 29–31 января 2024 г. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2024. С. 124–126.
- [16] Зимин Б.В., Кутуков Л.Г. Практикум по деревообрабатывающим станкам по дисциплине «Оборудование отрасли», спец. 26.02. М.: МЛТИ, 1990. 98 с.
- [17] Бондарь В.Г. Фуговальные станки для обработки древесины. М.: Лесная пром-сть, 1983. 80 с.
- [18] Любченко В.И. Рейсмусовые станки для обработки древесины. М.: Лесная пром-сть, 1983. 80 с.
- [19] Шероховатость поверхности древесины. URL: <http://pereosnastka.ru/articles/sherokhovatost-poverkhnosti-drevesiny> (дата обращения 18.08.2024).
- [20] Furnirwerk. Fritz Kohl GmbH & Co. KG: справочник. 1-е изд., расширенное. Карлштадт, 2007. 310 с.
- [21] Helmut F.W. Schmidt Bearbeitung der Werkstoffe aus Holz. Lehrbuch für die fertigungstechnische Grundlagenbildung. 3. Auflage // Veb Fachbuchverlag Leipzig, 1976, 184 p.
- [22] Станко Я.Н., Горбачева Г.А. Древесные породы и основные пороки древесины. Иллюстрированное справочное пособие для работников таможенной службы / под ред. Н.М. Шматкова, А.В. Беляковой. М.: Изд-во Всемирного фонда дикой природы (WWF), 2010. 155 с.
- [23] Рыбин Б.М. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов. М.: МГУЛ, 2003. 568 с.
- [24] Определение шероховатости поверхности деталей из древесины и древесных материалов. URL: <https://megaobuchalka.ru/14/18469.html> (дата обращения 18.08.2024).
- [25] Матвеев С.М., Румянцев Д.Е. Дендрохронология. Воронеж: ВГЛТА, 2013. 140 с.
- [26] Матвеев С.М. Дендрохронология. Методика дендрохронологического анализа. Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2013. 43 с.
- [27] Макроскопическое строение. Годичные слои, ранняя и поздняя древесина. URL: <http://www.drevesinas.ru/woodstructura/macro/2.html> (дата обращения 18.08.2024).
- [28] Ваганов Е.А., Терсков И.А. Анализ роста дерева по структуре годичных колец. Новосибирск: Наука, 1977. 93 с.

- [29] Влияние климатических характеристик на радиальный прирост древостоя заповедного участка «Лес на Ворскле». Белгород: Изд-во БГНИУ, 2016. 65 с.
- [30] Столяров Д.П., Декатов Н.Н. Исследование кернов древесины в лесоводственных исследованиях. Л.: Изд-во ЛенНИИЛХ, 1988. 43 с.
- [31] Gurau L., Mansfeld H., Irle M. Processing roughness of sanded wood surfaces // Holz roh Werkst, 2004, vol. 63, pp. 43–52.
- [32] Fotin A., Cismaru A., Cosoreanu C., Brenci L.M., Curtu I. The tool influence on the quality of the birch wood straight milled surfaces // 7th Int. DAAAM Baltic Conf. «INDUSTRIAL ENGINEERING» 22–24 April 2010, Tallinn, Estonia.
- [33] Дедерер М.А. Классификация неровностей поверхности древесины // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы XXII Междунар. науч.-техн. конф., г. Вологда, 05 декабря 2024. Вологда: Изд-во Вологодского государственного университета, 2024. С. 139–142.
- [34] Sergeevichev A., Vlasov E., Sergeevichev V., Sokolova V., Fedyaev A. The analysis of the interaction of the abrasive wheel working fluid with the treated surface when grinding wood and wood materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. «All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation «Actual Issues of Transport in the Forest Sector», 2020. P. 012030.
- [35] Страхов А.В. Профильный контактный метод определения шероховатости поверхности древесины и древесных материалов: дис. ... канд. техн. наук. М., 1983. 192 с.
- [36] Леонтьев Н.Л. Техника статистических вычислений. М.: Лесная пром-сть, 1966. 250 с.
- [37] Пижурин А.А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке. М.: Лесная пром-сть, 1972. 248 с.
- [38] Пижурин А.А., Розенбит М.С. Исследование процессов деревообработки. М.: Лесная пром-сть, 1984. 232 с.
- [39] Зотов А.А., Крисанов В.Ф., Санаев В.Г., Овчаренко Е.Е. Управление физико-механическими свойствами покрытий древесины. М.: МГУЛ, 1998. 218 с.

Сведения об авторе

Рыбин Борис Матвеевич — д-р техн. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), rybin@bmstu.ru

Поступила в редакцию 24.09.2024.

Одобрено после рецензирования 09.09.2025.

Принята к публикации 15.12.2025.

HEIGHT DETERMINING OF ANATOMICAL IRREGULARITIES OF TREATED SURFACE OF WOOD AND TIMBER-BASED MATERIALS BY ROUGHNESS PARAMETERS

B.M. Rybin

BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

rybin@bmstu.ru

High-quality processing of wood and wood material consists in obtaining surfaces that meet the requirements of roughness. Surface roughness affects many technological and operational properties of parts and products made of wood and wood-based materials. The consumption of adhesives and paints is associated with surface roughness in woodworking, which affects the technical and economic efficiency of many technological operations. Of particular importance is the regulation of surface roughness of parts and assemblies of wood products and wood materials in modern woodworking industries, as one of the necessary prerequisites for a rationally organized technological process. A strictly scientific approach to solving many issues of technology is possible only taking into account the roughness of the treated surface of wood materials, quantified by the values of well-defined parameters. The matter of normalizing the surface roughness of wood materials has been intensively developed to control the height of irregularities formed as a result of mechanical processing. The state of study of the issues of assessing the height parameters of anatomical irregularities has lagged significantly, since it was believed that this type of irregularity is inherent in wood and justified by the natural factor of origin. It is impossible to get rid of and influence them during processing, which means that it is not necessary to regulate them in height. Although it is known that when determining the height of machining irregularities, it is necessary to carry out measurements on areas of the controlled surface where anatomical irregularities are less noticeable. It is almost impossible to fulfill this condition, since the anatomical elements permeate the entire wood substance, including the surface layer. Therefore, in the process of measuring the irregularities of mechanical processing, elements of anatomical irregularities are always captured to one extent or another, which distorts the result obtained. In this paper, we propose a system of interconnected roughness parameters that allow us to simultaneously control the irregularities of mechanical processing and irregularities of anatomical origin. For this purpose, the roughness parameters proposed by GOST 7016–2013 are used: R_m , R_p , R_k , R_v . Of these, the R_m parameter is the sum of the other three given roughness parameters. The linear dependences of each of the roughness parameters on R_m were obtained, which made it possible to distinguish between roughness and anatomical irregularities in height. It is proposed to use a parameter representing the sum of R_p and R_k to evaluate the irregularities of mechanical processing, and the R_v parameter for anatomical irregularities. The results obtained can later be used to develop roughness standards for parts and assemblies of wood products and wood materials, taking into account irregularities of anatomical origin.

Keywords: wood surface roughness, anatomical irregularities, roughness parameters

Suggested citation: Rybin B.M. *K voprosu opredeleniya vysoty anatomicheskikh nerovnostey obrabotannoy poverkhnosti drevesiny i drevesnykh materialov po parametram sherokhovatosti* [Height determining of anatomical irregularities of treated surface of wood and timber-based materials by roughness parameters]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2026, vol. 30, no. 3, pp. 119–131. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-3-119-131

Reference

- [1] *Issledovanie rynka zagotovki, proizvodstva i realizatsii lesomaterialov v Rossiyskoy Federatsii* [Research of the market of procurement, production and sale of timber in the Russian Federation]. Available at: <https://www.audit-it.ru/articles/finance/a106/194177.html> (accessed 18.08.2024).
- [2] *Rossiyskiy rynek pilomaterialov na protyazhenii poslednikh let* [The Russian lumber market over the past few years]. Available at: <http://www.indexbox.ru/news/rossijskij-rynok-pilomaterialov-na-protyazhenii-poslednih-let-derzhitsyana-urovne-7-mln-kub-m/> (accessed 18.08.2024).
- [3] *Marketingovoe issledovanie. Rynek shpona* [Marketing research. Veneer market], 2017, 28 p. Available at: https://www.indexbox.ru/new_files/research/files/IB_demo_shpon_Apr_14.pdf (accessed 18.08.2024).
- [4] *Obzor lesopromyshlennogo kompleksa Rossii* [Overview of the forest industry complex of Russia], 2018, 44 p. Available at: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-russia-wood-survey-rus/\\$FILE/ey-russia-wood-survey-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-russia-wood-survey-rus/$FILE/ey-russia-wood-survey-rus.pdf) (accessed 18.08.2024).
- [5] *Import pilomaterialov v Yaponiyu: ob'emy i tseny* [Import of sawn timber to Japan: volumes and prices]. Available at: <https://whatwood.ru/import-pilomaterialov-v-yaponiyu-obemy-i-ceny/> (accessed 18.08.2024).

- [6] *Sherokhovatost' poverkhnosti obrabotki* [Surface roughness of the treatment]. Available at: <http://mebel.townevolution.ru/books/item/f00/s00/z0000001/st006.shtml> (accessed 18.08.2024).
- [7] Ugolev B.N. *Drevesinovedenie i lesnoe tovarovedenie* [Wood Science and Forest Commodity Science]. Moscow: Moscow State University of Forestry, 2007, 351 p.
- [8] Perelygin L.M. *Stroenie drevesiny* [Wood structure: Publishing house of the USSR Academy of Sciences]. Moscow: Forest Institute, 1954, 201 p.
- [9] Vanin S.I. *Drevesinovedenie* [Wood Science]. Leningrad: Goslestekhizdat, 1940, 460 p.
- [10] Buglai B.M. *Issledovaniya i normalizaciya chistoty poverkhnosti drevesiny* [Research and normalization of wood surface purity]. Dis. Dr. Sci. (Tech.). Moscow, 1957.
- [11] Buglai B.M. *Issledovaniya i normalizaciya chistoty poverkhnosti drevesiny* [Research and normalization of wood surface purity]. Abstract of Dis. Dr. Sci. (Tech.). Moscow, 1957, 39 p.
- [12] Rybin B.M., Kirilov D.V. *K voprosu sherokhovatosti poverkhnosti drevesiny i drevesnykh materialov. Tekhnologiya i oborudovanie dlya pererabotki drevesiny* [On the issue of surface roughness of wood and wood materials. Technology and equipment for wood processing]. Nauchnye trudy MGUL [Scientific works of Moscow State University of Forestry], 2011, v. 353, pp. 125–129.
- [13] GOST 7016–2013 *Mezhgosudarstvennyy standart «Izdeliya iz drevesiny i drevesnykh materialov. Parametry sherokhovatosti poverkhnosti»* [Interstate standard «Wood and wood-based materials products. Surface roughness parameters»]. Introduced 1.01.2014. Moscow: Standartinform, 2014, 12 p.
- [14] Vasechkin Yu.V. *Tekhnologiya i oborudovanie dlya proizvodstva fanery* [Technology and equipment for plywood production]. Moscow: Forest industry, 1983, 310 p.
- [15] Rybin B.M., Zavrazhnova I.A., Moskovtseva V.E. *Issledovanie parametrov sherokhovatosti dlya otsenki anatomicheskikh nerovnostey drevesiny* [Study of roughness parameters for assessing anatomical irregularities of wood]. Ezhegodnaya natsional'naya (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-tehnicheskaya konferentsiya professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov i studentov Mytishchinskogo filiala MGTU im. N.E. Baumana po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot za 2023 g. [Annual national (with international participation) scientific and technical conference of the faculty, postgraduate students and students of the Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical University on the results of research work for 2023], Mytishchi, January 29–31, 2024. Krasnoyarsk: Research and Innovation Center, 2024, pp. 124–126.
- [16] Zimin B.V., Kutukov L.G. *Praktikum po derevoobrabatyvayushchim stankam po distsipline «Oborudovanie otrasli»* [Practical training on woodworking machines in the discipline «Equipment for the industry», spec. 26.02]. Moscow: MLTI, 1990, 98 p.
- [17] Bondar' V.G. *Fugoval'nye stanki dlya obrabotki drevesiny* [Planing machines for wood processing]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1983, 80 p.
- [18] Lyubchenko V.I. *Reysmusovye stanki dlya obrabotki drevesiny* [Planing machines for wood processing]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1983, 80 p.
- [19] *Sherokhovatost' poverkhnosti drevesiny* [Roughness of wood surface]. Available at: <http://pereosnastka.ru/articles/sherokhovatost-poverkhnosti-drevesiny> (accessed 18.08.2024).
- [20] Furnirwerk Fritz Kohl GmbH & Co. KG: Handbook. 1st edition, expanded, Karlstadt, 2007, 310 p.
- [21] Helmut F.W. Schmidt *Bearbeitung der Werkstoffe aus Holz. Lehrbuch für die fertigungstechnische Grundlagenbildung*. 3. Auflage. Veb Fachbuchverlag Leipzig, 1976, 184 p.
- [22] Stanko Ya.N., Gorbacheva G.A. *Drevesnye porody i osnovnye poroki drevesiny. Illyustrirovannoe spravochnoe posobie dlya rabotnikov tamozhennoy sluzhby* [Wood species and main defects of wood. Illustrated reference manual for customs service employees]. Eds. N.M. Shmatkov, A.V. Belyakova. Moscow: World Wildlife Fund (WWF), 2010, 155 p.
- [23] Rybin B.M. *Rybin B.M. Tekhnologiya i oborudovanie zashchitno-dekorativnykh pokrytiy drevesiny i drevesnykh materialov* [Technology and equipment for protective and decorative coatings of wood and wood materials] Moscow: Moscow State Forestry University, 2003, 568 p.
- [24] *Opreделение sherokhovatosti poverkhnosti detaley iz drevesiny i drevesnykh materialov* [Determination of surface roughness of wood and wood-based materials parts]. Available at: <https://megaobuchalka.ru/14/18469.html> (accessed 18.08.2024).
- [25] Matveev S.M., Rummyantsev D.E. *Dendrokronologiya*. [Dendrochronology]. Voronezh: VGLTA, 2013, 140 p.
- [26] Matveev S.M. *Dendrokronologiya. Metodika dendrokronologicheskogo analiza* [Dendrochronology. Methods of dendrochronological analysis]. Voronezh: VGFLTA, 2013, 43 p.
- [27] *Makroskopicheskoe stroenie. Godichnye sloi, rannyya i pozdnyaya drevesina* [Macroscopic structure. Annual rings, early and late wood]. Available at: <http://www.drevesinas.ru/woodstructura/macro/2.html> (accessed 18.08.2024).
- [28] Vaganov E.A., Terskov I.A. *Analiz rosta dereva po strukture godichnykh kolets* [Analysis of tree growth by the structure of annual rings]. Novosibirsk: Nauka, Siberian branch of the L.V. Kirensky Institute of Physics 1977, 93 p.
- [29] *Vliyanie klimaticheskikh kharakteristik na radial'nyy prirost drevostoya zapovednogo uchastka «Les na Vorskle»* [The influence of climatic characteristics on the radial growth of the forest stand of the protected area «Forest on Vorskla»]. Belgorod: Belgorod State National Research University, 2016, 65 p.
- [30] Stolyarov D.P., Dekatov N.N. *Issledovanie kernov drevesiny v lesovodstvennykh issledovaniyakh* [Study of wood cores in forestry research: Method. Recommendations]. Leningrad: LenNIIH, 1988, 43 p.
- [31] Gurau L., Mansfeld H., Irle M. Processing roughness of sanded wood surfaces. Holz roh Werkst, 2004, vol. 63, pp. 43–52.
- [32] Fotin A., Cismaru A., Cosereanu C., Brenci L.M., Curtu I. The tool influence on the quality of the birch wood straight milled surfaces. 7 th International DAAAM Baltik Conference «Industrial Engineering» 22–24 April 2010, Tallinn, Estonia.

- [33] Dederer M.A. *Klassifikatsiya nerovnostey poverkhnosti drevesiny* [Classification of wood surface irregularities]. Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa: mater. XXII Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii [Actual problems of forest complex development: Proc. XXII International Scientific and Technical Conference], Vologda, 5 December 2024. Vologda: Vologda State University, 2024, pp. 139–142.
- [34] Sergeevichev A., Vlasov E., Sergeevichev V., Sokolova V., Fedyaev A. The analysis of the interaction of the abrasive wheel working fluid with the treated surface when grinding wood and wood materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation «Actual Issues of Transport in the Forest Sector», 2020, p. 012030.
- [35] Strakhov A.V. *Profil'nyy kontaktnyy metod opredeleniya sherokhovatosti poverkhnosti drevesiny i drevesnykh materialov* [Profile contact method for determining the surface roughness of wood and wood materials]. Dis. Cand. Sci. (Tech.). Moscow, 1983, 192 p.
- [36] Leont'ev N.L. *Tekhnika statisticheskikh vychisleniy* [Technique of statistical calculations]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1966, 250 p.
- [37] Pizhurin A.A. *Sovremennyye metody issledovaniy tekhnologicheskikh protsessov v derevoobrabotke* [Modern methods of research of technological processes in woodworking]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1972, 248 p.
- [38] Pizhurin A.A., Rozenblit M.S. *Issledovanie protsessov derevoobrabotki* [Research of woodworking processes]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1984, 232 p.
- [39] Zotov A.A., Krisanov V.F., Sanaev V.G., Ovcharenko E.E. *Upravlenie fiziko-mekhanicheskimi svoystvami pokrytiy drevesiny* [Management of physical and mechanical properties of wood coatings]. Moscow: Moscow State University of Forestry, 1998, 218 p.

Author's information

Rybin Boris Matveevich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), rybin@bmstu.ru

Received 24.09.2024.

Approved after review 09.09.2025.

Accepted for publication 15.12.2025.