

НАТУРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СКЛЕИВАНИЯ МАССИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОВРЕМЕННЫМИ КЛЕЯМИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

кандидат технических наук, доцент **Е.В. Кантиева**¹

кандидат технических наук, доцент **Л.В. Пономаренко**¹

исполнительный директор **М.А. Послухаев**²

кандидат технических наук, зам. генерального директора по техническому развитию **А.Н. Чернышев**²

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

2 – ООО ХК «Мебель Черноземья», г. Воронеж, Российская Федерация

Для соединения различных материалов достаточно широко используются клеи, тем более что в некоторых случаях другие варианты совмещения материалов не подходят. В работе рассматривается склеивание массивной древесины твердолиственных пород современными клеевыми материалами. В настоящее время на рынке представлена большая группа клеев различных марок от российских и зарубежных производителей. В деревообрабатывающей промышленности в столярно-строительном и мебельном производствах, в деревянном домостроении, в производстве отделочных материалов и др. используются клеи, которые эксплуатируются снаружи и внутри помещений в постоянных и переменных влажностных условиях. Поэтому правильный выбор клея играет важную роль и для производителя, и в последующем для потребителя полученного продукта. В данной работе исследовали зависимость предела прочности при скалывании по клеевому слою от вида клея, породы древесины и условий эксплуатации. Нами выбраны клеи на основе полихлоропрена, поливинилацетата и каучука. Наибольшую прочность клеевого соединения при склеивании массивной древесины твердых лиственных пород дают клеи на основе поливинилацетата. При эксплуатации изделий в условиях перемены температуры и влажности прочность склеивания снижается, в некоторых случаях значительно. Справедливости ради надо отметить, что на прочность склеивания влияет не только вид клея, но и порода древесины.

Ключевые слова: древесина, клей, клеевое соединение, прочность, столярное и мебельное изделие

A FULL-SCALE STUDY OF THE STRENGTH OF MASSIVE WOOD GLUING WITH MODERN ADHESIVES WHEN OPERATING IN VARIOUS CONDITIONS

PhD (Engineering), Associate Professor **E.V. Kantieva**¹

PhD (Engineering), Associate Professor **L.V. Ponomarenko**¹

Executive Director **M.A. Poslukhaev**²

PhD (Engineering), Deputy Head on technical development **A.N. Chernyshev**²

1 – FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov",
Voronezh, Russian Federation

2 – LLC HC Furniture of Chernozemye, Voronezh, Russian Federation

Abstract

Glues are widely used to connect various materials, especially since in some cases other options for combining materials are not suitable. The paper deals with the bonding of solid hardwood with modern adhesive materials. Currently, a large group of adhesives of various brands from Russian and foreign manufacturers is presented on the market. In the woodworking industry, adhesives are used in the carpentry and furniture, manufacturing, in wooden house-

building, in the production of finishing materials, etc., which are operated outside and inside the premises in constant and variable humidity conditions. Therefore, the correct choice of adhesives plays an important role both for the manufacturer and subsequently for the consumer of the resulting product. In this work, we have studied the dependence of the tensile strength when chipping along the adhesive layer on the type of glue, wood species, and operating conditions. We have selected the following adhesives based on polychloroprene, polyvinyl acetate and rubber. The greatest strength of the adhesive bonding when gluing solid hardwood is given by polyvinyl acetate adhesives. When using the product in conditions of changing temperature and humidity, the bonding strength decreases, in some cases significantly. In fairness, it should be noted that not only the type of glue, but also the type of wood affects the bonding strength.

Keywords: wood, glue, adhesive bonding, strength, joinery and furniture

Введение

В условиях развивающейся отечественной экономики, когда для успешного ведения бизнеса необходимо обеспечить заданные стандартами параметры изделия в течение всего гарантийного срока его эксплуатации, важным является момент постоянства формы и размеров конструктивных элементов в различных климатических условиях жилых и гражданских помещений: гостиная, офис, ванная, кухня, тамбур и т. п.

Преимущества мебели и столярно-строительных изделий из натуральной древесины в данном случае сложно переоценить: и дело здесь не только в эстетической составляющей, но и в высоких эксплуатационных качествах, благодаря которым древесина издавна использовалась в строительных целях и для изготовления уникальных предметов интерьера. Основным фактором длительного срока эксплуатации изделия является формоустойчивость составляющих его конструктивных элементов, условия обеспечения которой диктуются правилами конструирования изделий из древесины, предложенными доцентом кафедры механической технологии древесины ВЛТИ Н.А. Михайловым [1]: «Отдельные детали изделия надо конструировать так, чтобы неизбежные изменения размера и формы были наименьшими...». Этого можно добиться изготовлением элементов конструкций не из цельного отрезка древесины, а из нескольких, возможно более мелких, соединенных клеем [12]. По данным [8], в последние годы все большую популярность приобретает идея составных деревянных конструкций, в которых крупномерные элементы изготавливаются из нескольких деталей меньшего размера.

Требования к условиям изготовления сборочных единиц сплачиванием и сращиванием включают состояние температуры и влажности воздуха в производственном помещении, состояние склеиваемых материалов, выбор и подготовку клеев, способы нанесения клеев, способ склеивания и подвода теплоты, параметры прессования, рекомендации по выдержке склеенных деталей, применяемое оборудование, методы и средства контроля. Основным показателем качества изготовления клееных материалов является прочность склеивания [5], зависящая от вида клея и породы древесины [7].

Целью работы является исследование влияния вида клея на прочность склеивания древесины и древесных материалов в современном промышленном использовании.

Материалы и методы

В данной работе нами исследуется влияние вида клея на прочность склеивания древесины [3, 4] при промышленном использовании. Так как производителю важно предугадывать поведение изделия во время эксплуатации его потребителем в различных климатических условиях [9], то исследования проводились не только со свежесклееными образцами древесины (то есть испытанными после технологической выдержки 48 часов), но и после выдержки в различных климатических условиях в период с октября 2018 г. по апрель 2019 г. включительно. Для повышения объективности конечных результатов исследования проводились в условиях реальных производств двух регионов России на древесине бука и ясеня рубок Северного Кавказа и Центрально-Черноземного региона:

1) деревообрабатывающее предприятие ООО «Фирма «Кавказский лес», Республика Адыгея,

Майкопский р-н, п. Тульский, специализирующееся на выпуске столярно-строительных изделий из массивной древесины;

2) мебельное предприятие ООО ХК «Мебель Черноземья», г. Воронеж, специализирующееся на выпуске бытовой корпусной, мягкой и решетчатой мебели.

Технологический процесс изготовления образцов для испытания заключался в сплачивании по кромке массивных заготовок длиной 2400 мм с поперечным сечением 33×32 мм в горячем горизонтальном прессе марки Orma NPC-L-Digit 6-90 25-13. Установлены следующие режимы склеивания: температура 60 °С, боковое давление склеивания 1,2 МПа, вертикальное давление прижима 2,2 МПа в течение 8 мин по 36 штук в закладке. Полученные щиты прострагивали по толщине в размер 21 мм. Эти щиты могут использоваться для тонких мебельных заготовок, а также склеиваться попарно по пласти в холодной наклонной гидравлической вайме по 30 пар в закладке для получения толстых столярных или мебельных заготовок. Боковое давление прижима составляет 0,9 МПа, вертикальное давление склеивания 1,2 МПа, продолжительность выдержки 30 мин. Склеенные щиты выдерживались в помещении цеха в течение 48 часов для стабилизации внутренних напряжений.

Контролировали температуру и влажность среды в производственном помещении с целью обеспечения стабильности влажности склеиваемых материалов. Температура воздуха в помещении должна быть не ниже 20±2 °С, а относительная влажность воздуха – от 45 до 65 %.

На современном рынке наблюдается большое разнообразие клеев различных марок российских и зарубежных производителей [6]. В себестоимости изделия клеи составляют значительную часть, поэтому к выбору клея стоит подходить обоснованно. По данным [11], рекомендуется использовать поливинилацетатные клеи, так как они имеют прозрачный клеевой шов, высокую прочность склеивания и невысокую стоимость.

Использовали следующие виды клеев:

1) контактный клей KLEYBERGNC 100-1 на основе полихлоропрена. Область применения – для выполнения постформирования и наиболее качест-

венного соединения декоративных пластиков и материалов МДФ, ДСП, ДВП, склеивания поролона с древесиной, кожей, тканью, синтетикой;

2) клей на основе поливинилацетата OLMIVIL 0310, предназначенный для всех видов склеивания, где требуется влагостойкость в соответствии с нормой EN 204/205-D3. Область применения – производство дверей, окон и мебели, эксплуатируемых в сырых помещениях. Используется для склеивания древесины хвойных и лиственных пород, для облицовывания ДСтП и других древесных плит шпоном, а также для укладки ламинатного пола и паркета (соединение на шпунт и гребень);

3) однокомпонентный дисперсионный клей HALTIG на основе поливинилацетата, класс водостойкости D3. Область применения – склеивание изделий и конструкций из древесины мягких и твердых пород, пригоден для ламинирования поверхностей, шпонирования, склеивания каркасных и сборочных конструкций, склеивания щита, бруса, производства слоистых плит, приклеивания пленок. Пригоден для горячего и холодного склеивания;

4) поливинилацетатный клей Rakoll 0301, класс водостойкости D3. Область применения – облицовывание поверхностей декоративными пленками, шпоном, слоистыми пластиками, рейками из массивной древесины, склеивание на гладкую фугу элементов из древесины и ДСтП;

5) поливинилацетатный клей Rakoll 0300, класс водостойкости D4. Область применения – облицовывание поверхностей декоративными пленками, шпоном, слоистыми пластиками, рейками из массивной древесины, склеивание на гладкую фугу элементов из древесины и ДСтП;

6) каучуковый монтажный клей POINT 96 на основе синтетических каучуков (углеводородных смол и органических растворителей). Область применения – приклеивание реек, панелей, досок из жесткого ПВХ и древесины, термо- и звукоизоляционных материалов.

Характеристики испытуемых клеев приведены в табл. 1.

Заготовки были разделы на 3 группы: первая – для испытания после изготовления, вторая и третья – для испытания после выдержки в помещении с постоянными и переменными климатическими

условиями соответственно. Из заготовок каждой группы было изготовлено и в последующем испытано по 10 образцов каждой породы древесины (бука и ясеня).

Основным показателем качества клеевого соединения является прочность склеивания, характеризующаяся пределом прочности при скалывании по клеевому слою [10, 13].

Испытание проводилось в соответствии с ГОСТ 33120-2014 «Конструкции деревянные клееные. Методы определения прочности клеевых соединений» [2].

Форма и размеры образцов приведены на рис. 1, примеры разрушений – на рис. 2.

Таблица 1

Характеристики клеев

| Свойства | KLEYBERGNC 100-1 | OLMIVIL 0310 | HALTIG | Rakoll 0301 D3 | Rakoll 0300 D4 | POINT 96 |
|--|---------------------|---------------------------------|------------|-------------------|-------------------|------------|
| Плотность, г/см ³ | 0,81 | 1,05 | 1,08 | - | - | 0,89 |
| Цвет | красный | Белый, при высыхании бесцветный | | | | бесцветный |
| Вязкость по Брукфильду при 20-23 °С, мПа·с | 200±50 | 14000±3000 | 14000±2700 | ок. 12000 | ок. 12000 | паста |
| pH | - | 2,5-3,5 | 4,75±0,25 | ок. 3 | ок. 3 | - |
| Содержание сухого остатка, % | 19 | - | 50±1 | - | - | 61±3 |
| Рабочая температура, °С | - | 15-22 | 15-25 | 18-20 | 18-20 | 15-20 |
| Расход, г/м ² | 140-160 | 150-300 | 80-180 | 70-180 | 70-180 | 150-300 |
| Время прессования, мин при 20 °С | - | 20-30 | 20 | - | - | - |
| 80 °С | - | 3-6 | 0,5 | 8-15 | 8-15 | 10-15 |
| Время открытой выдержки, мин | 3-20 | 15-20 | 15-20 | 8-11 | 8-11 | 3-5 |

Источник: данные производителей

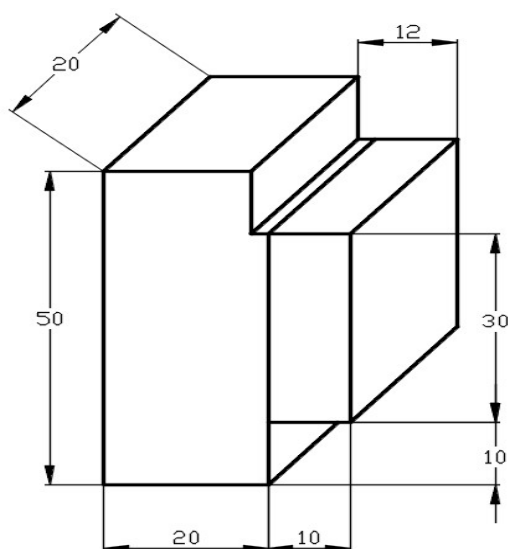


Рис. 1. Форма и размер образца

Источник: [2]

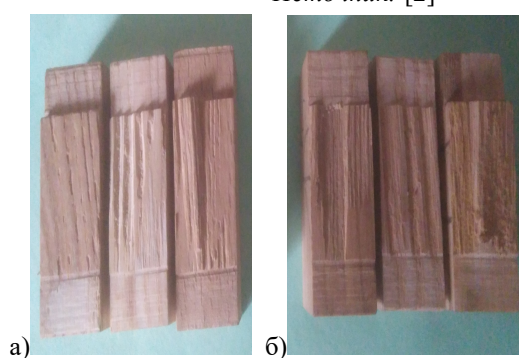


Рис. 2. Примеры разрушений образцов бука и ясеня на испытательной машине: а) преимущественно по клеевому слою; б) преимущественно по древесине
Источник: собственные вычисления (разработки)

Предел прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон определяли по формуле

$$\tau_{\text{скл}} = \frac{P_{\text{max}}}{b \cdot l}, \quad \text{МПа} \quad (1)$$

где P_{max} – максимальная нагрузка в МН (кгс);

b – толщина образца в м (см);

l – длина скалываемой части образца, м (см).

Результаты и обсуждение

Сводные результаты испытаний приведены в табл. 2. Характер разрушения всех групп образцов был смешанный (частично по древесине, частично по клеевому шву) у клеев OLMIVIL 0310, Rakoll 0301D3, в основном по клеевому шву – HALTIG, в основном по древесине – Rakoll 0300D4.

Анализ испытаний первой группы образцов показал, что использование каучукового клея POINT 96 обеспечивает прочность клеевого соединения 3,7 МПа, что значительно ниже требуемых показателей. Образцы, склеенные клеем KLEYBERGNC 100-1 на основе полихлоропрена, разрушались в момент приложения давления, заготовки сдвигались относительно друг друга. В связи с этим данные клеи не участвовали в испытаниях второй и третьей группы образцов. По результатам испытаний построены графические зависимости, приведенные на рис. 3-7.

Как показывает анализ рис. 3, клеи на основе поливинилацетата дают примерно одинаковую прочность в пределах 25-26 МПа. Наибольшая прочность склеивания обеспечивается клеем марки OLMIVIL 0310 и составляет 26,3 МПа.

Образцы, склеенные этими же клеями и выдержанные в постоянных климатических условиях (рис. 4), увеличили свою прочность в целом. Но для клея Rakoll 0301D4, OLMIVIL 0310 увеличение составило 3-7 %, Rakoll 0301D3, HALTIG – 35 %. Это может быть связано с завершением процессов отверждения и стабилизацией внутренних напряжений. При выдержке образцов в переменных климатических условиях (рис. 5) прочность склеивания снизилась для всех марок клеев, но если для клея Rakoll 0301D4 снижение составило 10 %, то потеря прочности для клея Rakoll 0301D3 – уже 80 %. Исследования еще раз подтвердили, что группа клеев D4 имеет большую водостойкость, чем D3.

При сравнении образцов (рис. 6, 7), изготовленных из древесины бука и ясеня, можно говорить, что порода древесины значительно не влияет на прочность склеивания образцов, испытанных после технологической выдержки и выдержки в постоянных климатических условиях.

Таблица 2

Результаты испытания образцов при скалывании по клеевому шву

| Марка клея | Предел прочности при скалывании вдоль волокон, МПа | |
|------------------------|--|-------|
| | Бук | Ясень |
| Первая группа образцов | | |
| Rakoll 0301D3 | 25,2 | 25,8 |
| HALTIG | 24,9 | 25,3 |
| KLEYBERGNC 100-1 | Все образцы в момент нагружения сдвинулись относительно друг друга | |
| OLMIVIL 0310 | 26,3 | 26,4 |
| Rakoll 0301D4 | 25,1 | 25,5 |
| POINT 96 | 3,5 | 3,7 |
| Вторая группа образцов | | |
| Rakoll 0301D3 | 34,0 | 26,4 |
| HALTIG | 33,8 | 36,5 |
| KLEYBERGNC 100-1 | - | - |
| OLMIVIL 0310 | 27,0 | 29,7 |
| Rakoll 0301D4 | 26,8 | 29,3 |
| POINT 96 | - | - |
| Третья группа образцов | | |
| Rakoll 0301D3 | 6,8 | 14,7 |
| HALTIG | 16,3 | 27,0 |
| KLEYBERGNC 100-1 | - | - |
| OLMIVIL 0310 | 17,0 | 27,6 |
| Rakoll 0301D4 | 24,0 | 25,7 |
| POINT 96 | - | - |

Источник: собственные вычисления (разработки)

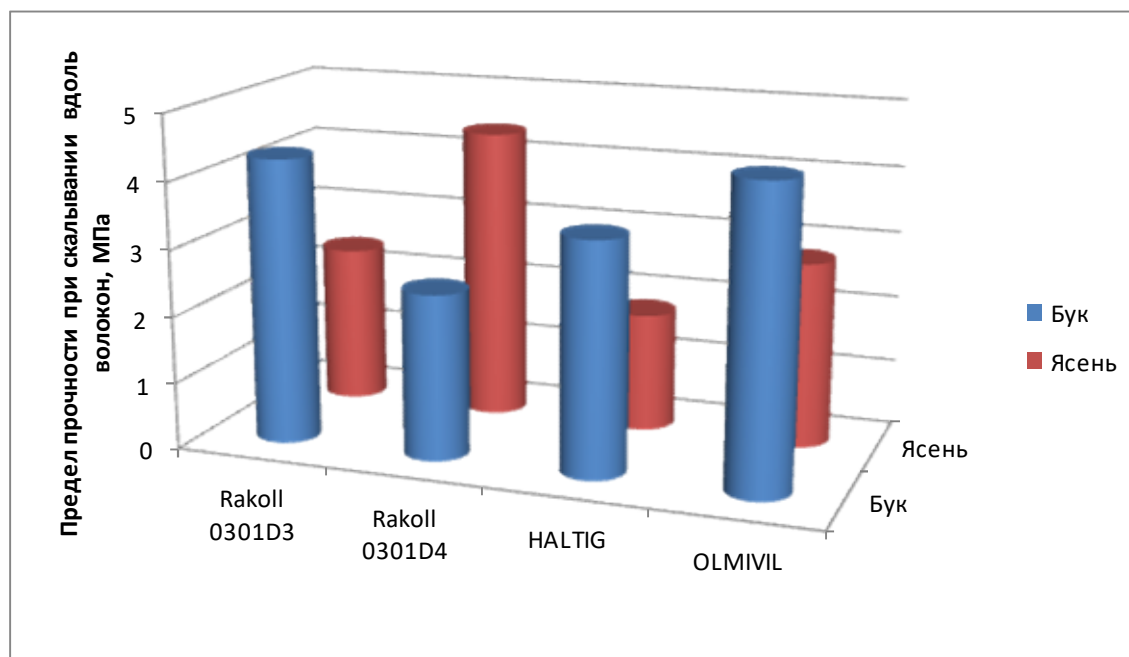


Рис. 3. Зависимость предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон древесины для образцов первой группы от вида клея
 Источник: собственные вычисления (разработки)

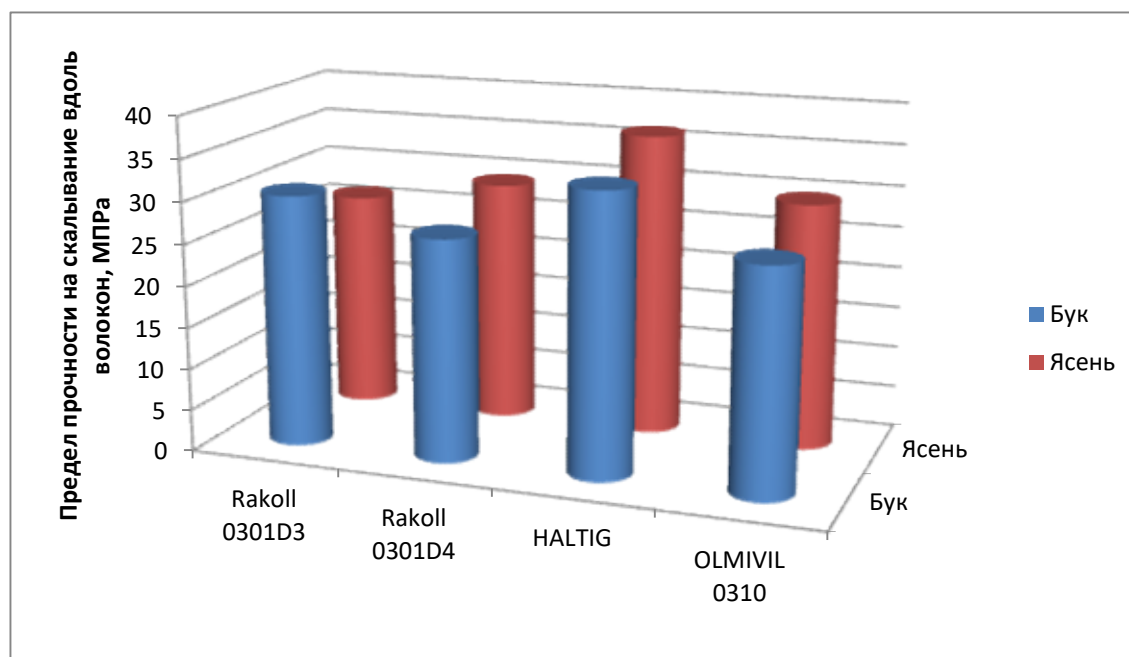


Рис. 4. Зависимость предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон древесины для образцов второй группы от вида клея
 Источник: собственные вычисления (разработки)

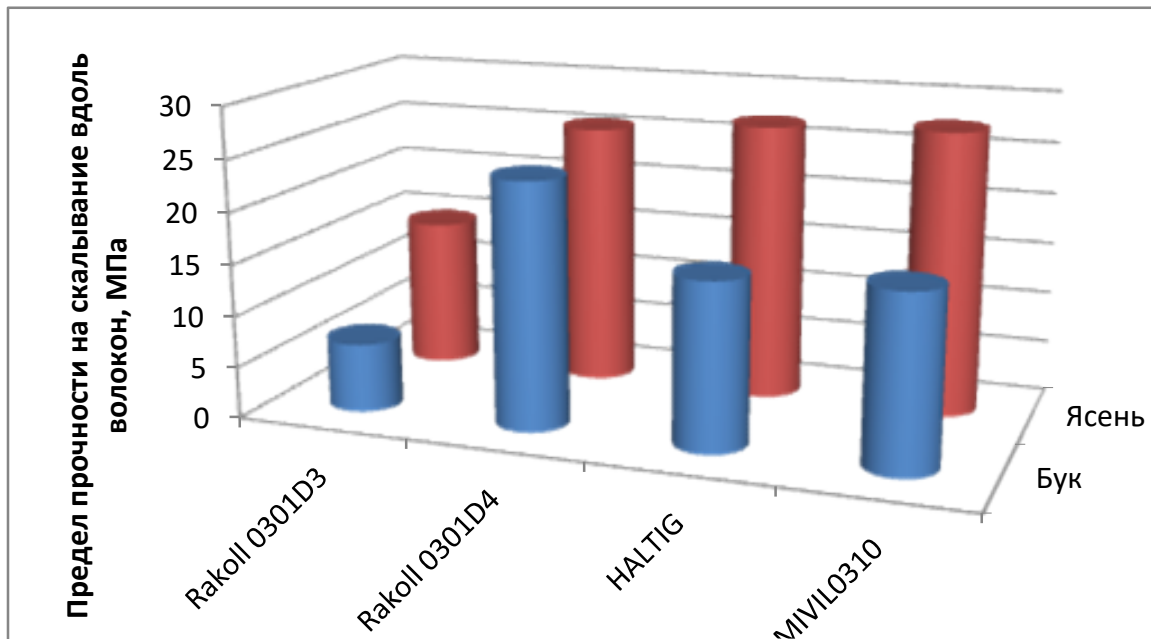


Рис. 5. Зависимость предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон древесины для образцов третьей группы от вида клея
 Источник: собственные вычисления (разработки)

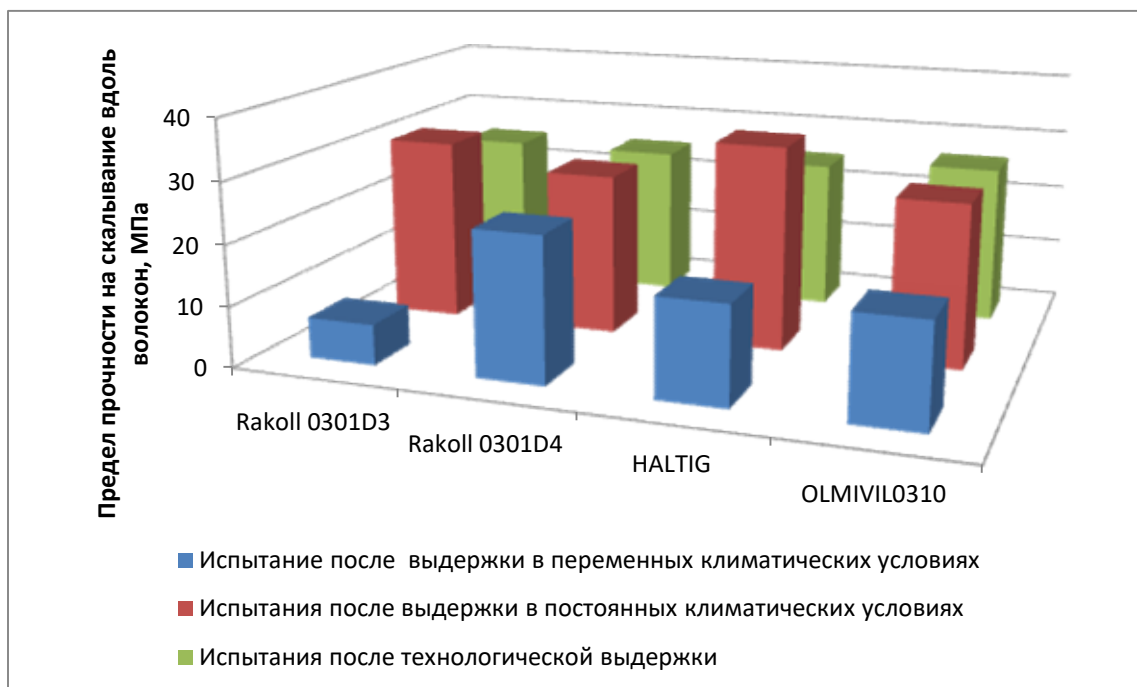


Рис. 6. Зависимость предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон древесины бука от вида клея
 Источник: собственные вычисления (разработки)

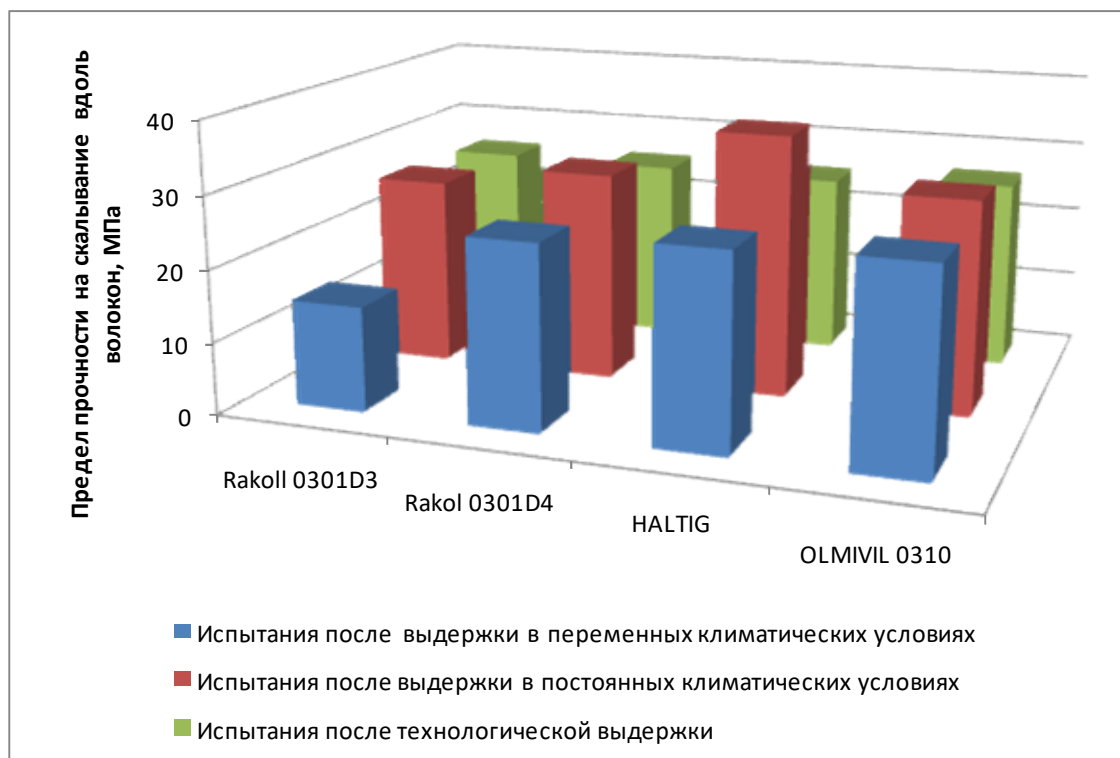


Рис. 7. Зависимость предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон древесины ясеня от вида клея

Источник: собственные вычисления (разработки)

При выдержке в переменных климатических условиях образцы из древесины ясеня показывают более высокую прочность в сравнении с образцами из бука, хотя и ниже образцов первой и второй группы. Стоит отметить, что все клеи показали прочность, соответствующую требованиям стандартов.

Выводы

1. Наиболее приемлемыми для склеивания заготовок из древесины твердых лиственных пород по толщине и ширине являются клеи на основе поливинилацетата. Заметных отличий прочности клеевых соединений образцов из древесины бука и ясеня после технологической выдержки не зафиксировано, что объясняется их практически одинаковой плотностью.

2. При эксплуатации изделий в постоянных климатических условиях прочность клеевых швов не только не снижается, но для некоторых видов клеев даже повышается.

3. При эксплуатации изделий в переменных климатических условиях прочность клеевых швов в значительной степени снижается, вплоть до 80 %, за счет постоянных деформаций и изменений раз-

меров и форм склеенных заготовок. Поэтому чем меньше (до известной степени) составляющие конструктивный элемент ламели, тем в большей степени он обладает формоустойчивостью.

4. Прочность клеевых швов по буку в большей степени снижается под влиянием переменных климатических факторов, чем по ясеню. Это объясняется тем известным фактом, что бук сильнее впитывает влагу из воздуха, относится к сильноусыхающим породам с объемным коэффициентом усушки 0,47. Кроме того, по шкале стойкости, принятой в России (единица – это стойкость заболони липы) бук обладает следующими показателями: спелая древесина – 3,3 (ядровый дуб – 5,2), заболонь древесины бука – 2,5 (заболонь древесины ясеня – 4,6). Все это способствует нарушению структуры клеевого слоя, его разрушению и снижению прочности.

5. Полученные данные не только позволяют обосновать выбор типа клея и прогнозировать поведение изделия в различных условиях эксплуатации, но и способствуют выбору породы древесины, а также ассортимента выпускаемых изделий в целом.

Библиографический список

1. Гарин, В. А. Технология изделий из древесины : учеб. пособие / В. А. Гарин, Н. А. Михайлов. – Воронеж, 1985. – 223 с.
2. ГОСТ 33120-2014. Конструкции деревянные клееные. Методы определения прочности клеевых соединений.: издание официальное : дата введения 2015-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 18 с.
3. DIN EN 205-2016 Adhesives – Wood adhesives for non-structural applications – Determination of tensile shear strength of lap joints.
4. EN 302-1:2013 Adhesives for load-bearing timber structures – Test methods – Part 1: Determination of longitudinal tensile shear strength; German version EN 302-1:2013.
5. Experimental study on flexural behavior of glulam and laminated veneer lumber beams / W. Q. Liu [et al.] // Modern bamboo structures: 1st International Conference on Modern Bamboo Structures Location: Hunan Univ, Changsha, PEOPLES R CHINA, 2008. – P. 159–169.
6. Кантиева, Е. В. Клеевые материалы в производстве современных древесных плит / Е. В. Кантиева, Л. В. Пономаренко, А. А. Хайят // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2017. – Т. 5. № 5 (31). – С. 319–324.
7. Laminated veneer lumber from Rowan (*Sorbusaucuparia-Lipsky*) / H. S. Kol, H. Keskin, S. Korkut, T. Akbulut // African journal of agricultural research. – OCT 2009. – P. 1101–1105. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183802001>.
8. Мазаник, Н. В. Эксплуатационные характеристики клеев для составных деревянных конструкций / Н. В. Мазаник, И. К. Божелко // Труды БГТУ. – 2016. – № 2 (184). – С. 136–139. – URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/18453>.
9. Матюшенкова, Е. Клеевые материалы для деревообработки / Е. Матюшенкова // ЛесПромИнформ. – 2010. – № 6 (72). – С. 64–72.
10. Овсянников, С. И. Повышение прочности клеевых соединений деревянных конструкций / С. И. Овсянников, Д. Ю. Шаповалов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2018. – Т. 4. – № 4. – 6 с.
11. Development of the adhesive composition for joining solid wood in the conditions of Siberia / G. P. Plotnikova [et al.] // Systems Methods Technologies. – 2017. – № 4 (36). – P. 169–175. – DOI: 10.18324/2077-5415-2017-4-169-175.
12. Разиньков, Е. М. Технология изделий из древесины, клееных материалов и древесных плит : тексты лекций / Е. М. Разиньков, Л. В. Пономаренко; ВГЛТА. – Воронеж, 2014. – 300 с.
13. Справочник мебельщика / под общ. ред. В. П. Бухтиярова. – 3-е изд., перераб. – Москва : Издательство Московского государственного университета леса, 2005. – 600 с.

References

1. Garin V.A., Mikhajlov N. A. *Tehnologija izdelij iz drevesiny: uchebnoe posobie* [Technology of wood products. Student's book]. Voronezh, 1985. 223 p. (in Russian).
2. *GOST 33120-2014. Konstrukcii derevjannye kleenye. Metody opredelenija prochnosti kleevyh soedinenij.: izdanie oficial'noe* [GOST 33120-2014. Glued wooden structures. Methods for determining the strength of adhesive joints: the official publication] : date of introduction 2015-07-01. Moscow: STANDARTINFORM, 2015 18 p. (in Russian).
3. DIN EN 205-2016 Adhesives – Wood adhesives for non-structural applications – Determination of tensile shear strength of lap joints.

4. EN 302-1:2013 Adhesives for load-bearing timber structures – Test methods – Part 1: Determination of longitudinal tensile shear strength; German version EN 302-1:2013.
5. Liu W. Q. [et al.] Experimental study on flexural behavior of glulam and laminated veneer lumber beams. Modern bamboo structures: 1st International Conference on Modern Bamboo Structures Location: Hunan Univ, Changsha, PEOPLES R CHINA, 2008. P. 159-169.
6. Kantieva E.V., Ponomarenko L.V., Hajjat A.A. *Kleevye materialy v proizvodstve sovremennykh drevesnykh plit* [Adhesive materials in the production of modern wood boards]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika*. 2017. Vol. 5. No. 5 (31). P. 319-324 (in Russian).
7. Kol H.S., Keskin H., Korkut S., Akbulut T. (2009) Laminated veneer lumber from Rowan (*Sorbus aucuparia*-Lipsky). *African journal of agricultural research*. OCT 2009, pp. 1101-1105. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183802001>.
8. Mazanik N.V., Bozhelko I.K. (2016) *Ekspluatatsionnye kharakteristiki kleev dlya sostavnykh derevyannykh konstruktsiy* [Performance characteristics of adhesives for composite wood structures]. *Trudy BGTU* [Works of BGTU]. Minsk: BGTU, No. 2 (184), pp. 136-139 (in Russian).
9. Matyushenkova E. (2010) *Kleevye materialy dlya derevoobrabotki* [Glue materials for woodworking]. *LesPromInform*. [LesPromInform]. No. 6 (72), pp. 64-72 (in Russian).
10. Ovsyannikov S.I., Shapovalov D.Yu. (2018) *Povyshenie prochnosti kleevykh soedineniy derevyannykh konstruktsiy* [Improving the strength of adhesive joints of wooden structures]. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii* [Bulletin of science and education of the North-West of Russia], Vol. 4, no. 4, 6 p. (in Russian).
11. Plotnikova G.P. et al. (2017) Development of the adhesive composition for joining solid wood in the conditions of Siberia. *Systems Methods Technologies*. № 4 (36) p. 169-175 (in Russian). DOI: 10.18324/2077-5415-2017-4-169-175.
12. Razinkov E.M., Ponomarenko L.V. *Tekhnologiya izdeliy iz drevesiny, kleemykh materialov i drevesnykh plit : teksty lektsiy* [Technology of wood products, glued materials and wood boards: texts of lectures]. VGLTA. Voronezh, 2014. 300 p. (in Russian).
13. *Spravochnik mebel'shchika pod obshch. red. V.P. Bukhtiyarova* [Handbook of furniture maker ed. by V.P. Bukhtiyarov]. 3-e izd., pererab. [3rd ed., remastered]. Moscow: Moscow State Forest University Press, 2005. 600 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Кантиева Екатерина Валентиновна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры механической технологии древесины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: ekantieva@mail.ru.

Пономаренко Лариса Викторовна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры механической технологии древесины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: lara.pon63@yandex.ru.

Послухаев Максим Алексеевич – исполнительный директор ООО ХК «Мебель Черноземья», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: somovo05@mail.ru.

Чернышев Александр Николаевич – заместитель генерального директора по техническому развитию ООО ХК «Мебель Черноземья», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: alnik19@yandex.ru.

Information about authors

Kantieva Ekaterina Valentinovna – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanical Technology of Wood, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: ekantieva@mail.ru.

Ponomarenko Larisa Viktorovna – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanical Technology of Wood, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: lara.pon63@yandex.ru.

Poslukhaev Maksim Alekseevich – Executive Director, LLC HC "Furniture of Chernozemye", Voronezh, Russian Federation; e-mail: somovo05@mail.ru.

Chernyshev Aleksandr Nikolaevich – Deputy Head on technical development, LLC HC "Furniture of Chernozemye", Voronezh, Russian Federation; e-mail: alnik19@yandex.ru.