

Результаты экспериментальной оценки зависимости расхода лакокрасочных материалов от вида и породы древесины

А.В. Грязькин^{1а}, О.А. Пузанова^{2б}, Ю.И. Беленький^{3с}, В.А. Соколова^{3д}

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

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

³ Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, ул. Ивана Черных, 4, Санкт-Петербург, Россия

^а lesovod@bk.ru, ^б puzanova-olga@rambler.ru, ^с 2000klp@gmail.com, ^д sokolova_vika@inbox.ru

^а <https://orcid.org/0000-0002-3497-9312>, ^б <https://orcid.org/0000-0001-9681-5041>,

^с <https://orcid.org/0000-0002-4170-3664>, ^д <https://orcid.org/0000-0001-6880-445X>

Статья поступила 10.10.2024, принята 01.11.2024

В данном исследовании проведены эксперименты для выявления зависимости расхода лакокрасочных материалов от вида и породы древесины, а также для сравнения их расхода на различных древесных породах. Результаты показали, что анатомические характеристики древесины значительно влияют на расход материалов. Установлено, что расход зависит от плотности древесины и ее макроструктуры. Плотность является ключевым показателем для классификации древесины; древесина с высокой плотностью обладает большей механической прочностью и твердостью, что повышает ее устойчивость к нагрузкам и внешним воздействиям. Анализ плотности важен в промышленности, так как позволяет оценить качество и ценность древесины. Кроме того, исследование подтвердило, что ранняя древесина в годичном слое влияет на расход лакокрасочных материалов. При нанесении покрытий на древесину проявляются ее уникальные характеристики, такие как капиллярно-пористая структура, различная проницаемость в зависимости от направления волокон и химический состав. Полученные результаты исследований позволяют оптимизировать расход лакокрасочных материалов при отделке древесины, что обеспечивает экономию ресурсов и улучшает качество покрытия древесины. Анализ результатов показал, что качество лакокрасочного покрытия зависит от анатомического и химического строения древесины, ее капиллярной проницаемости и цвета поверхности. Для получения качественного покрытия необходима предварительная обработка поверхности, а также соблюдение определенных условий — температуры и влажности окружающей среды.

Ключевые слова: отделка древесины; расход лакокрасочных материалов; макростроение древесины; порода древесины.

Results of experimental assessment of the dependence of consumption of paint materials on the type and species of wood

A.V. Gryazkin^{1а}, O.A. Puzanova^{2б}, Yu.I. Belenkii^{3с}, V.A. Sokolova^{3д}

¹ St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov; 5, Institutsky Lane, St. Petersburg, Russia

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

³ Higher School of Technology and Energy of St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design; 4, Ivan Chernykh St., St. Petersburg, Russia

^а lesovod@bk.ru, ^б puzanova-olga@rambler.ru, ^с 2000klp@gmail.com, ^д sokolova_vika@inbox.ru

^а <https://orcid.org/0000-0002-3497-9312>, ^б <https://orcid.org/0000-0001-9681-5041>,

^с <https://orcid.org/0000-0002-4170-3664>, ^д <https://orcid.org/0000-0001-6880-445X>

Received 10.10.2024, accepted 01.11.2024

In this study, experiments are conducted to identify the dependence of paint and varnish consumption on the type and species of wood, as well as to compare their consumption on different wood species. The results show that the anatomical characteristics of wood significantly affect the consumption of materials. It is found that consumption depends on the density of wood and its macrostructure. Density is a key indicator for wood classification; wood with high density has greater mechanical strength and hardness, which increases its resistance to loads and external influences. Density analysis is important in industry, as it allows one to assess the quality and value of wood. In addition, the study confirms that early wood in the annual layer affects the consumption of paint and varnish materials. When applying coatings to wood, its unique characteristics are revealed, such as a capillary-porous structure, different permeability depending on the direction of the fibers and chemical composition. The obtained research results make it possible to optimize the consumption of paint and varnish materials when finishing wood, which will save resources and improve the quality of the wood coating. The analysis of the results show that the quality of the paint coating depends on the anatomical and chemical structure of the wood, its capillary permeability and the color of the surface. To obtain a high-quality coating, preliminary surface treatment is necessary, as well as compliance with certain conditions such as temperature and humidity of the environment.

Keywords: wood finishing; consumption of paints and varnishes; macrostructure of wood; wood species.

Введение. Древесина обладает уникальными физико-механическими характеристиками, которые делают ее востребованным материалом в строительстве, мебельной промышленности и других сферах. Ключевые свойства древесины, такие как плотность, прочность, твердость, эластичность и устойчивость к внешним воздействиям, определяют ее пригодность для использования в различных условиях [1–3].

Для качественного формирования лакокрасочного покрытия необходимо, чтобы частицы пигмента располагались параллельно поверхности подложки, что требует минимальной шероховатости и однородности поверхности. Лакокрасочные материалы могут менять цвет из-за присутствия смол и эфирных веществ в древесине, вступающих в химические реакции с компонентами покрытия. Поэтому тщательно обработанная поверхность древесины снижает риск появления дефектов.

Нанесение лакокрасочных материалов на древесину сопровождается множеством сложных процессов, обусловленных ее природными характеристиками, такими как капиллярно-пористая структура, неоднородность волокон и химический состав. Эти особенности древесины существенно влияют на качество, долговечность покрытия и процесс его формирования [4; 5].

Расход лакокрасочного материала определяется несколькими важными факторами. Во-первых, это толщина готового покрытия, которая напрямую влияет на количество используемого материала. Во-вторых, стоит учитывать содержание сухого остатка — это та пленка, которая остается после испарения растворителя и играет значительную роль в конечном результате. Кроме того, плотность самого лакокрасочного материала также имеет значение.

Плотность лакокрасочных материалов может значительно различаться. Например, для алкидных эмалей она варьируется от 1,1 до 1,25 кг/л, тогда как для дисперсионных матовых красок плотность составляет от 1,55 до 1,65 кг/л. Учитывая эти параметры, можно более точно рассчитать необходимое количество материала для достижения желаемого результата при покраске. Эти параметры оказывают значительное влияние на количество материала, необходимого для покрытия поверхности.

Влажность древесины влияет на ее свойства, такие как плотность, твердость, проницаемость и способность впитывать краску. Например, слишком высокая влажность может привести к плохому сцеплению краски с поверхностью древесины, образованию пузырей или трещин, а также медленному высыханию краски.

Поэтому перед нанесением лакокрасочного покрытия необходимо правильно подготовить древесину, обеспечив ее оптимальную влажность. Для этого древесину можно высушить специальным образом или дать ей высохнуть естественным путем.

Правильный уровень влажности древесины поможет достичь равномерного и качественного покрытия, улучшить ее внешний вид и увеличить срок службы лакокрасочного покрытия. Повышенная влажность негативно сказывается на адгезии материалов к поверхности, способствуя возникновению пузырей, отслаиванию и трещинам. Поэтому перед нанесением любого покрытия древесина должна пройти процесс

сушки до оптимального уровня влажности — обычно 8–12 %, в зависимости от цели использования. Сушка может осуществляться естественным путем, что занимает больше времени, либо искусственным методом, где процесс контролируется и регулируется для достижения лучшего результата.

Важно учесть и тип используемого лакокрасочного материала. Алкидные покрытия, например, хорошо подходят для наружных работ благодаря своей устойчивости к атмосферным воздействиям, в то время как акриловые краски обеспечивают высокую степень эластичности и стойкости к перепадам влажности и температуры, что делает их оптимальным выбором для внутренних помещений. Эпоксидные смолы же предоставляют превосходную механическую прочность и химическую стойкость, что часто используется в производственных и промышленных зонах [6].

Неотъемлемой частью процесса является грунтование, которое обеспечивает первичное сцепление лакокрасочного материала с поверхностью древесины и выравнивает ее впитывающую способность. Грунтовка заполняет микропоры древесины, уменьшает ее влагопоглощение и снижает расход финишного покрытия. Подбор подходящего грунтовочного состава должен основываться на типе древесины и характеристиках последующего покрытия.

Эффективное нанесение лакокрасочных материалов требует соблюдения определенных условий, температуры и влажности окружающей среды. Оптимальная температура для большинства ЛКМ составляет 15–25 °С. Эти условия способствуют равномерному высыханию покрытия, предотвращая дефекты и обеспечивая долговечность защитного слоя. Несоблюдение этих параметров может привести к изменению времени высыхания спровоцировать возникновение поверхностных дефектов, таких как разводы, пузыри и неоднородность цвета [7–12].

Исследования показывают, что использование специализированных материалов для покрытия древесины улучшает ее защитные свойства, увеличивает срок службы и сохраняет ее эстетический вид на длительное время.

Таким образом, для достижения высокого качества покрытия древесины необходимо учитывать не только ее анатомическое и химическое строение, но и правильно подобрать процесс предварительной обработки и типы покрытий, а также обеспечить правильные условия эксплуатации. Все это в совокупности позволит получить долговечное и эстетичное покрытие древесины.

Методика исследований. В данном исследовании была проанализирована древесина различных пород, таких как сосна, осина, ольха и береза. Установлено, что для заболонной древесины с широкими годичными слоями наилучшие результаты достигаются при нанесении нескольких слоев лака с промежуточным шлифованием. Это обеспечивает гладкое и ровное покрытие. Стоит отметить, что такая древесина обладает высокой впитывающей способностью, что требует большего количества лакокрасочных материалов.

Для заболонной древесины с узкими годичными слоями оптимальным вариантом является применение лака с повышенной концентрацией пигментов, что

необходимо для получения однородного цвета. В этом случае расход лакокрасочных материалов меньше по сравнению с предыдущим вариантом.

Что касается ядровой древесины, то здесь также рекомендуется использовать лак с повышенным содержанием пигментов, вне зависимости от ширины годичных слоев, для равномерного цвета. При этом расход лакокрасочных материалов остается на стабильном уровне.

На поверхность образцов было нанесено два слоя водно-дисперсионного лакокрасочного материала. В экспериментах использовались следующие образцы:

Образец № 1 — заболонная часть сосны с широкими годичными слоями;

Образец № 2 — заболонная часть сосны с узкими годичными слоями;

Образец № 3 — ядровая часть сосны с широкими годичными слоями;

Образец № 4 — ядровая часть сосны с узкими годичными слоями (рис. 1–4).

В табл. 1 представлены основные характеристики образцов древесины.

Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 2 и на рис. 5.

Таблица 1. Основные характеристики образцов древесины

Вариант опыта	Номер образца	Масса образца, г	Средняя ширина годичного слоя, мм	Площадь обрабатываемой поверхности, мм ²
I — заболонная древесина с широкими годичными слоями	1	61,3	5,08	6 732
	2	63,4	4,73	6 895
	3	60,9	5,44	6 930
Среднее		61,87	5,083	6 852,3
II — заболонная древесина с узкими годичными слоями	4	82,5	1,12	7 350
	5	73,8	1,54	7 632
	6	86,6	0,91	7 632
Среднее		80,97	1,190	7 538,0
III — ядровая древесина с широкими годичными слоями	7	63,3	4,98	7 000
	8	63,1	4,73	6 965
	12	61,4	5,04	6 860
Среднее		62,60	4,917	6 941,7
IV — ядровая древесина с узкими годичными слоями	9	88,8	1,04	6 965
	10	87	1,22	6 965
	11	84,7	1,4	7 000
Среднее		86,83	1,220	6 976,7



Рис. 1. Образец № 1

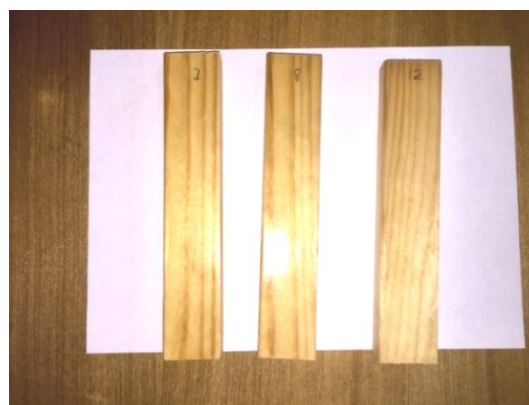


Рис. 3. Образец № 3

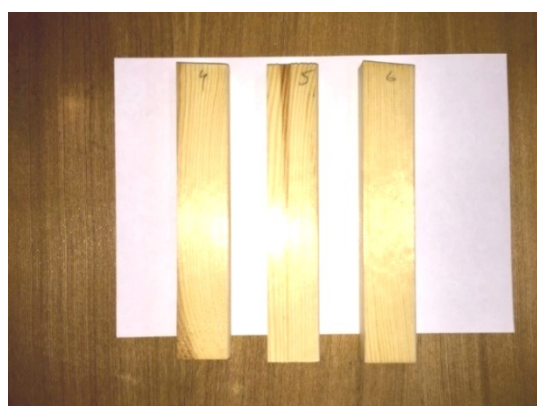


Рис. 2. Образец № 2

Таблица 2. Зависимость расхода лакокрасочных материалов от вида древесины

Вид древесины	Масса лакокрасочного покрытия, г	Общий расход лака, г/м ²
Образец № 1	5,4	783,2
Образец № 2	4,6	628,07
Образец № 3	4,7	677,19
Образец № 4	3,2	453,87

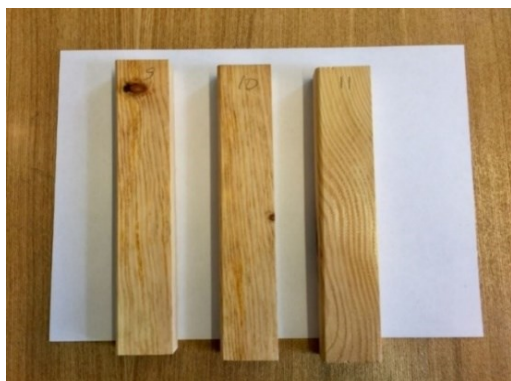


Рис. 4. Образец № 4



Рис. 7. Осина



Рис. 5. Зависимость расхода лакокрасочных материалов от вида древесины

Исследования показали, что заболонная древесина с широкими годовичными кольцами имеет высокую впитывающую способность. Это качество требует специального подхода при нанесении лакокрасочных материалов. Для достижения ровного и качественного покрытия рекомендуется использовать несколько слоев лака с обязательной промежуточной шлифовкой.

Для заболонной древесины с узкими кольцами лучше применять лаки с повышенным содержанием пигментов. Это позволит достичь однородного цвета при меньшем расходе материала.

Что касается древесины ядрового типа с различной шириной колец, то также предпочтительно использование лака с высоким содержанием пигментов для обеспечения ровного цвета, при этом расход остается практически неизменным. Фотографии образцов представлены на рис. 6–8.



Рис. 6. Береза



Рис. 8. Ольха

Таблица 3. Зависимость расхода лакокрасочных материалов (ЛКМ) от породы древесины

Древесная порода	Масса лакокрасочного покрытия, г	Общий расход ЛКМ, г/м ²
Береза	2,27	603,12
Осина	2,80	659,79
Ольха	2,70	634,9

Таблица 4. Основные характеристики образцов древесины

Древесная порода	Масса образца, г	Средняя ширина годовичного слоя, мм
Береза	33,20	3,10
Осина	30,03	2,92
Ольха	32,87	3,25

Полученные данные подтверждают, что структура древесины оказывает значительное влияние на ее способность впитывать влагу и расход лакокрасочных материалов. Древесные породы с крупными и широко расположенными сосудистыми элементами, такие как осина, обладают большей абсорбционной способностью, тогда как породы с мелкими и плотно расположенными сосудами, как береза, впитывают влагу и лакокрасочные материалы с меньшей скоростью.

Факторы, оказывающие влияние на расход лакокрасочных материалов, играют важную роль в процессе их применения и зависят от нескольких ключевых параметров.

Толщина готового покрытия — это один из самых значимых параметров, так как он определяет, сколько материала потребуется для достижения нужного эффекта. Минимальная толщина лакокрасочного слоя различается в зависимости от типа используемых материалов. Для водно-дисперсионных красок рекомендуется толщина в диапазоне 150–200 мкм, в то время как для эмалей она составляет 60–100 мкм. Это различие обусловлено различными свойствами и предназначением этих материалов.

Содержание сухого остатка. Этот показатель отражает количество вещества, которое остается на поверхности после испарения растворителя. Содержание сухого остатка также варьируется в зависимости от типа материала. Например, водно-дисперсионные матовые краски обеспечивают уровень сухого остатка в пределах 55–65 %, тогда как для водно-дисперсионных эмалей показатель составляет 40–60 %, а для алкидных эмалей — 40–50 %. Чем выше содержание сухого остатка, тем меньше растворителя испаряется и, соответственно, тем эффективнее расходуется материал.

Минимальный расход материалов. Этот параметр варьируется в зависимости от типа краски. Для водно-дисперсионных красок минимальный расход составляет 230–300 мл/м², тогда как для эмалей — 120–200 мл/м². Эти показатели помогают определить, сколько материала потребуется для покрытия определенной площади.

Плотность лакокрасочных материалов. Плотность также влияет на расход. Она колеблется от 1,1–1,25 кг/л для алкидных эмалей до 1,55–1,65 кг/л для водно-дисперсионных матовых красок. Более высокая плотность может свидетельствовать о большем содержании пигментов и других компонентов, что может влиять на конечное покрытие.

Все эти параметры следует учитывать при выборе и нанесении лакокрасочных материалов, чтобы обеспечить качественное и эффективное покрытие.

Исходные данные по образцам древесины дуба и ясеня, использованным в исследованиях, представлены в табл. 5 и 6. Результаты проведенных экспериментов представлены в табл. 3 и 5, основные характеристики образцов древесины — в табл. 4 и 6.

Таблица 5. Зависимость расхода лакокрасочных материалов от породы древесины

Древесная порода	Масса лакокрасочного покрытия, г	Общий расход ЛКМ, г/м ²
Дуб	3,83	692,60
Ясень	3,47	677,97

Таблица 6. Основные характеристики образцов древесины

Древесная порода	Масса образца, г	Средняя ширина годовичного слоя, мм
Дуб	23,83	5,48
Ясень	65,3	4,92

На рис. 9–11 представлены опытные образцы древесины указанных пород.



Рис. 9. Древесина дуба с широкими годовичными слоями



Рис. 10. Древесина дуба с узкими годовичными слоями



Рис. 11. Образцы древесины ясеня

Для улучшения адгезии лакокрасочных покрытий к различным видам древесины также необходимо учитывать предварительную подготовку поверхности. Например, для заболонной древесины с широкими годовичными кольцами рекомендуется тщательная шли-

фовка до ровного состояния и последующее нанесение грунтовочных слоев, что позволяет улучшить сцепление поверхности с финишным слоем лака. Важно также учитывать необходимость в промежуточной шлифовке между слоями, что позволяет добиться гладкой и ровной поверхности даже на текстурированной древесине.

Применение специализированных грунтовочных и лакокрасочных материалов с учетом характеристик древесины позволяет оптимизировать расход материалов и улучшить качество финишного покрытия. Например, при работе с древесиной, склонной к высокой абсорбции, целесообразно использовать материалы с увеличенным содержанием сухого остатка, что позволит сократить общее количество необходимых слоев. Эти меры обеспечивают дополнительную защиту и декоративные качества покрытий, а также помогают сохранить эстетику и долговечность деревянных изделий.

Древесина с крупными и широко расположенными сосудами, например осина, обладает более высокой абсорбционной способностью, что способствует большему поглощению воды. В то же время, древесные породы с

мелкими и плотно расположенными сосудами, такие как береза, впитывают влагу и лакокрасочные материалы медленнее, что снижает их расход [13–20].

Заключение. Таким образом, на расход лакокрасочных материалов значительное влияние оказывают толщина и плотность клеточных стенок древесины. Чем они тоньше и плотнее, тем меньше древесина пропускает лакокрасочные составы внутрь, что способствует снижению их расхода при отделке.

В завершение, проведенные исследования подчеркивают важность детального анализа физических и химических свойств древесины при выборе и применении лакокрасочных материалов. Комплексный подход, включающий детальную подготовку поверхности, правильно подобранные материалы и соблюдение технологических норм, позволяет достигать высококачественных результатов, минимизируя при этом затраты. Такой методологический подход открывает возможности для дальнейших исследований и совершенствования технологий обработки древесины, способствуя устойчивому и эффективному использованию ресурсов.

Литература

- Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: Лесная пром-сть, 2001. 359 с.
- Бабич Н.А., Мелехов В.И., Антонов А.М., Клевцов Д.Н., Коновалов Д.Ю. Влияние условий местопрорастания на качество древесины сосны (*Pinussylvestris* L.) в посевах // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. XXIV, № 1. С. 54-58.
- Перельгин Л.М. Строение древесины. М.: Лесная пром-сть, 1954. 200 с.
- Данилов Д.А. Особенности формирования смешанных древостоев, товарная структура и плотность древесины сосны и ели: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. СПб.: СПбГЛТА, 2016. 41 с.
- Влияние структуры древесины на ее свойства: плотность, пористость и проницаемость древесины [Электронный ресурс]. URL: <http://www.technologywood.ru/svoystva-drevesiny/vliyanie-struktury-drevesiny-na-ee-svoystva-plotnost-poristost-i-pronicaemost-drevesiny.html> (дата обращения: 11.09.2024).
- Грязькин А.В., Соколова В.А., Петрик В.В. Влияние структуры древесины на расход лакокрасочных материалов // Аграрный науч. журнал. 2017. № 7. С. 10-13.
- Грязькин А.В., Соколова В.А. Влияние макроструктуры древесины на расход защитных покрытий // Актуальные направления науч. исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5, № 2 (28). С. 94-101.
- Розенберг Л.Д. Физика и техника мощного ультразвука // Физические основы ультразвуковой технологии. М.: Наука, 1970. 689 с.
- Москаленко Т.В., Михеев В.А., Данилов О.С. Интенсификация извлечения гуминовых кислот из торфа под воздействием магнитного и ультразвукового полей // Вестн. Иркутского гос. технического ун-та. 2011. № 2 (49). С. 142-146.
- Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Изд-во «Мир», 1979. 568 с.
- Vikerman J.J. The science of adhesive joints. New York: Academic Press, 1961. 364 p.
- Блинничева И.Б., Мизеровский Л.Н., Шарина Л.В. Физика и химия волокнообразующих полимеров. Иваново: Ивановский гос. хим.-технол. ун-т, 2005. 375 с.
- Пижури А.А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке. М.: Лесная пром-сть, 1972. 248 с.
- Рузинов Л.П., Слободчикова Р.И. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. М.: Химия, 1980. 280 с.
- Ли Н.И., Калаус Э.Э. Модификация водных дисперсий полимеров // Лакокрасочные материалы и их применение. 1977. № 4. С. 31-34.
- Николайчик А.В., Прокопчук Н.Р., Лещинская И.К. Модификация пигментированных промышленно производимых лакокрасочных систем углеродными наноматериалами отечественного производства // Труды Белорусского гос. технологического ун-та. Сер. 4. Химия и технология органических веществ, 2008. С. 85-89.
- Салынская О.А. Разработка водно-дисперсионного лакокрасочного материала для атмосферостойких покрытий на основе бутадиенстирольного латекса, наполненного фенолформальдегидным олигомером: дис. ... канд. техн. наук. Л.: ЛГТИ, 1990. 168 с.
- Рузинов Л.П., Слободчикова Р.И. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. М.: Химия, 1980. 280 с.
- Рузинов Л.П. Статистические методы оптимизации химических производств. М.: Химия, 1972. 200 с.
- Евстигнеев Э.И. Химия древесины. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 148 с.

References

- Ugolev B.N. Wood science with the basics of forest commodity science. M.: Lesnaya prom-st', 2001. 359 p.
- Babich N.A., Melekhov V.I., Antonov A.M., Klevcov D.N., Kononov D.Yu. Influence of growing conditions on the quality of pine wood (*Pinussylvestris* L.) in crops // Conifers of the boreal area. 2007. V. XXIV, № 1. P. 54-58.
- Perelygin L.M. The structure of wood. M.: Lesnaya prom-st', 1954. 200 p.
- Danilov D.A. Features of the formation of mixed forest stands, commodity structure and density of pine and spruce wood: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. SPb.: SPbGLTA, 2016. 41 p.
- The influence of wood structure on its properties: Density, porosity and permeability of wood [Elektronnyj resurs]. URL:

- <http://www.technologywood.ru/svoystva-drevesiny/vliyanie-struktury-drevesiny-na-ee-svoystva-plotnost-poristost-i-pronicaemost-drevesiny.html> (data obrashcheniya: 11.09.2024).
6. Gryaz'kin A.V., Sokolova V.A., Petrik V.V. The influence of wood structure on the consumption of paints and varnishes // Agrarian scientific journal. 2017. № 7. P. 10-13.
 7. Gryaz'kin A.V., Sokolova V.A. Influence of wood macrostructure on the consumption of protective coatings // Current Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice. 2017. V. 5, № 2 (28). P. 94-101.
 8. Rozenberg L.D. Physics and technology of high-power ultrasound // Fizicheskie osnovy ul'trazvukovoj tekhnologii. M.: Nauka, 1970. 689 p.
 9. Moskalenko T.V., Miheev V.A., Danilov O.S. Intensification of the extraction of humic acids from peat under the influence of magnetic and ultrasonic fields // Bulletin of Irkutsk State Technical University. 2011. № 2 (49). P. 142-146.
 10. Adamson A. Physical chemistry of surfaces. M.: Izd-vo «Mir», 1979. 568 p.
 11. Bikerman J.J. The science of adhesive joints. New York: Academic Press, 1961. 364 p.
 12. Blinicheva I.B., Mizerovskij L.N., Sharina L.V. Physics and chemistry of fiber-forming polymers. Ivanovo: Ivanovskij gos. him.-tekhnol. un-t, 2005. 375 p.
 13. Pizhurin A.A. Modern methods of researching technological processes in woodworking. M.: Lesnaya prom-st', 1972. 248 p.
 14. Ruzinov L.P., Slobodchikova R.I. Planning an experiment in chemistry and chemical technology. M.: Himiya, 1980. 280 p.
 15. Li N.I., Kalas E.E. Modification of aqueous polymer dispersions // Russian Coatings Journal (Lakokrasochnye materialy i ikh primeneniye). 1977. № 4. P. 31-34.
 16. Nikolajchik A.V., Prokopchuk N.R., Leshchinskaya I.K. Modification of pigmented industrially produced paint and varnish systems with domestically produced carbon nanomaterials // Proceedings of BSTU. Ser. 4. Chemistry, technology of organic substances and Biotechnology. 2008. P. 85-89.
 17. Salynskaya O.A. Development of a water-dispersion paint and varnish material for weather-resistant coatings based on styrene-butadiene latex filled with phenol-formaldehyde oligomer: dis. ... kand. tekhn. nauk. L.: LGTI, 1990. 168 p.
 18. Ruzinov L.P., Slobodchikova R.I. Planning an experiment in chemistry and chemical technology. M.: Himiya, 1980. 280 p.
 19. Ruzinov L.P. Statistical methods for optimization of chemical production. M.: Himiya, 1972. 200 p.
 20. Evstigneev E.I. Chemistry of wood. SPb.: Izd-vo Politekh. un-ta, 2007. 148 p.