

УДК 674.048:667.74

С. С. Гайдук¹, Т. А. Касперович²¹Белорусский государственный технологический университет²ООО «Европроект-Центр»**ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ДРЕВЕСИНЫ**

Научно-исследовательская работа проводилась с целью установления основных физико-механических показателей лакокрасочных покрытий на поверхности массивной древесины, образованных с использованием импортных лакокрасочных материалов, при этом учитывалось максимальное воздействие внешних факторов в естественных условиях эксплуатации. Для создания на поверхности образцов лакокрасочного слоя применялись акриловые и полиуретановые лакокрасочные материалы импортного производства. В качестве основы для создания покрытий использовались мебельные щиты из древесины сосны и дуба. Эксперимент проводился на разных породах, для того чтобы оценить, как лакокрасочное покрытие проявляет себя на мягкой (сосна) и на более твердой (дуб) породе древесины. Для оценки стойкости лакокрасочных покрытий к внешнему воздействию в качестве основных показателей были выбраны следующие: твердость лакокрасочного покрытия, стойкость к истиранию (по коэффициенту стойкости к истиранию и числу сошлифовки), ударная прочность, адгезия. Декоративные свойства покрытия оценивались величиной блеска. Исследования по определению стойкости к истиранию, ударной прочности, адгезии, величины блеска проводились на образцах древесины, а твердости – на стеклянных образцах по стандартизированным методикам. Экономические расчеты показали, что стоимость создания лакокрасочного покрытия на 1 м² поверхности с использованием акриловых и полиуретановых материалов практически одинаковая, а это позволяет выбирать покрытие с учетом максимального соответствия предъявляемым требованиям.

Ключевые слова: мебельный щит, лакокрасочный материал, лакокрасочное покрытие, твердость, ударная прочность, стойкость к истиранию, адгезия, блеск.

S. S. Haiduk¹, T. A. Kasperovich²¹Belarusian State Technological University²LLC "Europroject-Center"**ASSESSMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL INDICATORS
OF WOOD PAINT COATINGS**

The research work was carried out in order to establish the basic physicomachanical indicators of paint coatings on the surface of solid wood, formed using imported paint and varnish materials, taking into account the maximum impact of external factors in natural operating conditions. Acrylic and polyurethane paints and varnishes of imported production were used to create a paint layer on the surface of samples. As a basis for creating coatings, furniture panels made of pine and oak wood were used. The experiment was carried out on different rocks in order to evaluate how the paintwork manifests itself on soft (pine) and harder (oak) wood species. To assess the resistance of paint coatings to external influences, the main indicators were as follows: hardness of paint coating, resistance to abrasion (in terms of resistance to abrasion and the number of grinding), impact strength, adhesion. The decorative properties of the coating were evaluated by the magnitude of the gloss. Studies to determine abrasion resistance, impact strength, adhesion, gloss were conducted on wood samples, and hardness – on glass samples using standardized methods. Economic calculations have shown that the cost of creating a paint coating on 1 m² of surface using acrylic and polyurethane materials is almost the same, which allows you to choose a coating with maximum compliance with the requirements.

Key words: furniture shield, paintwork material, paintwork, hardness, impact strength, abrasion resistance, adhesion, gloss.

Введение. Значительное влияние на формирование и развитие экономики отдельных стран и регионов оказывает стабильный рост рынков товаров длительного пользования. Производство таких товаров является одним из факторов мировых интеграционных про-

цессов, а рынок товаров длительного пользования становится одним из наиболее значимых секторов экономики. Товары длительного пользования – материальные товары, купленные конечными потребителями для личного потребления, срок службы которых составляет

несколько лет и позволяет выдерживать многократное потребление. Одним из таких товаров является мебельная продукция, которая достаточно активно используется в повседневной жизни человека [1].

По данным Центра промышленных исследований CSIL Milano, объем мирового мебельного рынка оценивается более чем в 400 млрд долл. США в год по розничным ценам. В рейтинге CSIL Milano Республика Беларусь занимает 37-е место по экспорту из 100. По данным Министерства статистики, годовой объем производства мебели составляет порядка 1,29 млн бел. руб. При этом следует отметить, что если в странах Западной Европы потребление мебели на душу населения составляет 210 евро в год, в странах Центрально-Восточной Европы – 100, то в Беларуси – лишь 25 [2–3].

Значительную часть мебельного рынка Республики Беларусь занимает продукция, в качестве конструкционного материала в которой используются плитные материалы с «финиш-эффектом» (ламинированные плиты). Низкая себестоимость и, как следствие, доступность такой мебели определяются невысокой стоимостью сырья и минимальным парком технологического оборудования, необходимого для организации процесса производства.

С учетом ужесточения экологических требований все больше увеличивается выпуск мебели из массивной древесины. Обработка массива требует достаточно большого парка технологического оборудования, больших производственных площадей, дорогостоящего сырья и материалов. Финишным этапом технологического процесса изготовления мебели из массива является отделка лакокрасочными материалами, которая позволяет не только подчеркнуть природную красоту древесины, но и защитить ее от внешнего воздействия на длительный промежуток времени. Следует отметить, что неправильный выбор лакокрасочных материалов и несоблюдение технологии на этом этапе приводят к ухудшению внешнего вида даже рационально спроектированного и изготовленного изделия и, соответственно, к увеличению брака, что в конечном итоге влияет на технико-экономические показатели предприятия. Традиционной является отделка изделий из древесины жидкими лакокрасочными материалами, среди перспективных направлений также можно выделить порошковую технологию окраски [4, 5].

Следует отметить, что рынок лакокрасочных материалов в Республике Беларусь представлен широким кругом производителей как отечественных, так и зарубежных. В ассорти-

менте имеются такие бренды, как Sirca, Remmers, Sherwin-Williams, Sayerlack, «Лакокраска», МАВ и др. В соответствии с требованиями стандартов (ГОСТ 31093 [6] и СТБ 1871 [7]) к лакокрасочным материалам и покрытиям на их основе предъявляется целый ряд требований, при этом следует отметить, что большинство производителей при поставке ограничиваются достаточно краткой характеристикой материала, которая зачастую включает только состав, подготовку основания, методы нанесения и способы сушки. Такая информация не позволяет в полной мере оценить эксплуатационные свойства получаемых лакокрасочных покрытий.

Широкое применение лакокрасочных материалов в промышленности, и в частности в деревообработке, диктует необходимость постоянной оценки их качества, что дает возможность предвидеть поведение лакокрасочных материалов в процессе создания защитно-декоративных покрытий, а также прогнозировать свойства покрытий при различных условиях эксплуатации.

Целью проводимых исследований являлась оценка эксплуатационных показателей лакокрасочных покрытий массивной древесины дуба и сосны, образованных с использованием акриловых и полиуретановых импортных лакокрасочных материалов (производство Италия), а также оценка декоративных свойств по величине блеска покрытия.

Основная часть. В качестве основных физико-механических показателей лакокрасочных покрытий, которые оценивались в процессе исследований, были следующие:

- твердость лакокрасочных покрытий;
- стойкость к истиранию;
- ударная прочность;
- адгезия лакокрасочного покрытия к древесине.

Испытания по определению стойкости к истиранию, ударной прочности, адгезии и блеска лакокрасочных покрытий проводились на образцах, изготовленных из древесины, а испытания по определению их твердости – на стеклянных образцах. Подготовка образцов к нанесению лакокрасочных покрытий и проведению испытаний осуществлялась в соответствии с требованиями ГОСТ 8832 [8].

Для проведения исследований использовались следующие материалы:

- краситель;
- акриловый и полиуретановый грунты;
- акриловый и полиуретановый лаки.

Выбор акриловых и полиуретановых материалов для исследований основывается на том, что они пользуются наибольшей популярно-

стью для отделки изделий из древесины и древесных материалов, так как обладают высокими эксплуатационными и технологическими показателями [9–11]. К основным достоинствам полиуретановых материалов относятся высокая твердость и адгезия, хорошие декоративные свойства, а к достоинствам акриловых – атмосферо- и светостойкость, прочность, декоративность, а также хорошая межслойная адгезия и адгезия к различным основаниям.

В качестве основы под лакокрасочные покрытия использовались мебельные щиты, изготовленные из древесины дуба и сосны. На них методом распыления был нанесен слой красителя, слой грунтовки и два слоя лака с промежуточным шлифованием. При создании защитно-декоративных покрытий на образцах из древесины расход красителя составлял 100–120 г/м², а грунтовки и лака – 160–180 г/м² на один слой. Сушка производилась в естественных условиях ($t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, $\phi = 60 \pm 5\%$). На стеклянные пластины лакокрасочный материал наносился методом распыления в один слой с получением сухой пленки толщиной 20–25 мкм.

Для проведения испытаний было сформировано 4 партии образцов. К первой партии относили образцы, изготовленные из древесины дуба с двумя финишными слоями акрилового лака, ко второй партии – из древесины сосны с двумя финишными слоями акрилового лака, к третьей партии – из древесины дуба с двумя финишными слоями полиуретанового лака, к четвертой партии – из древесины сосны с двумя финишными слоями полиуретанового лака.

Для проведения всех видов испытаний в каждую партию входили образцы со следующими размерами и в количестве:

- 90×120×1,5 мм – 2 образца (стеклянные);
- 100×100×20 мм – 3 образца (древесина);
- 250×250×20 мм – 3 образца (древесина);
- 50×50×20 мм – 10 образцов (древесина).

Определение стойкости лакокрасочных покрытий к истиранию проводилось согласно ГОСТ 27820 [12].

Стойкость лакокрасочных покрытий к истиранию определяется по следующим величинам:

- коэффициенту стойкости к истиранию (K);
- числу сошлифовки (Z).

Коэффициент стойкости характеризует изменение массы образца с лакокрасочным покрытием, определенной в граммах, на 50 оборотов стола при воздействии вращающихся роликов с абразивным материалом.

Число сошлифовки характеризует число оборотов стола, после которого декоративный рисунок истерся на 50% площади контакта с

абразивными роликами или стала видна окрашиваемая поверхность.

Определение ударной прочности защитно-декоративных покрытий проводилось согласно ГОСТ 27736 [13]. Суть методики заключается в нахождении максимальной высоты, при падении с которой шарик не повреждает покрытия в результате трех испытаний на одном образце.

Определение адгезии лакокрасочных покрытий проводилось согласно ГОСТ 27325 [14].

Величину адгезии σ_A , МПа, вычисляли по следующей формуле:

$$\sigma_A = \frac{P}{S_{\text{от}}}, \quad (1)$$

где P – разрушающая нагрузка при отрыве цилиндра от поверхности, МПа; $S_{\text{от}}$ – площадь отрыва, мм².

Определение твердости лакокрасочных покрытий проводилось согласно ГОСТ 5233 [15].

Величину твердости H в условных единицах определяют по формуле

$$H = \frac{t}{t_1}, \quad (2)$$

где t – время затухания колебаний маятника от 5 до 2° на испытуемом лакокрасочном покрытии, с; t_1 – время затухания колебаний маятника от 5 до 2° на пластине из фотостекла («стеклянное число»), с.

Определение блеска лакокрасочных покрытий проводилось с помощью фотоэлектрического блескомера Multigloss-268 с углом падения светового потока 60°.

Сущность метода определения блеска прозрачных лаковых покрытий заключается в определении величины фототока, возбуждаемого в фотоприемнике под действием света, зеркально отраженного от поверхности контролируемого покрытия с учетом светлоты окрашиваемого материала [16].

Результаты проведения испытаний по определению физико-механических показателей лакокрасочных покрытий представлены в таблице.

Анализ полученных результатов по определению износостойкости показывает, что акриловое покрытие на обоих образцах древесины имеет меньшую потерю массы при 50 оборотах табер-теста в сравнении с полиуретановым лаком. На образцах из древесины дуба число сошлифовки оказалось ниже, чем на древесине сосны. Древесина дуба имеет более пористую структуру, которая приводит к тому, что часть лакокрасочного материала идет на ее заполнение, вследствие чего происходит уменьшение количества оборотов табер-теста, необходимых для истирания 50% площади покрытия.

Результаты исследований физико-механических свойств лакокрасочных покрытий

Лакокрасочный материал	Материал основы	Стойкость к истиранию		Ударная прочность, мм	Адгезия, МПа	Твердость	Блеск
		коэффициент стойкости K_{cp}	число сошлифовки Z				
Акриловый	Сосна	0,126	156	750	1,21	–	65
Полиуретановый	Сосна	0,161	128	1250	1,15	–	43
Акриловый	Дуб	0,087	108	1000	1,85	–	69
Полиуретановый	Дуб	0,125	105	1500	1,58	–	46
Акриловый	Стекло	–	–	–	–	0,69	–
Полиуретановый	Стекло	–	–	–	–	0,60	–

Проанализировав данные по определению ударной прочности, можно сказать, что полиуретановое покрытие более стойкое к ударам, так как по своей природе оно более эластичное, нежели акриловое. На образцах, изготовленных из древесины сосны, ударная прочность ниже по сравнению с образцами древесины дуба. Это связано с тем, что древесина дуба обладает более высокой твердостью и тем самым создает прочное основание для лакокрасочного покрытия, которое меньше подвержено механическим повреждениям.

Из оценки показателей можно сделать вывод, что на древесине дуба величина адгезии выше, чем на древесине сосны, т. е. покрытие обладает более высокими адгезионными свойствами, следовательно, характеризуется более сильным межмолекулярным взаимодействием с поверхностью, а значит, для разделения должна быть затрачена большая удельная работа. Полученные результаты могут быть обусловлены тем, что дуб является открыто пористой породой древесины. Это создает дополнительную площадь контакта за счет проникновения лакокрасочного материала в поры. На древесине сосны показатели величины адгезии ниже в сравнении с древесиной дуба, так как древесина более мягкая, смолистая, с неярко выявленной фактурой. Подтверждением вышесказанного является характер разрушения образцов в процессе испытания. Так, для образцов из древесины дуба был характерен адгезионный вид разрушения (по границе раздела покрытие – клей), а для образцов из сосны – когезионный (по материалу основы). Следует отметить, что акриловые материалы характеризуются лучшим проникновением в поры древесины, тем самым увеличивают величину адгезии по сравнению с полиуретановыми.

Анализ полученных результатов показывает, что твердость покрытий находится на достаточно высоком уровне. Это объясняется тем, что в ходе эксперимента использовались лакокрасочные покрытия с повышенной твердостью. Сравнение двух покрытий между собой показывает, что акриловый лак имеет более высокий показатель твердости, нежели полиуретановый.

Оценка блеска покрытия показала, что акриловое покрытие относится к глянцевому, а полиуретановое – к полуглянцевому.

Для оценки экономической составляющей была рассчитана стоимость создания лакокрасочного покрытия на 1 м² площади. В расчет входила стоимость материалов (краситель, грунт, лак), необходимые для создания лакокрасочного покрытия с применением одинаковых методов нанесения. Затраты на акриловые материалы составили – 7,58 руб. на 1 м², а на полиуретановые – 7,48 руб.

Выводы. Установлено, что акриловое лакокрасочное покрытие по сравнению с полиуретановым обладает более высокими физико-механическими показателями, а именно: повышенной износостойкостью, твердостью и адгезией. Кроме того, следует отметить, что акриловые материалы устойчивы к ультрафиолетовому излучению, что исключает выгорание и изменение колера. С точки зрения декоративных свойств акриловое покрытие по степени блеска относится к глянцевым, а полиуретановое – к полуглянцевым. Расчет затрат на материалы для создания 1 м² лакокрасочного покрытия показал, что отличия между акриловым и полиуретановым покрытиями минимальные.

Литература

1. Зоткина А. Н. Тенденции развития рынка мебели Республики Беларусь в условиях мирового финансово-экономического кризиса // Научные труды БГЭУ. 2010. С. 158–164.
2. Европейский гарнитур: чем обставлен глобальный рынок мебели. URL: <https://neg.by/novosti/otkrytj/evropejskij-garnitur> (дата обращения: 06.02.2019).
3. Промышленность Республики Беларусь: статистический сборник / Нац. статист. ком. Респ. Беларусь. Минск, 2018. 193 с.
4. Прохорчик С. А. Технология защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов. Минск: БГТУ, 2014. 297 с.

5. Желтоухова Н. А., Новоселова И. В. Лакокрасочные материалы для мебельного производства // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 3–2. С. 331–334.
6. Материалы лакокрасочные мебельные. Общие технические условия: ГОСТ 31093–2003. Введ. 01.11.04. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2004. 12 с.
7. Мебель. Покрытия защитно-декоративные. Технические требования и методы контроля: СТБ 1871–2008. Введ. 01.08.08. Минск: Госстандарт, 2008. 24 с.
8. Материалы лакокрасочные. Методы получения лакокрасочного покрытия для испытания: ГОСТ 8832–76. Введ. 01.01.77. М.: Изд-во стандартов, 1977. 16 с.
9. Онегин В. И., Цой Ю. И. Отделка мебели – состояние, перспективы // Известия С.-Пб. лесотехн. акад. 2003. № 169. С. 156–162.
10. Новоселова И. В. Сравнительные показатели эксплуатационных свойств паркетных лаков // Лесотехнический журнал. 2014. Т. 4, № 4 (16). С. 123–129.
11. Митрофанова С. Е. Динамика производства полиуретановых лакокрасочных материалов на мировом и российском рынках // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 14. С. 304–305.
12. Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения стойкости защитно-декоративных покрытий к истиранию: ГОСТ 27820–88. Введ. 01.01.89. М.: Изд-во стандартов, 1989. 7 с.
13. Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения ударной прочности защитно-декоративных покрытий: ГОСТ 27736–88. Введ. 20.06.88. М.: Изд-во стандартов, 1988. 5 с.
14. Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения адгезии лакокрасочных покрытий: ГОСТ 27325–87. Введ. 17.06.87. М.: Изд-во стандартов, 1987. 6 с.
15. Материалы лакокрасочные. Метод определения твердости покрытий по маятниковому прибору: ГОСТ 5233–89 (ИСО 1522–73). Введ. 01.01.90. М.: Изд-во стандартов, 1990. 7 с.
16. Материалы лакокрасочные. Метод определения блеска лакокрасочных покрытий, не обладающих металлическим эффектом, под углом 20°, 60° и 85°: ГОСТ 31975–2013. Введ. 01.08.14. М.: Стандартинформ, 2014. 22 с.

References

1. Zotkina A. N. Trends in the Development of the Furniture Market of the Republic of Belarus in the Conditions of the World Financial and Economic Crisis. *Nauchnyye trudy BGEU* [Scientific Works of BSEU], 2010, pp. 158–164 (In Russian).
2. *Evropeyskiy garnitur: chem obstavlen global'nyy rynek mebeli* [European set: how the global furniture market is furnished]. Available at: <https://neg.by/novosti/otkrytj/evropejskij-garnitur> (accessed 06.02.2019).
3. *Promyshlennost' Respubliki Belarus': statisticheskiy sbornik* [Industry of the Republic of Belarus: statistical compilation]. Minsk, 2018. 193 p.
4. Prokhorchik S. A. *Tekhnologiya zashchitno-dekorativnykh pokrytiy drevesiny i drevesnykh materialov* [Technology of protective and decorative coatings of wood and wood materials]. Minsk, BGTU Publ., 2014. 297 p.
5. Zheltoukhova N. A., Novoselova I. V. Paints and varnishes for furniture production. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Current research directions of the XXI century: theory and practice], vol. 2, no. 3–2, pp. 331–334 (In Russian).
6. GOST 31093–2003. Materials paint and varnish furniture. General specifications. Minsk, Mezhsudarstvennyy sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii Publ., 2004. 12 p. (In Russian).
7. STB 1871–2008. Furniture. Protective and decorative coatings. Technical requirements and control methods. Minsk, Gosstandart Publ., 2008. 24 p. (In Russian).
8. GOST 8832–76. Paint materials. Methods for obtaining paint coating for testing. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1977. 16 p. (In Russian).
9. Onegin V. I., Tsoy Yu. I. Furniture decoration – condition, prospects. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [News of the St. Petersburg Forestry Academy], 2003, no. 169, pp. 156–162 (In Russian).
10. Novoselova I. V. Comparative performance indicators of parquet lacquers. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry magazine], 2014, vol. 4, no. 4 (16), pp. 123–129 (In Russian).
11. Mitrofanova S. Ye. Dynamics of production of polyurethane paints and varnishes in the world and Russian markets. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2014, vol. 17, no. 14, pp. 304–305 (In Russian).

12. GOST 27820–88. Parts and products of wood and wood materials. Method for determining the resistance of protective and decorative coatings to abrasion. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1989. 7 p. (In Russian).

13. GOST 27736–88. Parts and products of wood and wood materials. Method for determination of impact resistance of protective and decorative coatings. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1988. 5 p. (In Russian).

14. GOST 27325–87. Parts and products of wood and wood materials. Method for determining the adhesion of coatings. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1987. 6 p. (In Russian).

15. GOST 5233–89 (ISO 1522–73). Paint materials. Method for determination of hardness of coatings by pendulum device. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1990. 7 p. (In Russian).

16. GOST 31975–2013. Paint materials. Method for determining the gloss of paint coatings that do not have a metallic effect at an angle of 20°, 60° and 85°. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 22 p. (In Russian).

Информация об авторах

Гайдук Сергей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: haiduk@belstu.by

Касперович Татьяна Александровна – технолог технологического отдела промышленных технологий. ООО «Европроект-Центр» 223056, а. г. Сеница, ул. Мирутко, 68-10, Республика Беларусь). E-mail: t.kasperovich@epio.com.

Information about the authors

Haiduk Siarhei Siargeevich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: haiduk@belstu.by

Kasperovich Tatyana Alexandrovna – technologist, Industrial Technology Department. LLC "Euro-project-Center" (68-10, Mirutko str., 223056, Senica, Republic of Belarus). E-mail: t.kasperovich@epio.com

Поступила 12.03.2019