

Мониторинг предела прочности на растяжение лущеного шпона и фанеры некоторых лиственных пород

Л.В. Пономаренко^{1а}, Е.В. Кантиева^{1б}, А.Ю. Мануковский^{1с}, О.А. Пузанова^{2д}, Ю.М. Елизаров^{2е}

¹ Воронежский государственный лесотехнический университет, ул. Тимирязева, 8, Воронеж, Россия

² Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^а ponomarenko.lara@mail.ru, ^б ekantieva@mail.ru, ^с mayu1964@mail.ru, ^д puzanova-olga@rambler.ru, ^е transportgruz@mail.ru

^а <https://orcid.org/0000-0003-1353-2033>, ^б <https://orcid.org/0000-0001-8352-1941>, ^с <https://orcid.org/0000-0003-4289-6581>,

^д <https://orcid.org/0000-0001-9681-5041>, ^е <https://orcid.org/0000-0002-90565-1641>

Статья поступила 25.10.2023, принята 10.11.2023

В статье рассматриваются вопросы улучшения прочностных характеристик фанеры без изменения технологических режимов производства. Фанера является одним из самых востребованных материалов как в России, так и за рубежом. В 2021 г. фанера экспортировалась в США, Египет, Германию, Нидерланды, Польшу, Финляндию, Великобританию и др. Очевидно, что на качественные характеристики фанеры влияют характеристики материалов, из которых она изготавливается. В работе исследовали пределы прочности на растяжение лущеного шпона лиственных пород (березы, бука, ольхи) вдоль волокон, поперек волокон и под углом 45°, установили влияние породы древесины на данные показатели. Исследования показали, что наилучшие результаты получаются при растяжении шпона вдоль волокон, значительно ниже при растяжении поперек волокон и под углом 45°. Тем не менее, во втором случае значения все же оказались несколько выше. Такая динамика прослеживается для всех испытанных образцов, но лучшие значения показала порода древесины береза. Далее с учетом полученных результатов были предложены схемы формирования пакетов фанеры из шпона березы с разными направлениями смежных слоев, отличных от традиционных, и исследовалась ее прочность на аналогичный показатель. Установили, что увеличение количества продольных слоев шпона приводит к увеличению прочностных показателей на 40%. Использование в схемах формирования пакетов направления под углом 45° также увеличивает прочность на растяжение до 12%.

Ключевые слова: лущеный шпон; фанера; предел прочности на растяжение; порода; плотность.

Monitoring the tensile strength of peeled veneer and plywood of some hardwoods

L.V. Ponomarenko^{1а}, E.V. Kantieva^{1б}, A.Yu. Manukovsky^{1с}, O.A. Puzanova^{2д}, Yu.M. Elizarov^{2е}

¹ Voronezh State Forestry Engineering University; 8, Timiryazev St., Voronezh, Russia

² Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^а ponomarenko.lara@mail.ru, ^б ekantieva@mail.ru, ^с mayu1964@mail.ru, ^д puzanova-olga@rambler.ru, ^е transportgruz@mail.ru

^а <https://orcid.org/0000-0003-1353-2033>, ^б <https://orcid.org/0000-0001-8352-1941>, ^с <https://orcid.org/0000-0003-4289-6581>,

^д <https://orcid.org/0000-0001-9681-5041>, ^е <https://orcid.org/0000-0002-90565-1641>

Received 25.10.2023, accepted 10.11.2023

The article discusses the issues of improving the strength characteristics of plywood without changing the technological modes of production. Plywood is one of the most demanded materials both in Russia and abroad. In 2021, plywood was exported to the USA, Egypt, Germany, the Netherlands, Poland, Finland, Great Britain, etc. It is obvious that the quality characteristics of plywood are influenced by the characteristics of the materials from which it is made. In the work, the strength limits for the expansion of the peeled hardwood veneer (birch, beech, alder) along the fibers, across the fibers and at an angle of 45 degrees are investigated, and the influence of the wood species on these indicators is established. Studies have shown that the best results are obtained when the veneer is stretched along the fibers, significantly lower when stretched across the fibers and at an angle of 45 degrees. However, in the second case, the values are still slightly higher. Such dynamics can be traced for all tested samples, but the best values are shown by the birch wood species. Further, taking into account the results obtained, schemes for the formation of birch veneer plywood packages with different directions of adjacent layers, different from traditional ones, are proposed and its strength for a similar indicator is studied. It is found that an increase in the number of longitudinal veneer layers leads to an increase in strength indicators by 40%. The use of 45-degree directions in the forming schemes of packages also increases the tensile strength by up to 12%.

Keywords: peeled veneer; plywood; tensile strength; rock; density.

Введение. Наиболее древняя фанера была обнаружена при раскопках усыпальниц фараона в Египте еще до нашей эры. Эта фанера состояла из шести слоев древесины толщиной 4 мм и соединялась деревянными гвоздиками. Самое интересное за-

ключается в том, что этот материал имел взаимно перпендикулярное расположение волокон древесины [1], что соответствует современному формированию пакетов перед склеиванием. Интересным фактом истории является и то, что первые лущильные

станки были сконструированы в России. И, несмотря на такую длительную историю изготовления фанеры, она и сегодня остается самым распространенным и перспективным материалом как в России, так и за рубежом.

Фанера, один из немногих материалов, который активно и в большом количестве экспортируется в зарубежные страны. Так, в 2021 г. общее производство фанеры в России составило 4.46 млн м³, а экспорт 2,99 млн м³ [2]. Популярность фанеры объясняется ее преимуществами перед другими материалами: она легкая, прочная, устойчива к воздействию воды, имеет высокую износостойкость и долговечность. Но главное внимание уделяется качеству фанеры и ее прочности. Россия выпускает фанеру удовлетворяющую требованиям как российских, так и зарубежных стандартов [3; 4].

Фанера является бюджетным, доступным прочным материалом, обладающим значительным форматом и малой толщиной. Она имеет огромную область применения: в строительстве, авиа-, машино-, судостроении, ракетостроении, электротехнике, оружейном производстве, изготовлении музыкальных инструментов, строительстве трубопроводов для агрессивных жидкостей и мебельном производстве, что позволяет дизайнерам находить оригинальные решения в мебели и интерьере [5]. Так производство нового вида фанеры предложено А.А. Лукаш, В.Г. Савенко [6]. Это фанера с рельефной лицевой поверхностью. Авторы работы считают, что такая фанера не только расширяет ассортимент, но и улучшает декоративные свойства, уменьшает расход за счет использования кускового шпона.

В основном научные исследования в производстве фанеры направлены на улучшение прочностных характеристик. Очевидно, что основную роль в повышении качества будут играть составляющие его компоненты. Задачам повышения предельного значения прочности фанеры уделяется большое внимание. Ассоциация инженерной древесины занималась усовершенствованием клея и технологий, что привело к производству конструкционной фанеры из южной сосны и других пород [7]. Идет поиск новых клеевых композиций, введение различных добавок и т. д. Научные исследования в области повышения качественных, в большей степени прочностных характеристик фанеры проводятся регулярно. Они затрагивают разные направления в производстве фанеры. В Воронежском лесотехническом университете для изменения прочности фанеры предложены рецепты клеев с наполнителем шлифовальной пылью для карбамидоформальдегидной малотоксичной смолы КФ МТ-15 [8; 9], нанокристаллической целлюлозы в карбамидоформальдегидную смолу [10; 11]. Так же в вузе рассматривались вопросы повышения прочности фанеры за счет обработки клея в магнитных и электрических полях [12; 13]. Научные исследования Е.М. Разинькова [14] и Ю.Р. Царьковой [15] направленные на улучшение прочностных показателей за счет эффективного использования в технологии фанеры бесшпindleльных лущильных станков и т. д.

Лущеный шпон является главным компонентом в производстве фанеры, и, следовательно, может влиять на качество фанеры. Исследованиями по улучшению качества лущеного шпона проводились в Воронежском лесотехническом университете [16; 17]. Результаты исследований показали оптимальные условия для гидротермической обработки древесины с целью получения наиболее качественного шпона. Так же одним из путей повышения качественного выхода шпона является использование в качестве сырья чураков I сорта.

А.Б. Жирнов проводил исследования по определению прочностных свойств лущеного шпона из березы и его использованию в переработке [18].

В данной работе рассматриваются прочностные характеристики лущеного шпона. Для производства фанеры используется шпон разных пород древесины (хвойных и лиственных), которые придают ей разные качественные показатели. Из хвойных пород древесины чаще всего используются сос-

на, кедр, лиственница, из лиственных — береза, ольха, тополь. Древесина лиственных пород является более плотным материалом в сравнении с хвойными. Например, хвойная фанера форматом 1,525x1,525 м толщиной 21 мм весит 32 кг, а лиственная (березовая), при тех же размерах, — 34,5 кг [19]. Лущеный шпон разных пород древесины имеет разные характеристики, такие как прочность, упругость и устойчивость к воздействию влаги, которые в свою очередь могут минимизировать недостатки качества при производстве фанеры.

Цель работы: повышение прочностных характеристик фанеры за счет внедрения грамотного использования свойств лущеного шпона и способов формирования пакетов, без изменений режимов и технологий.

Материалы и методы. Для исследования был выбран лущеный шпон лиственных пород древесины — березы, ольхи и бука толщиной 1,5 мм [20].

Для определения плотности и влажности шпона были вырезаны образцы размером 100x100x1,5 мм.

Плотность в кг/м³ вычисляли по формуле:

$$\rho = \frac{m}{b \cdot l \cdot s}, \quad (1)$$

где m — начальная масса образца, кг; b — ширина образца, м; l — длина образца, м; s — толщина образца, м.

Влажность (W) в процентах вычисляли по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100, \quad (2)$$

где m_1 — начальная масса образца (до высушивания), кг; m_2 — масса образца, высушенного до постоянной массы, кг.

Для определения предела прочности при растяжении подготовили образцы: 200 x 20 x 1,5 — при растяжении вдоль волокон; 240 x 120 x 1,5 — при растяжении поперек волокон; 240 x 140 x 1,5 — при растяжении под углом 45°. На концы образцов приклеивают тонкую фанеру длиной, равной ширине образцов, и шириной 30 мм с помощью клея «момент столяр клей экспресс». Так же проверяли образцы на наличие дефектов. В образцах их не должно быть.

Одним из показателей прочностных характеристик фанеры по ГОСТ 9622-2016 [21] является предел прочности на растяжение, то основное внимание направлено на исследование предела прочности на растяжение шпона по ГОСТ 20800 [22].

Образцы нагружались с постоянной скоростью на испытательной машине МР-05. Предел прочности при растяжении (σ_p) в Н/м² для шпона лущеного вычисляли по формуле

$$\sigma_p = \frac{P_{max}}{b \cdot s}, \quad (3)$$

где P_{max} — максимальная нагрузка, Н; b — ширина рабочей части образца, мм; s — толщина рабочей части образца, мм.

Изготовили пятислойную фанеру по ГОСТ 3916.1-2018 [23]. Формат фанеры 440x400 мм. В качестве связующего использовали карбамидоформальдегидную смолу марки КФ-Ж и отвердитель хлористый аммоний в соотношении 100:1. Использовали лущеный шпон породы береза, толщиной 1,5 мм. Были предложены 3

схемы пакетов, которые отличаются в расположении волокон древесины шпона в смежных слоях. 1-я схема: традиционный способ формирования — волокна древесины шпона в смежных слоях имеют взаимно перпендикулярное расположение волокон. 2-я схема: каждые два слоя с параллельным направлением волокон древесины шпона чередуются с одним слоем, имеющим взаимно перпендикулярное расположение. 3-я схема: волокна древесины шпона в смежных слоях последовательно смещены на угол 45°. Для всех трех схем характерно то, что в наружных листах продольное направление волокон совпадает с длиной фанеры. Способ склеивания горячий. После технологической выдержки были вырезаны образцы: тип образца I, $l=225$ мм, $l_1=60$ мм, $b=15$ мм, $b_1=4$ мм, $h=6,5$ мм, $R=60$ мм (рис. 1) [21; 24]. Образцы изготавливались с

направлением волокон вдоль наружного слоя продукции. Образцы нагружались с такой постоянной скоростью на испытательной машине МР-05, чтобы образцы разрушились в течении 60±30 с.

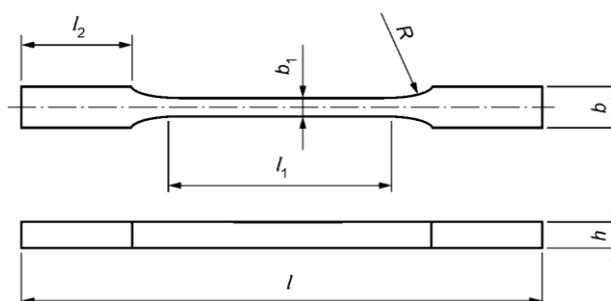


Рис. 1. Форма и размер образцов: l — длина образца; l_1 — длина рабочей части образца; l_2 — длина захватов; b — ширина образца; b_1 — ширина рабочей части образца; h — толщина образца; R — радиус закругления

Предел прочности при растяжении (σ_p) в Н/м^2 для фанеры вычисляли по формуле:

$$\sigma_p = \frac{F_{max}}{b_1 \cdot h}, \quad (4)$$

где F_{max} — максимальная нагрузка, Н ; b_1 — ширина рабочей части образца, мм ; h — толщина рабочей части образца, мм .

Результаты. Результаты исследований представлены в таблицах и на рисунках.

Таблица 1. Средние значения влажности, плотности, пределов прочности на растяжение лущеного шпона

Порода древесины	Влажность испытываемых образцов (W), %	Плотность испытываемых образцов, (ρ), кг/м^3	Предел прочности на растяжение, МПа		
			вдоль волокон	поперек волокон	под углом 45°
Береза	7	523	77,6	2,68	3,45
Ольха	7	503	61,54	1,56	2,46
Бук	7	589	63,82	1,6	2,56

Таблица 2. Значения плотности, пределов прочности на растяжение и твердости древесины [25]

Порода древесины	Плотность, кг/м^3		Предел прочности на растяжение, МПа, при W=12 %			Твердость древесины, показатель по Бринеллю
	при W=12 %	базисная	вдоль волокон	поперек волокон		
				радиальном	тангенциальном	
Береза	640	620	168	108	60	3,5
Ольха	525	430	101	70	55	3,0
Бук	680	560	123	121	79	3,8

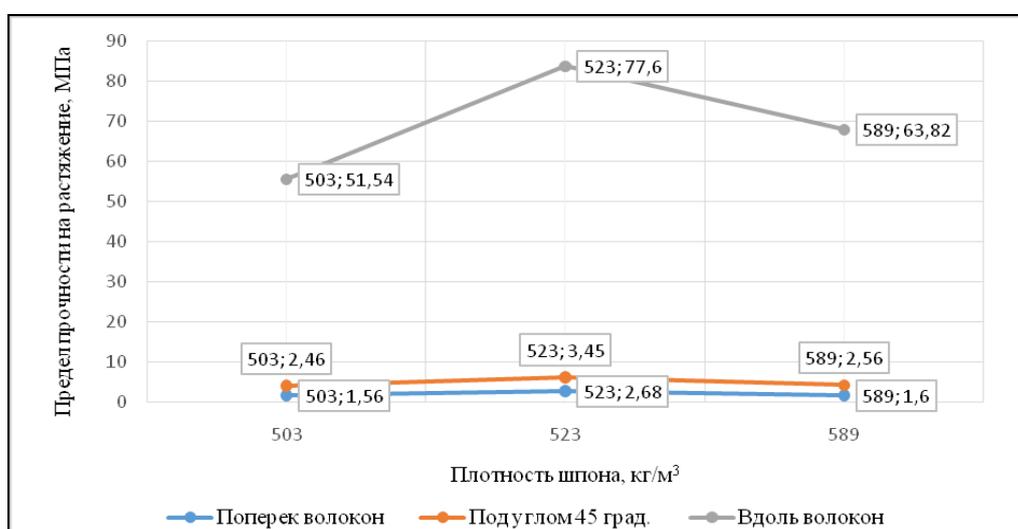


Рис. 2. Зависимость предела прочности при растяжении лущеного шпона от плотности

Анализируя данные табл. 1, 2 и рис. 2, видно, что базовая плотность древесины березы составляет 620 кг/м^3 , средняя — 640 кг/м^3 при влажности 12 %. В нашем случае, березовый шпон имеет среднюю плотность 523 кг/м^3 при влажности 7 %. Отметим, что влажность лущеного шпона березы значительно меньше влажности массивной древесины. Этот факт влияет на более низкую плотность шпона березы. Тем не менее, предел прочности при растяжении вдоль волокон древесины березы составляет 138 МПа, а у лущеного шпона березы — 77,6 МПа. Прочностные показатели лущеного шпона снижаются по сравнению с массивной древесиной вследствие технологии производства шпона. В процессе лущения чурака целые волокна древесины перерезаются, также на правой стороне шпона, независимо от наличия прижимной линейки,

появляются микротрещины. Аналогичные выводы можно сделать и по шпону ольхи и бука.

Также отметим, что твердость древесины в меньшей мере влияет на прочностные характеристики лущеного шпона. Твердость древесины березы составляет 3,5 по Бринеллю, а пределы прочности на растяжение вдоль волокон для древесины 168, для шпона лущеного 77,6 МПа. Твердость древесины бука 3,8, пределы прочности соответственно 123 и 63,8.

Отметим, несмотря на то, что плотность бука несколько выше плотности березы — $589, 523 \text{ кг/м}^3$ соответственно, пределы прочности на растяжение лущеного шпона выше у березы. Это, вероятно, связано с макро- и микростроением древесины этих пород.

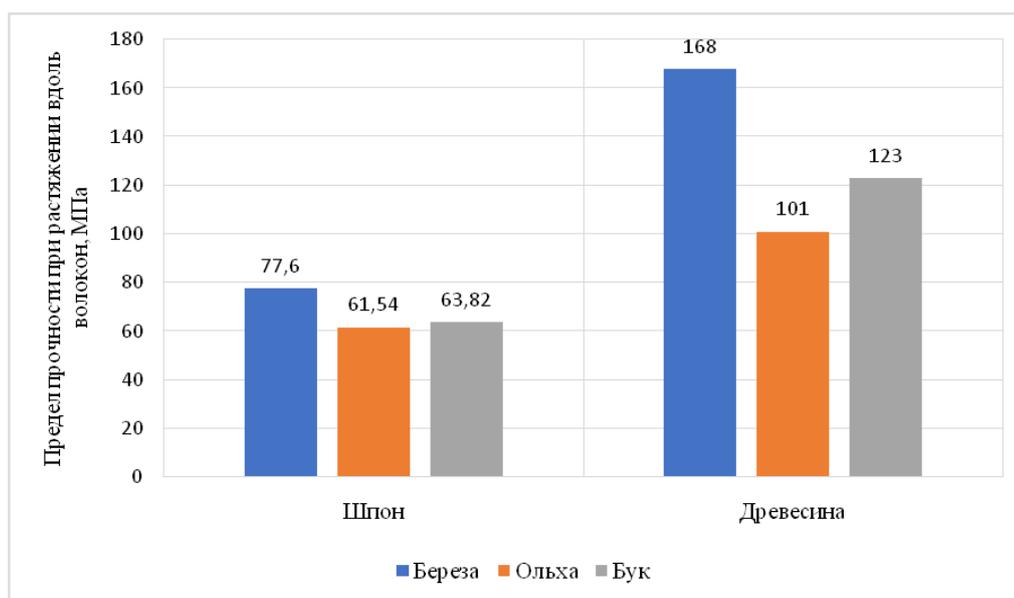


Рис. 3. Предел прочности при растяжении вдоль волокон древесины и лущеного шпона пород береза, ольха и бук

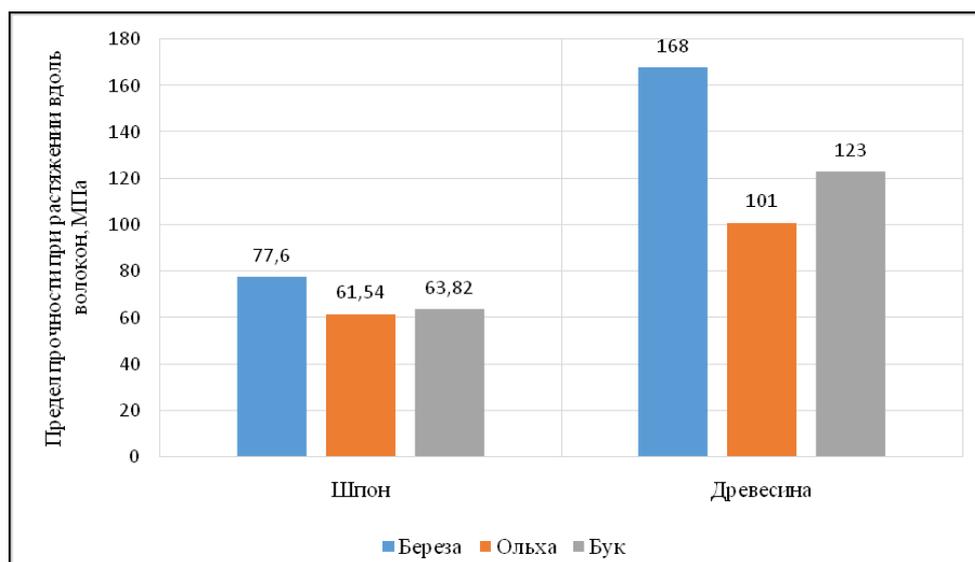


Рис. 4. Предел прочности при растяжении поперек волокон древесины и лущеного шпона пород береза, ольха и бук

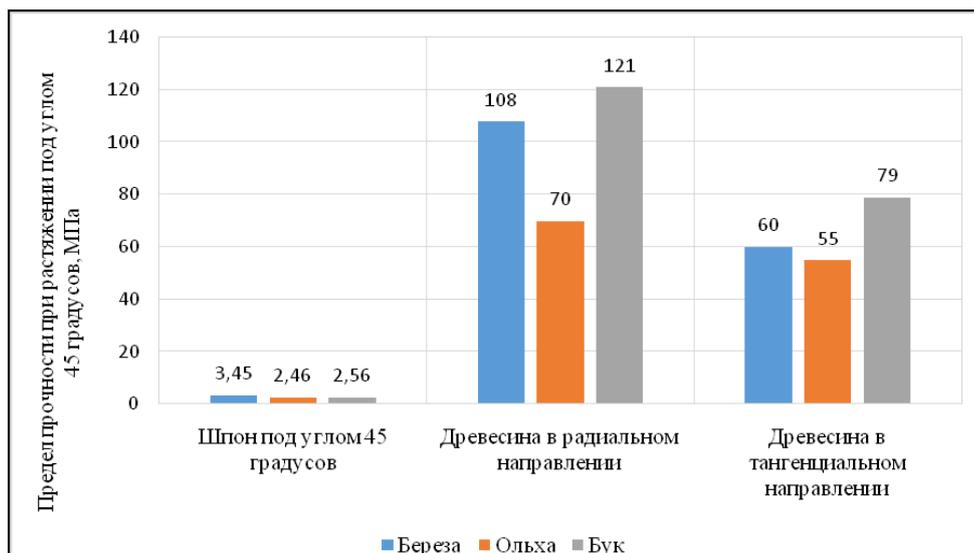


Рис. 5. Предел прочности при растяжении под углом 45° к продольному направлению волокон древесины и лущеного шпона пород береза, ольха и бук

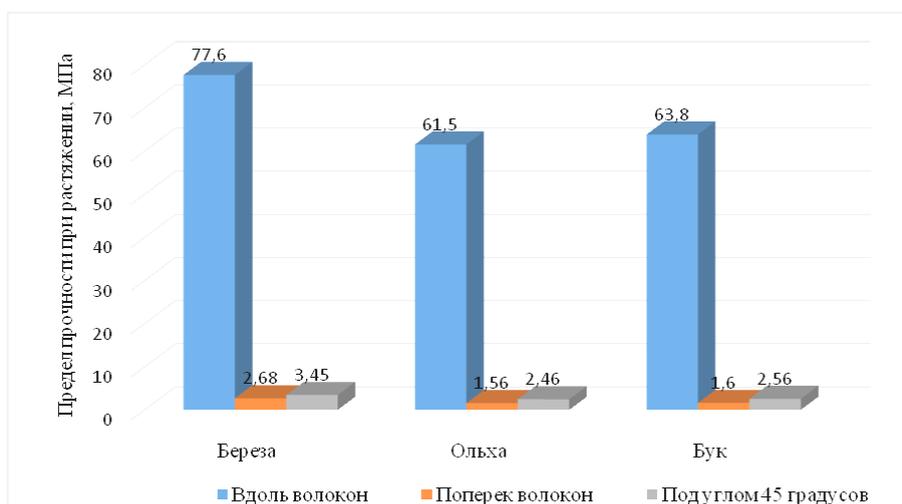


Рис. 6. Значения пределов прочности на растяжение вдоль и поперек волокон, под углом 45° лущеного шпона пород березы, ольхи и бука

Из диаграмм на рис. 2–6 видим, что значение предела прочности при растяжении вдоль волокон значительно превосходит показатели поперек волокон и под углом 45° и составляет для березы 77,6 МПа. При сравнении двух последних показателей видно, что самую низкую прочность показывают образцы, испытанные поперек волокон для березы, средний предел прочности составляет 2,68 и под углом 45° — 3,45 МПа.

Так предел прочности вдоль волокон для лущеного шпона древесины березы составил 77,6, бука — 63,82, ольхи — 61,54 МПа. Аналогичным образом изменяются значения пределов прочности под углом 45° и поперек волокон древесины. Это связано со строением древесины.

Древесина березы имеет высокую плотность, однородное строение, ствол имеет прямую форму и относительно малое количество ветвей в сравнении с ольхой и буком. Шпон из березы имеет более прямую и ровную структуру с ярко выраженными годичными кольцами и прочными волокнами.

Древесина бука по прочности не уступает дубовой, но отличается высокой гигроскопичностью. Ствол взрослого дерева напоминает цилиндр, который имеет мощные ветви. Бук относится к безъядерным породам и его годичный слой состоит из однородных клеток, которые не имеют заметных границ между ранними и поздними порами. Буковый шпон имеет достаточно однородную структуру.

Древесина ольхи мягкая порода, без ярко выраженной структуры. Имеет широкую и неровную форму ствола, а также большое количество ветвей, которые влияют на структуру древесины. Шпон из ольхи, в свою очередь, имеет более волнистую и неровную структуру с менее выраженными годичными кольцами и мягкими волокнами.

Наилучшую прочность показал лущеный шпон березы, поэтому дальнейший эксперимент проводили с этой породой. Результаты исследования влияния направления волокон шпона при формировании пакетов фанеры представлены на рис. 7.

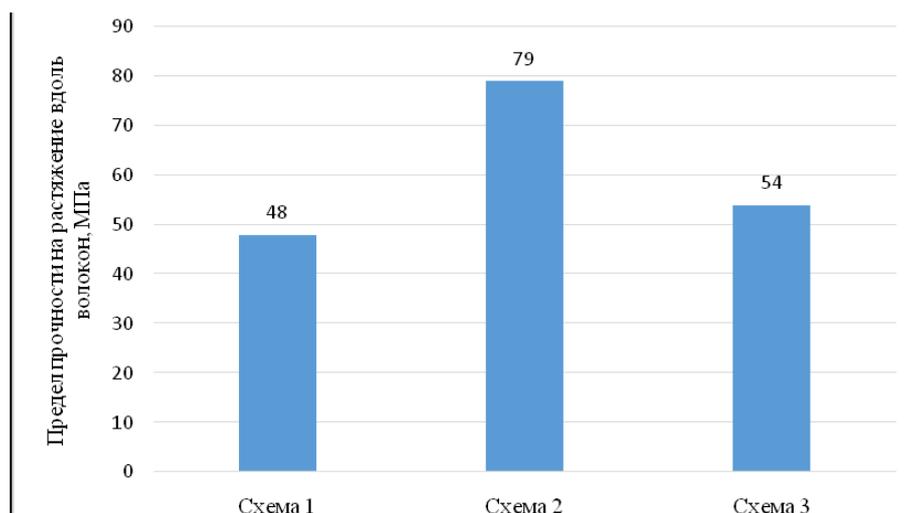


Рис. 7. Значения предела прочности на растяжение вдоль волокон для фанеры с различной схемой укладки шпона: 1-я схема: традиционный способ формирования — волокна древесины шпона в смежных слоях имеют взаимно перпендикулярное расположение волокон. 2-я схема: каждые два слоя с параллельным направлением волокон древесины шпона чередуются с одним слоем, имеющим взаимно перпендикулярное расположение. 3-я схема: волокна древесины шпона в смежных слоях последовательно смещены на угол 45°

Анализ данных рис. 7 показывает, что наибольший предел прочности при растяжении вдоль волокон у березовой фанеры, сформированной по схеме 2, где присутствует наибольшее количество листов шпона с продольным направлением волокон (4 из 5), далее по схеме 3, где два листа шпона уложены под углом 45° , и, наконец, по схеме 1 (традиционной). Установили, что увеличение количества продольных слоев шпона приводит к увеличению прочностных показателей на 40 %. Использование в схемах формирования пакетов направления под углом 45° также увеличивает прочность на растяжение до 12 %.

Исследование влияния породы древесины на прочностные характеристики лущеного шпона показывают, что:

- предел прочности при растяжении лущеного шпона зависит от породы древесины, из которой изготавливается шпон;
- пределы прочности лущеного шпона при растяжении вдоль и поперек волокон, под углом 45° очень различаются. Прочность вдоль волокон древесины оказывается значительно большей.

Литература

1. Филиппович А. История фанеры // ЛесПромИнформ. 2018. № 3. С. 133-152.
2. Шум Н.М. Оценка экономического развития лесного комплекса России // Вектор экономики. 2020. № 12. С. 112-113.
3. INIST V. P. S. P. S. PS 1-09-Structural Plywood // Gaithersburg (MD): National Institute of Standards and Technology, 2010.
4. EN B. S. 636: 2012+ A1: 2015 // Plywood. Specifications, BSI. 2013.
5. Митрофанов В.Е. Влияние режимов прессования на характеристики фанерной панели // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2019. № 2. С. 66-69.
6. Лукаш А.А., Савенко В.Г. Производство новых видов фанеры // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2004. № 8. С. 238-241.
7. APA-The Engineered Wood Association et al. Performance-Rated Panels, 2016.
8. Kantieva E.V., Ponomarenko L.V. The dependence of sander dust as a filler of amino-formaldehyde adhesives and its technological properties // Proceedings of the International Symposium «Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research» (ISEES 2018). International Symposium on Engineering and Earth Sciences. Ser. «Advances in Engineering Research», 2018. P. 91-95.
9. Струцкая М.В., Кантеева Е.В., Пономаренко Л.В. Разработка и внедрение в производство фанеры нового состава клеевой композиции с использованием в качестве наполнителя шлифовальной пыли // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской области на службу региона: сб. докл. Региональной науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (22-23 нояб. 2016 г.). Воронеж, 2016. С. 80-81.
10. Шамаев В.А., Разиньков Е.М., Ищенко Т.Л. Исследование склеивания фанеры с применением нанокристаллической целлюлозы // Лесотехнический журнал. 2014. № 1. С. 151-155.
11. Шамаев В.А., Разиньков Е.М., Ищенко Т.Л. Повышение прочности склеивания шпона в технологии фанеры // Древесные плиты и фанера: теория и практика: материалы XXIV Всерос. науч.-практической конф. (17-18 марта 2021 г.). СПб., 2021. С. 117-120.
12. Попов В.М. Влияние времени обработки клея в магнитном поле и температуры на прочность клеевых соединений древесины // Науч. журнал КубГАУ. 2012. № 75 (01). С. 1034-1043.
13. Попов В.М., Шендриков М.А., Иванов А.В. Влияние магнитного и электрического полей на прочность клееной древесины // Лесной вестник. Forestry bulletin. 2009. № 4. С. 122-126.

14. Разиньков Е.М., Ищенко Т.Л. Повышение эффективности фанерного производства // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 1 (33). С. 140-146.
15. Царькова Ю.Р. Прочность фанеры и её изготовление // Физика и современные технологии в АПК: материалы XI Всерос. молодежной конф. молодых ученых, студентов и школьников (19 февр. 2020 г.). Орел, 2020. С. 135-139.
16. Разиньков Е.М., Рудь А.А. Зависимость качественного выхода шпона от сортового состава сырья при производстве фанеры // Актуальные направления науч. исследований XXI века: теория и практика. 2019. Т. 7. № 3. С. 231-234.
17. Разиньков Е.М., Ищенко Т.Л., Сергей П. Технологический процесс получения лущеного шпона: влияние внешних температурных условий на оттаивание и прогрев древесины // Лесотехнический журнал. 2022. № 4. С. 141-152.
18. Жирнов А.Б. Исследования физико-механических свойств шпона лущеного из березы плосколистной // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы IX Междунар. науч.-практической конф. (27-28 апр. 2022 г.). Саратов, 2022. С. 647-650.
19. Факторы, влияющие на прочность фанеры [Электронный ресурс]. URL: <http://profanera.ru/vidyi/factoryi-vliyayushhie-na-prochnost-faneryi.html> (дата обращения: 07.07.2023).
20. ГОСТ 99-96. Заменяющий 99-2016. Шпон лущеный. Технические требования. Введ. 01.01.1998. М.: Изд-во стандартов, 2003. 10 с.
21. ГОСТ 9622-2016. Древесина слоистая клееная. Методы определения предела прочности и модуля упругости при растяжении. Введ. 04.01.2018. М.: Стандартинформ, 2017. 8 с.
22. ГОСТ 2088-75. Шпон лущеный. Методы испытаний (с изменениями № 1 и 2). Введ. 07.01.1976. М.: Изд-во стандартов, 1993. 8 с.
23. ГОСТ 3916.1-2018. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. Технические условия. Введ. 04.01.2019. М.: Стандартинформ, 2003. 10 с.
24. ГОСТ 9620-1994. Древесина слоистая клееная. Отбор образцов и общие требования при испытании. Введ. 01.01.1996. М.: Стандартинформ, 1995. 6 с.
25. Древесиноведение [Электронный ресурс]. URL: https://bstudy.net/987385/tehnika/plotnost_drevesiny (дата обращения: 07.07.2023).
9. Struckaya M.V., Kantieva E.V., Ponomarenko L.V. Development and introduction into the production of plywood of a new composition of adhesive composition using grinding dust as a filler // Innovacionnye razrabotki molodyh uchenyh Voronezhskoj oblasti na sluzhbu regiona: sb. dokl. Regional'noj nauch. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh (22-23 noyab. 2016 g.). Voronezh, 2016. P. 80-81.
10. SHamaev V.A., Razin'kov E.M., Ishchenko T.L. Research of plywood gluing using nanocrystalline cellulose // Forestry Engineering Journal. 2014. № 1. P. 151-155.
11. SHamaev V.A., Razin'kov E.M., Ishchenko T.L. Increasing the strength of veneer bonding in plywood technology // Drevesnye plity i fanera: teoriya i praktika: materialy XXIV Vseros. nauch.-prakticheskoy konf. (17-18 marta 2021 g.). SPb., 2021. P. 117-120.
12. Popov V.M. Influence of glue processing time in a magnetic field and temperature on the strength of wood glue joints // Scientific Journal of KubSAU. 2012. № 75 (01). P. 1034-1043.
13. Popov V.M., SHendrikov M.A., Ivanov A.V. Influence of magnetic and electric fields on the strength of glued wood // Forestry bulletin. 2009. № 4. P. 122-126.
14. Razin'kov E.M., Ishchenko T.L. Improving the efficiency of plywood production // Forestry Engineering Journal. 2019. V. 9. № 1 (33). P. 140-146.
15. Car'kova YU.R. The strength of plywood and its manufacture // Fizika i sovremennye tekhnologii v APK: materialy HI Vseros. molodezhnoj konf. molodyh uchenyh, studentov i shkol'nikov (19 fevr. 2020 g.). Orel, 2020. P. 135-139.
16. Razin'kov E.M., Rud' A.A. Dependence of the quality yield of veneer on the varietal composition of raw materials in the production of plywood // Aktual'nye napravleniya nauch. issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2019. V. 7. № 3. P. 231-234.
17. Razin'kov E.M., Ishchenko T.L., Sergej P. Technological process of obtaining peeled veneer: the influence of external temperature conditions on thawing and warming of wood // Forestry Engineering Journal. 2022. № 4. P. 141-152.
18. ZHirnov A.B. Studies of the physico-mechanical properties of shelled birch veneer // Innovacii v prirodobustrojstve i zashchite v chrezvychajnyh situacijah: materialy IH Mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf. (27-28 apr. 2022 g.). Saratov, 2022. P. 647-650.
19. Factors affecting the strength of plywood [Elektronnyj resurs]. URL: <http://profanera.ru/vidyi/factoryi-vliyayushhie-na-prochnost-faneryi.html> (data obrashcheniya: 07.07.2023).
20. GOST 99-96. Zamenyayushchij 99-2016. Peeled veneer. Technical requirements. Vved. 01.01.1998. M.: Izd-vo standartov, 2003. 10 p.
21. GOST 9622-2016. Laminated glued wood. Methods for determining the ultimate strength and modulus of elasticity in tension. Vved. 04.01.2018. M.: Standartinform, 2017. 8 p.
22. GOST 2088-75. Peeled veneer. Test methods (with amendments No. 1 and 2). Vved. 07.01.1976. M.: Izd-vo standartov, 1993. 8 p.
23. GOST 3916.1-2018. General purpose plywood with outer layers of hardwood veneer. Technical conditions. Vved. 04.01.2019. M.: Standartinform, 2003. 10 p.
24. GOST 9620-1994. Laminated glued wood. Sampling and general testing requirements. Vved. 01.01.1996. M.: Standartinform, 1995. 6 p.
25. Wood science [Elektronnyj resurs]. URL: https://bstudy.net/987385/tehnika/plotnost_drevesiny (data obrashcheniya: 07.07.2023).

References

1. Filippovich A. The history of plywood // LesPromInform. 2018. № 3. P.133-152.
2. SHum N.M. Assessment of the economic development of the Russian forest complex // Vectoreconomy. 2020. № 12. P.112-113.
3. INIST V. P. S. P. S. PS 1-09-Structural Plywood // Gaithersburg (MD): National Institute of Standards and Technology, 2010.
4. EN B. S. 636: 2012+ A1: 2015 // Plywood. Specifications, BSI. 2013.
5. Mitrofanov V.E. Influence of pressing modes on the characteristics of the plywood panel // Inzhenernye kadry - budushchee innovacionnoj ekonomiki Rossii. 2019. № 2. P. 66-69.
6. Lukash A.A., Savenko V.G. Production of new types of plywood // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. 2004. № 8. P. 238-241.
7. APA-The Engineered Wood Association et al. Performance-Rated Panels, 2016.
8. Kantieva E.V., Ponomarenko L.V. The dependence of sander dust as a filler of amino-formaldehyde adhesives and its technological properties // Proceedings of the International Symposium «Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research» (ISEES 2018). International Symposium on Engineering and Earth Sciences. Ser. «Advances in Engineering Research», 2018. P. 91-95.