

Исследование физико-механических и эксплуатационных свойств водно-дисперсионных лакокрасочных материалов для отделки древесины

Ю.И. Цой^{1a}, А.К. Блинов^{2b}, В.Ю. Поликарпов^{1c}

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, пер. Институтский, 5, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия им. А.Л. Штиглица, пер. Соляной, 13, Санкт-Петербург, Россия

^a tsoi-yuriy@yandex.ru, ^b kdm@ghpa.ru, ^c mrpe4en@gmail.com

^a <https://orcid.org/0000-0002-7906-9662>,

^b <https://orcid.org/0000-0001-8957-4593>,

^c <https://orcid.org/0000-0003-3029-9181>

Статья поступила 30.09.2019, принята 23.10.2019

Приведены результаты исследований физико-механических и эксплуатационных свойств защитно-декоративных покрытий древесины на основе водно-дисперсионных лакокрасочных материалов (ВДЛКМ) и рациональные параметры режима нанесения лакокрасочного материала на древесину. В результате проведения экспериментальных исследований установлено, что наибольшей твердостью обладает покрытие, сформированное на основе водно-дисперсионного лакокрасочного материала «Аквалак». Кроме того, лак обладает наилучшей смачивающей способностью по сравнению с краской. Наибольшая твердость сформированного лакокрасочного покрытия (ЛКП) свидетельствует о том, что ЛКП на основе ВДЛКМ обладает большей упорядоченностью структуры покрытия, нежели лакокрасочное покрытие на основе краски. Низкий балл по адгезии ЛКП при сушке при 60 °С у краски на древесине дуба говорит о том, что при увеличении температуры сушки качество покрытия на основе краски снижается. При высоких температурах сушки увеличение содержания воды в краске также оказывает отрицательное влияние на качество формируемого покрытия. Адгезионная же прочность ЛКП на основе ВДЛКМ имеет наибольшие значения как при 40, так и при 60 °С сушки. Таким образом, можно сказать, что наилучшими характеристиками обладает защитно-декоративное покрытие, формируемое из водно-дисперсионного лакокрасочного материала «Аквалак» на подложке из древесины сосны. Как показал анализ результатов полнофакторного эксперимента, все приведенные параметры оказывают влияние на твердость формируемого покрытия как у ВДЛКМ, так и у водно-дисперсионной краски. Судя по наклону поверхностей отклика, можно отметить, что при увеличении значений параметров режима отделки твердость покрытия будет увеличиваться. Однако в большинстве случаев наибольшее влияние на твердость покрытия оказывает расход наносимого водно-дисперсионного лакокрасочного материала, что видно по распределению значений на поверхности отклика. Кроме этого, вязкость ЛКМ оказывает большее влияние на твердость покрытия, чем расстояние от окрашиваемой поверхности до пистолета. Для формирования качественного лакокрасочного покрытия, отвечающего нормативным требованиям, необходимо, чтобы значения параметров режима отделки были в «красной зоне», использование же значений из «бордовой зоны» является нецелесообразным с экономической точки зрения. В статье представлены рациональные значения параметров режима отделки древесины.

Ключевые слова: водно-дисперсионный лак; водно-дисперсионная краска; пневмораспыление; адгезия; твердость покрытия; рациональные параметры режима отделки древесины.

Research of physical, mechanical and operational properties of water-dispersive paints and varnishes for wood finishing

Yu.I. Tsoy^{1a}, A.K. Blinov^{2b}, V.Yu. Polikarpov^{1c}

¹St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State Academy of Art and Industry under name of A.L. Stieglitz; 13, Solyanoy Per., St. Petersburg, Russia

^a tsoi-yuriy@yandex.ru, ^b kdm@ghpa.ru, ^c mrpe4en@gmail.com

^a <https://orcid.org/0000-0002-7906-9662>,

^b <https://orcid.org/0000-0001-8957-4593>,

^c <https://orcid.org/0000-0003-3029-9181>

Received 30.09.2019, accepted 23.10.2019

The results of studies of the physicomchanical and operational properties of protective and decorative wood coatings based on water-dispersion paints and varnishes (SDLCM) and the rational parameters of the application of paints and varnishes on wood are pre-

sented. As a result of experimental studies, it has been found that the coating formed on the basis of the Aqualak water-dispersive paint and varnish material has the highest hardness. In addition, the varnish has the best wetting ability compared to paint. The highest hardness of the formed paint coating (LPC) indicates that LCP based on SDLCM has a more streamlined structure of the coating than a paint-based paint coating. A low adhesive adhesion score when drying at 60 °C for paint on oak wood indicates that with an increase in the drying temperature the quality of the paint-based coating decreases. At high drying temperatures, an increase in the water content in the paint also has a negative effect on the quality of the coating being formed. The adhesive strength of the paintwork based on SDLCM has the greatest values both at 40 and at 60 °C drying. Thus, it can be said that the protective and decorative coating formed from the Aqualak water-dispersion coating material on a pine wood substrate has the best characteristics. As an analysis of the results of a full-factor experiment showed, all of the above parameters affect the hardness of the formed coating both in SDLCM and in water-dispersion paint. Judging by the inclination of the response surfaces, it can be noted that with an increase in the values of the finishing mode parameters, the hardness of the coating will increase. However, in most cases, the greatest impact on the hardness of the coating is exerted by the consumption of the applied water-dispersion coating material, which is evident from the distribution of values on the response surface. In addition, the viscosity of the paintwork has a greater effect on the hardness of the coating than the distance from the surface to be sprayed to the gun. For the formation of a high-quality paint coating that meets regulatory requirements, it is necessary that the values of the parameters of the finishing regime can be found in the "red zone", while the use of the values from the "maroon zone" is impractical from an economic point of view. The article presents the rational values of the parameters of the regime of wood finishing.

Keywords: water-dispersive varnish; water-dispersive paint; air spray; adhesion; coating hardness; rational parameters of wood finishing mode.

Введение. Согласно нынешним тенденциям в сфере экологии и охраны окружающей среды, вопрос об использовании экологически безопасных лакокрасочных материалов (ЛКМ) стоит очень остро. Растущий спрос покупателей на экотовары и стремление компаний производить экологически безопасные продукты лишь подтверждают это. Но данная тенденция строится не только на спросе и предложении. Она обусловлена тем, что производство обычных лакокрасочных материалов нельзя назвать безвредным или нетоксичным. Есть два пути для снижения токсичности — создавать лакокрасочные материалы с высоким сухим остатком либо перейти на лакокрасочные материалы на водно-дисперсионной основе (ВДЛКМ). Выпуск ЛКМ с высоким сухим остатком позволяет сократить использование органических растворителей на 20–30 % и тем самым снизить расход ЛКМ при нанесении, а также в 1,5–2 раза увеличить срок службы покрытий. Однако такие ЛКМ стоят дороже и дольше отверждаются. Наиболее перспективен второй вариант. Применение воды вместо дорогих, токсичных и безвозвратно теряемых органических растворителей существенно снижает вредные выбросы в атмосферу, а также создает благоприятные условия труда при проведении отделочных работ. Кроме того, такие составы не имеют запаха, быстро высыхают и легко наносятся на поверхность, имеют хороший декоративный вид и широкий спектр цветовой гаммы. Таким образом, в соответствии с вышеизложенным, улучшение технологии защитно-декоративной отделки древесины на основе экологически безопасных ВДЛКМ представляется своевременным и актуальным.

Состояние вопроса. Рост производства лакокрасочных композиций на водной основе в России наблюдается с 2010 г. Всего РФ поставяет такую продукцию в более чем 55 стран, причем наибольший процент потребления пока что лишь в соседних странах: Казахстан — 36; Беларусь — 22; Украина — 15; Киргизия — 5,6; Армения — 5,3; Монголия — 3; Таджикистан — 2,8; Грузия — 2,6; Молдова — 2; Абхазия — 1,8 %. Если в 2017 г. Россия экспортировала лакокрасочные материалы лишь в 43 страны, то в 2018 г. — в 57. Это говорит о том, что потребность в российских товарах неуклонно растет. Все вышесказанное подтверждает,

что исследования в сфере производства и применения ВДЛКМ до сих пор не теряют своей актуальности. Из анализа литературных источников, посвященных этой проблеме, можно отметить работу [1], в которой рассмотрена возможность добавления в состав ВДЛКМ наноматериалов, таких как наночастицы серебра. Автор отмечает, что создаваемые ВДЛКМ обладают универсальными свойствами воздействия на различные типы плесневых грибов и бактерий; биоцидная активность защитно-декоративного покрытия способна сохранять свои качества на всем сроке его службы [1].

Разработке технических и технологических рекомендаций по лакокрасочным покрытиям изделий из древесины на основе водно-дисперсионных акриловых лаков, модифицированных металлическими пигментами, посвящены работы [7–9]. Как показали исследования, увеличение объемной концентрации пигментной пасты в ЛКМ обеспечивает повышение твердости, толщины и водостойкости покрытия, а при изменении размеров частиц пигмента с 15 до 45 мкм происходит рост твердости покрытия и уменьшение его водостойкости и толщины.

Изучению атмосферостойкости лакокрасочных покрытий столярно-строительных изделий на основе ВДЛКМ посвящены работы [10; 11]. Результаты исследований показали, что старение вызывает ухудшение внешнего вида всех образцов. Более высокую долговечность по сравнению с алкидными показали покрытия, сформированные на основе водно-дисперсионных акриловых ЛКМ, при этом наиболее высокие показатели адгезии наблюдались у акриловых водно-дисперсионных материалов, а наименьшие — у алкидных.

Исследованиям кинетики сушки ВДЛКМ посвящена работа [12]. Было установлено, что процесс пленкообразования протекает быстрее на поверхности осины по сравнению с поверхностью древесины сосны. Автор объясняет это тем, что при отверждении ЛКМ на поверхности древесины осины преобладает диффундирующая составляющая компонентов лака, а на поверхности древесины сосны — испаряющаяся составляющая, скорость которой меньше. Также данные вопросы находят отражение у авторов работ [2–6; 13–20].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что изучение физико-механических свойств водно-дисперсионных лакокрасочных материалов на основе акриловых дисперсий представляет собой наиболее интересное направление.

Методика проведения исследований. Были проведены исследования основных физико-механических и экс-

плуатационных свойств лакокрасочных покрытий древесины (твердость и адгезионная прочность покрытия), определяющие качество и долговечность изделия. Эксперименты проводили по стандартным методикам. Методическая сетка проведения экспериментов представлена в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Методическая сетка двухфакторного эксперимента по изучению твердости ЛКП различных видов ЛКМ

Задача исследования	Постоянные факторы		Переменные факторы		Выходной параметр	Количество опытов	Количество повторений опытов	Количество наблюдений	Общее количество наблюдений
	Наименование	Значение	Наименование	Значение					
Определение твердости защитно-декоративного покрытия в зависимости от вида и состава ЛКМ	Температура окружающей среды, °C	20±2	«Аквалак»	10%-ный раствор воды; 20%-ный раствор воды; 30%-ный раствор воды	Твердость, у. е.	4	1	5	20
	Относительная влажность воздуха, %	65±5	Водно-дисперсионная краска «TURY SW-7 Col-our» с пигментом серой дымки	10%-ный раствор воды; 15%-ный раствор воды; 30%-ный раствор воды					

Таблица 2

Методическая сетка двухфакторного эксперимента по определению адгезии ЛКП на основе ВДЛКМ

Задача исследования	Постоянные факторы		Переменные факторы		Выходной параметр	Количество опытов	Количество повторений опытов	Количество наблюдений	Общее количество наблюдений
	Наименование	Значение	Наименование	Значение					
Определение адгезии ЛКП в зависимости от вида подложки и состава ЛКМ	Количество слоев ЛКМ	2	Подложка древесины	Сосна	Адгезия, баллы	4	1	5	20
	Температура окружающей среды, °C	20±2		Дуб					
	Относительная влажность воздуха, %	65±5	«Аквалак»	10%-ный раствор воды; 20%-ный раствор воды; 30%-ный раствор воды					

Для установления рациональных параметров режима нанесения ЛКМ был проведен полнофакторный эксперимент (ПФЭ). В качестве переменных факторов для проведения эксперимента были выбраны вязкость ВДЛКМ «Аквалак» (а также краски TURY), расход

ВДЛКМ «Аквалак» (и краски TURY) и расстояние от пневмораспылителя до окрашиваемой поверхности. В качестве выходного параметра была принята твердость формируемого покрытия.

Результаты исследований и их анализ. Результаты эксперимента с ВДЛКМ представлены в табл. 3, результаты исследований с водно-дисперсионной краской — в табл. 4.

Таблица 3

Результаты эксперимента на основе ВДЛКМ

№	Значения фактические			Результаты эксперимента					Результаты расчетов		
	Q	x	S	y1	y2	y3	y4	y5	Yi ср	Si^2	Yi рез
1	180	20	0,2	0,27	0,271	0,266	0,273	0,269	0,270	0,000007	0,26775
2	300	20	0,2	0,275	0,278	0,271	0,277	0,28	0,276	0,000012	0,27735
3	180	50	0,2	0,279	0,277	0,271	0,28	0,278	0,277	0,000013	0,27925
4	300	50	0,2	0,291	0,288	0,289	0,293	0,29	0,290	0,000004	0,28885
5	180	20	0,3	0,275	0,271	0,273	0,277	0,269	0,273	0,000010	0,27345
6	300	20	0,3	0,284	0,281	0,279	0,286	0,283	0,283	0,000007	0,28305
7	180	50	0,3	0,281	0,288	0,29	0,286	0,283	0,286	0,000013	0,28495
8	300	50	0,3	0,296	0,299	0,291	0,294	0,294	0,295	0,000009	0,29455

Таблица 4

Результаты эксперимента на основе водно-дисперсионной краски

№	Значения фактические			Результаты эксперимента					Результаты расчетов		
	Q	x	S	y1	y2	y3	y4	y5	Yi ср	Si^2	Yi рез
1	300	30	0,2	0,257	0,263	0,261	0,26	0,259	0,260	0,000005	0,25695
2	420	30	0,2	0,264	0,261	0,266	0,261	0,271	0,265	0,000017	0,26595
3	300	60	0,2	0,265	0,26	0,259	0,268	0,262	0,263	0,000014	0,26455
4	420	60	0,2	0,271	0,278	0,273	0,271	0,275	0,274	0,000009	0,27355
5	300	30	0,3	0,267	0,261	0,257	0,266	0,261	0,262	0,000017	0,26435
6	420	30	0,3	0,27	0,268	0,274	0,28	0,276	0,274	0,000023	0,27335
7	300	60	0,3	0,273	0,27	0,271	0,277	0,272	0,273	0,000007	0,27195
8	420	60	0,3	0,281	0,287	0,283	0,28	0,279	0,282	0,000010	0,28095

В результате расчетов были получены математические уравнения регрессии для ПФЭ (уравнение (1) для ВДЛКМ и уравнение (2) для водно-дисперсионной краски соответственно):

$$y = 0,28115 + 0,0048x_1 + 0,00575x_2 + 0,00285x_3 \quad (1)$$

$$y = 0,2689 + 0,0045x_1 + 0,0038x_2 + 0,0037x_3 \quad (2)$$

Было установлено, что модели адекватны. Регрессионные модели в натуральном выражении выглядят следующим образом (уравнение (3) для ВДЛКМ и

уравнение (4) для водно-дисперсионной краски соответственно):

$$H_{усл} = 0,2343 + 0,00008Q + 0,00038x + 0,0575S \quad (3)$$

$$H_{усл} = 0,212 + 0,000075Q + 0,00025x + 0,0745 S \quad (4)$$

Построенные поверхности отклика по влиянию различных факторов на твердость покрытия для краски и лака представлены на рис. 1–6.

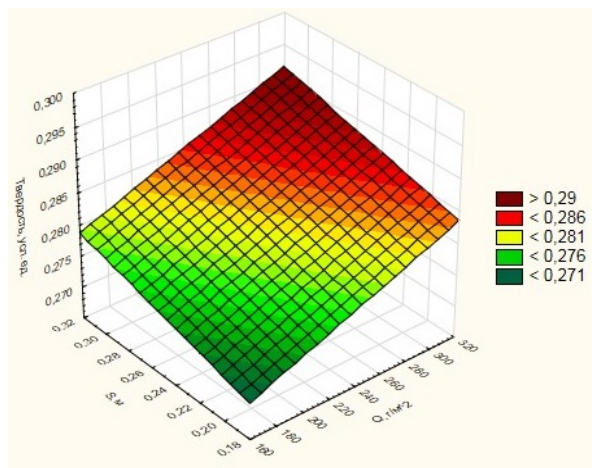


Рис. 1. Поверхность отклика зависимости твердости от расстояния до пистолета и расхода для ВДЛКМ

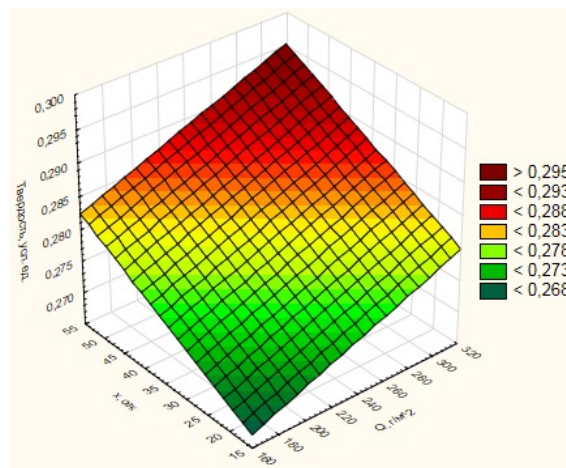


Рис. 2. Поверхность отклика зависимости твердости от вязкости и расхода для ВДЛКМ

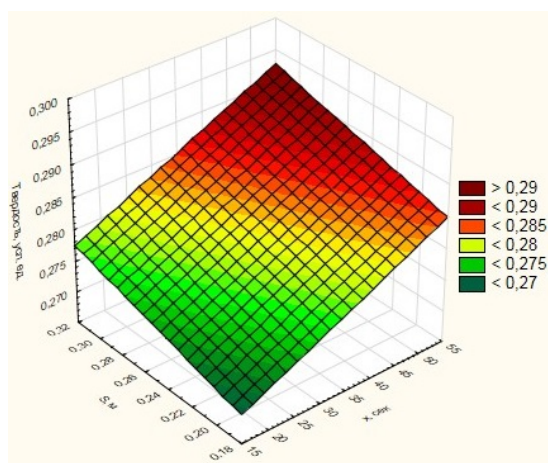


Рис. 3. Поверхность отклика зависимости твердости от вязкости и расстояния до пистолета для ВДЛКМ

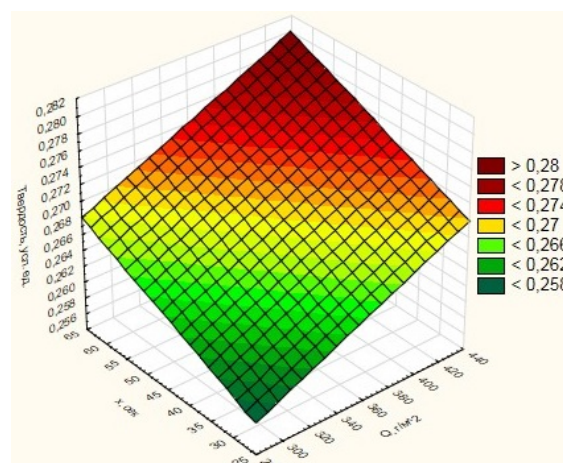


Рис. 5. Поверхность отклика зависимости твердости от вязкости и расхода для водно-дисперсионной краски

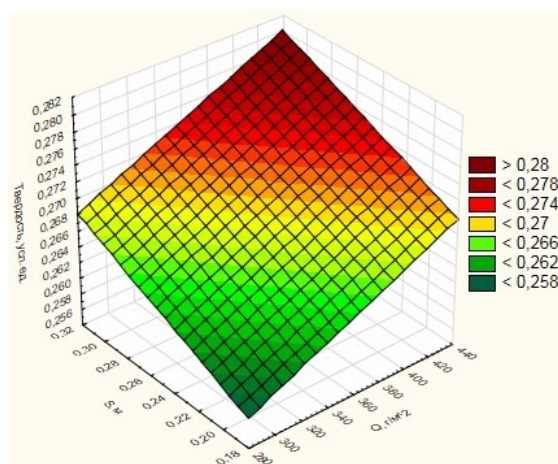


Рис. 4. Поверхность отклика зависимости твердости от расстояния до пистолета и расхода для водно-дисперсионной краски

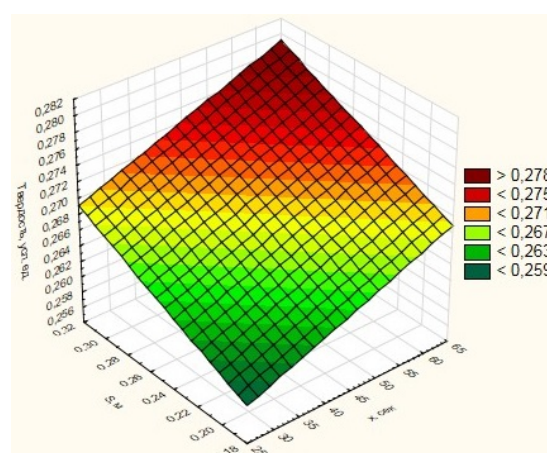


Рис. 6. Поверхность отклика зависимости твердости от вязкости и расстояния до пистолета для водно-дисперсионной краски

Заключение. В результате проведения экспериментальных исследований физико-механических и эксплуатационных свойств ЛКП установлено следующее.

1. Наибольшей твердостью обладает покрытие, сформированное на основе водно-дисперсионного лакокрасочного материала «Аквалак», который отличается и наилучшей смачивающей способностью.

2. Наибольшая твердость сформированного ЛКП свидетельствует о том, что лакокрасочное покрытие на основе ВДЛКМ обладает большей упорядоченностью структуры покрытия, нежели лакокрасочное покрытие на основе водно-дисперсионной краски «ТУРЬ». Таким образом, можно сделать вывод, что наилучшими характеристиками обладает защитно-декоративное покрытие, формируемое из водно-дисперсионного лакокрасочного материала «Аквалак».

3. Низкие баллы по адгезии ЛКП при сушке при 60 °С у краски на древесине дуба говорят о том, что при повышении температуры сушки качество покрытия на основе краски снижается. При высоких температурах сушки увеличение содержания воды в краске также оказывает отрицательное влияние на качество формируемого покрытия.

4. Адгезионная прочность ЛКП на основе ВДЛКМ имеет наибольшие значения как при 40, так и при 60 °С сушки.

5. Как показал анализ ПФЭ, все приведенные параметры оказывают влияние на твердость формируемого покрытия как у ВДЛКМ, так и у водно-дисперсионной краски. Судя по наклону поверхностей отклика, можно отметить, что при увеличении значений параметров режима отделки твердость покрытия будет увеличиваться. Однако в большинстве случаев наибольшее влияние на твердость покрытия оказывает расход наносимого ЛКМ. Это видно по распределению значений на поверхности отклика. Кроме этого можно отметить, что вязкость ЛКМ оказывает большее влияние на твердость ЛКП, чем расстояние от окрашиваемой поверхности до распылителя.

6. Для формирования качественного лакокрасочного покрытия, отвечающего всем нормативным требованиям, необходимо, чтобы значения параметров режима отделки были в «красной зоне», а использование значений параметров из «бордовой зоны» является нецелесообразным с экономической точки зрения. Рациональные значения параметров режима отделки древесины приведены ниже.

<i>ВДЛКМ «Аквалак»</i>	
Расход лака, г/м ²	220–260
Вязкость лака по ВЗ-246, с	35–40
Расстояние от изделия до пневмораспылителя, м	0,2–0,26

Водно-дисперсионная краска «TURU»

Расход краски, г/м ²	340–380
Вязкость краски по ВЗ-246, с	35–45
Расстояние от изделия до пневмораспылителя, м	0,22–0,26

Литература

1. Казакова Е.Е., Скороходова О.Н. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. М.: ООО «Пейнт-Медиа», 2003. 135 с.
2. Бояринцева А.А. Процессно-структурное проектирование ресурсо-энергоэффективной цепи поставок производства водно-дисперсионных лакокрасочных материалов с наночастицами серебра // Успехи в химии и химической технологии. 2010. Т. 24, № 10. С. 86–89.
3. Газеев М.В. Аэроионизационный способ интенсификации пленкообразования лакокрасочных покрытий на древесине и древесных материалах // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. 2014. № 2. С. 117–121.
4. Газеев М.В. Исследование режимных параметров ускоренной сушки лакокрасочных покрытий на древесине // Труды БГТУ. 2016. № 2. С. 140–144.
5. Газеев М.В., Газеева Е.А. Физические основы взаимодействия водно-дисперсионного акрилового лакокрасочного материала с подложкой из древесины при аэроионизации // Лесотехнический журнал. 2015. № 1. С. 144–151.
6. Газеев М.В., Газеева Е.А., Яруллин А.Ф. Исследование режимных параметров интенсификации сушки лакокрасочного покрытия, образованного водно-дисперсионным акриловым лаком, на древесине при электроэфлювальной аэроионизации // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2015. № 16. С. 110–112.
7. Онегин В.И., Цой Ю.И. Технология защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов. СПб.: СПбГЛТА, 1992. 80 с.
8. Онегин В.И., Ветошкин Ю.И., Цой Ю.И., Гагарина С.В. Защитно-декоративное покрытие древесных материалов. СПб.: Проффикс, 2006. 176 с.
9. Онегин В.И., Цой Ю.И. Формирование покрытий модифицированными водно-дисперсионными лакокрасочными материалами на изделиях из древесины // Изв. вузов. Лесной журнал. 2003. № 6. С. 68–74.
10. Прохорчик С.А., Кузьмич Н.С. Атмосферостойкость лакокрасочных покрытий столярно-строительных изделий // Труды БГТУ. 2008. № 2. С. 268–272.
11. Прохорчик С.А., Чуйков А.С. Влияние терморadiационного воздействия на время отверждения водно-дисперсионных лакокрасочных материалов // Труды БГТУ. 2016. № 2. С. 183–186.
12. Соколова В.А. Создание защитно-декоративных покрытий древесины на основе модифицированных водно-дисперсионных лакокрасочных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2006. 24 с.
13. Чижова М.А. Новые лакокрасочные материалы для прозрачной отделки изделий из древесины хвойных пород // Вестн. КрасГАУ. 2011. № 6. С. 155–160.
14. Desor U., Krieger S., Apitz G., Kuroпка R. Water-borne acrylic dispersions for industrial wood coatings // Jocca-surface coatings international. 1999. Т. 82, № 10. P. 488–496.
15. Fletcher L.A., Gaunt L.F., Beggs C.B., Shepherd S.J., Sleigh P.A., Noakes C.J., Kerr K.G. Bactericidal action of positive and negative ions in air // BMC MICROBIOLOGY. 2007. Т. 7, № 32. DOI: 10.1186/1471-2180-7-32.
16. Ozdemir T., Hiziroglu S., Kocapinar M. Adhesion Strength of Cellulosic Varnish Coated Wood Species as Function of Their Surface Roughness // Advances in materials science and engineering. 2015. № 525496. DOI: 10.1155/2015/525496.

17. Bakker P., Mestach D. Self cross-linking acrylic dispersions for the wood industry // Surface coatings international part B-coatings transactions. 2001. Т. 84, № 4. P. 271–276.
18. Bessieres J.A., Maurin V.B., George B.A., Molina S.A., Masson E.C., Merlin A. Wood-coating layer studies by X-ray imaging (Article). 2013 Springer-Verlag Berlin: Heidelberg, 2013. DOI: 10.1007/s00226-013-0546-7.
19. Chua B., Wexler A.S., Tien N.C., Niemeier D.A., Holmen B.A. Design, fabrication and testing of a microfabricated coronaionizer // Journal of microelectromechanical systems. 2008. Т. 17, № 1. P. 115–123. DOI: 10.1109/JMEMS.2007.909515.
20. De Meijer M.A., Thurich K.A., Militz H. Comparative study on penetration characteristics of modern wood coatings (Article) // Wood Science and Technology. 1998. Vol. 32, Is. 5. P. 347–365.

References

1. Kazakova E.E., Skorohodova O.N. Water-dispersive acrylic paints and varnishes construction purposes. М.: ООО «Pejnt - Media», 2003. 135 p.
2. Boyarinceva A.A. Process-structural design of resource-energy-efficient supply chain of production of water-dispersive paints and varnishes with silver nanoparticles // Journal Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2010. Vol. 24, № 10. P. 86–89.
3. Gazeev M.V. Aeroionization method of intensification of film formation of paint and varnish coatings on wood and wood materials // Moscow state forest university bulletin — Lesnoy vestnik. 2014. № 2. P. 117–121.
4. Gazeev M.V. Research of operational parameters of the accelerated drying of coatings on wood // Proceedings of BSTU. 2016. № 2. P. 140–144.
5. Gazeev M.V., Gazeeva E.A. Physical basis of interaction of water-dispersion acrylic paint material to the substrate of wood if aeroionization // Forestry Engineering Journal. 2015. № 1. P. 144–151.
6. Gazeev M.V., Gazeeva E.A., YArullin A.F. Investigation of operational parameters of the intensification of the drying of a paint coating, formed by the water-dispersion acrylic lacquer on wood with electroefficient of aeroionization // Herald of Kazan Technological University (KNRTU). 2015. № 16. P. 110–112.
7. Onegin V.I., Coj YU.I. Tehnology of protective-decorative coating of wood and wood materials. SPb.: SPbGLTA, 1992. 80 p.
8. Onegin V.I., Vetoshkin YU.I., Coj YU.I., Gagarina S.V. Protective-decorative coating of wood-based materials. SPb.: Profiks, 2006. 176 p.
9. Onegin V.I., Coj Yu.I. Formation of modified coatings waterborne coatings on wood products // Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal. 2003. № 6. P. 68–74.
10. Prohorchik S.A., Kuz'mich N.S. Atmospheric resistance of paint and varnish coatings of joinery and construction products // Proceedings of BSTU. 2008. № 2. P. 268–272.
11. Prohorchik S.A., Chujkov A.S. Effect of thermoradiation exposure on the time of curing water-dispersion paint materials // Proceedings of BSTU. 2016. № 2. P. 183–186.
12. Sokolova V.A. Creation of protective and decorative coatings of wood on the basis of modified water-dispersion paints: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2006. 24 p.
13. Chizhova M.A. Newcoating materials for transparent finish products of coniferous wood // The Bulletin of KrasGAU. 2011. № 6. P. 155–160.
14. Desor U., Krieger S., Apitz G., Kuroпка R. Water-borne acrylic dispersions for industrial wood coatings // Jocca-surface coatings international. 1999. Vol. 82, № 10. P. 488–496.
15. Fletcher L.A., Gaunt L.F., Beggs C.B., Shepherd S.J., Sleigh P.A., Noakes C.J., Kerr K.G. Bactericidal action of positive and negative ions in air // BMC MICROBIOLOGY. 2007. Vol. 7, № 32. DOI: 10.1186/1471-2180-7-32.

16. Ozdemir T., Hiziroglu S., Kocapinar M. Adhesion Strength of Cellulosic Varnish Coated Wood Species as Function of Their Surface Roughness // *Advances in materials science and engineering*. 2015. № 525496. DOI:10.1155/2015/525496.

17. Bakker P., Mestach D. Self cross-linking acrylic dispersions for the wood industry // *Surface coatings international part B-coatings transactions*. 2001. Vol. 84, № 4. P. 271–276.

18. Bessieres J.A., Maurin V.B., George B.A., Molina S.A., Masson E.C., Merlin A. Wood-coating layer studies by X-ray imaging (Article). 2013 Springer-Verlag Berlin: Heidelberg, 2013. DOI: 10.1007/s00226-013-0546-7.

19. Chua B., Wexler A.S., Tien N.C., Niemeier D.A., Holmen B.A. Design, fabrication and testing of a microfabricated corona ionizer // *Journal of microelectromechanical systems*. 2008. Vol. 17, № 1. P. 115–123. DOI:10.1109/JMEMS.2007.909515.

20. De Meijer M.A., Thurich K.A., Militz H. Comparative study on penetration characteristics of modern wood coatings (Article) // *Wood Science and Technology*. 1998. Vol. 32, Is. 5. P. 347–365.