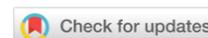


СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS



УДК 667.6

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-1-26-34>

Оптимизация лакокрасочного материала для покрытия древесины с добавкой металлического катализатора

А.К. Халюшев , Е.А. Колесниченко 

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ khaljushev@mail.ru



EDN: GTWFIR

Аннотация

Введение. Современные тенденции в отрасли производства лакокрасочных материалов идут в направлении экологичности и многофункциональности придавая деревянным изделиям хорошие эстетические и защитные свойства. Структура древесины, как натурального материала постоянно подвергается интенсивным и прогрессирующим процессам окислительного разрушения в условиях воздействия окружающей среды, что влияет на прочность древесины и вызывает значительные структурные изменения. В этой связи интерес к улучшению стойкости лакокрасочных покрытий при воздействии факторов окружающей среды на их эксплуатационные характеристики, оправдывает активизацию исследований в разработке новых эффективных решений. Одним из эффективных способов предотвращения разрушения структуры древесины является нанесение защитного слоя лакокрасочного материала путем его химической модификации поверхности и прежде всего за счет введения сиккативов. Введение сиккативов позволяет обеспечить равномерную скорость высыхания по всему объему и дополнительно диспергировать пигмент, что улучшает физико-механические свойства лакокрасочного покрытия и повышает его долговечность.

Цель научно-исследовательской работы — установить влияние добавки металлического катализатора в виде высокодисперсного отхода осаждения от электродуговой печи на физико-механические свойства лакокрасочного материала.

Материалы и методы. В качестве исходных компонентов для получения масляных составов красок при проведении экспериментов применяли: связующее вещество — натуральная олифа, пигмент — охра, наполнитель — мел. Для ускорения процесса высыхания добавляли металлический катализатор, являющийся высокодисперсным отходом осаждения от электродуговой печи (далее — пыль). Гранулометрический состав мела оценивали с помощью сканирующей электронной микроскопии, а пыли — с помощью лазерного анализатора Microsizer 201c.

Результаты исследования. По результатам оптимизации были получены уравнения регрессии, представленные в виде полинома второй степени и оптимальный вещественный состав лакокрасочного материала. Для решения проблемы высыхания в оптимальный разработанный состав масляной краски вводили добавку металлического катализатора в количестве 0,05 % от массы связующего.

Сравнение полученных результатов нормативных испытаний физико-механических свойств двух составов контрольного (без добавки) и модифицированного с добавкой металлического катализатора в виде пыли говорят о перспективности её применения в качестве сиккатива.

Обсуждение и заключение. Введение в лакокрасочный материал на масляной основе сиккатива в виде побочного продукта высокодисперсного отхода осаждения от электродуговой печи ускорило процесс полимеризации и улучшило физико-механические свойства модифицированного состава в сравнении с контрольным. Улучшение физико-механических характеристик масляной краски позволит повысить стойкость покрытий к воздействию факторов окружающей среды и таким образом повысить его долговечность.

Ключевые слова: адгезия, условная вязкость, лакокрасочный материал, металлический катализатор, наполнитель, связующее

Для цитирования. Халюшев А.К., Колесниченко Е.А. Оптимизация лакокрасочного материала для покрытия древесины с добавкой металлического катализатора. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(1):26–34. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-1-26-34>

Original Empirical Research

Optimization of the Paintwork Material Modified by Metal Catalyser Additive

Alexander K. Khalyushev , Elena A. Kolesnichenko 

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ khaljushev@mail.ru

Abstract

Introduction. Current trends in the paint and varnish materials industry are embracing environmental friendliness and versatility lending wooden products good aesthetic and protective properties. The structure of wood, as a natural material, is constantly undergoing intensive and progressive processes of oxidative degradation under environmental conditions affecting the strength of wood and causes significant structural changes. Therefore the interest in improving the durability of paint coatings under the influence of environmental factors on their performance justifies the intensification of research in the development of new effective solutions. One of the effective ways to prevent the destruction of the wood structure is to apply a protective layer of paint and varnish material by chemically modifying the surface and, above all, by introducing siccatives. The introduction of siccatives makes it possible to ensure a uniform drying rate throughout the entire volume and additionally disperse the pigment, which improves the physical and mechanical properties of the paintwork and increases its durability.

The purpose of the research work is to establish the effect of the addition of a metallic catalyst in the form of highly dispersed precipitation waste from an electric arc furnace on the physical and mechanical properties of paint and varnish materials.

Materials and Methods. The initial components for obtaining oil paint compositions (paintwork material) were used in the experiments as: binder-natural olifa, pigment-ochre, fine aggregate-chalk. To the intensification of the drying process, the addition of metal catalyser, which is a highly dispersed waste of deposition from electric arc furnace, was introduced. The granulometric composition of chalk was evaluated using scanning electron microscopy, and dust using a microsizer 201c laser analyzer.

Results. According to the results of the optimisation, regression equations represented as a polynomial of the second degree and the optimal material composition of the paint material were obtained. In order to solve the problem of drying, a metal catalyser was added to the optimal composition in the amount of 0.05 % of the binder weight. A comparison of the obtained results of regulatory tests of the physical and mechanical properties of the two formulations, the control (without additives) and the modified with the addition of a metal catalyser in the form of dust, indicate the prospects of its use as a siccative.

Discussion and Conclusion. The introduction of a siccative into the oil-based paint and varnish material in the form of a by-product of highly dispersed precipitation waste from an electric furnace accelerated the polymerization process and improved the physical and mechanical properties of the modified composition in comparison with the control one. Improving the physical and mechanical characteristics of oil paint will increase the resistance of coatings to environmental factors and thus increase its durability.

Keywords: paintwork material, adhesion, nominal viscosity, metal catalyser, fine aggregate, binder

For citation. Khalyushev AK, Kolesnichenko EA. Optimization of the Paintwork Material Modified by Metal Catalyser Additive. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(1):26–34. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-1-26-34>

Введение. Рост потребления на мировом рынке лакокрасочных материалов обусловлен тенденцией в гражданском строительстве «зелёных» зданий, что создает высокий спрос на создание эффективных «зеленых» лакокрасочных материалов.

В настоящее время отрасль масляных лакокрасочных материалов движется по двум актуальным направлениям, представляющим большой практический интерес — биоресурсы и возобновляемые ресурсы. Фактически, в то время как отрасль все больше фокусируется на экологических и многофункциональных синтетических наполнителях [1, 2], производство которых обычно не учитывает характеристики экологической устойчивости [3], научные исследования направлены на применение натуральных добавок в покрытиях [4, 5]. С этой целью ученые недавно

изучили результаты применения льняного масла [6], пигментов, полученных из древесных отходов [7], микробного окрашивания [8], пигментов, извлеченных из грибов [9] и целлюлозных волокон [10] в покрытиях для древесины.

Лакокрасочный материал, придающий деревянным изделиям определенные эстетические эффекты, с новыми пигментами [11] и отличительными показателями блеска [12] отражает тенденцию, которая набирает обороты на рынке защитных покрытий для древесины. С одной стороны, при применении инновационных пигментов они должны обеспечивать уникальные эстетические эффекты и обладать устойчивостью к атмосферным воздействиям, не ухудшая защитные качества органического покрытия [13]. С другой стороны, сочетание красок для дерева с различными типами пигментов может вызвать серьезные проблемы, поскольку это может снизить защитную эффективность органического покрытия, внося разрыв в полимерную матрицу и показывая низкий уровень присущей пигменту долговечности [14, 15].

Применение маслянистых составов защищает деревянные изделия и конструкции от периодического увлажнения, которое может привести к загниванию с потерей целостности и несущей способности. Образующим пленку веществом в масляных составах являются олифы, которые по содержанию в них полимеров и обработанных растительных масел делятся на:

- 1) натуральные олифы;
- 2) полунатуральные олифы;
- 3) искусственные олифы.

Натуральные олифы получают нагреванием в среднем до 150 °С льняного, конопляного или других растительных масел. При этом вводят добавку ускорителей отвердевания (сиккативов) в количестве 2–4 %. Благодаря такой обработке олифа приобретает свойство быстро «высыхать» на воздухе, образуя эластичную пленку.

Масляные красочные составы получают методом тщательного растирания в машинах олифы с пигментами, нерастворимыми в маслах. При растирании красочных составов должны получиться однородные суспензии, в которых каждая частица пигмента или наполнителя имеет оболочку из связующего, адсорбированного на поверхности частиц.

Смачиваемость пигментов связующим, прочность получаемых оболочек и, следовательно, свойства красочных составов зависят от свойств как пигмента, так и смачиваемой жидкости. Пигменты бывают гидрофильные (железный сурик, охра) и гидрофобные (графит, сажа, свинцовые белила).

При смешивании гидрофильных пигментов с масляными связующими, не содержащими поверхностно-активных веществ, получается лишь механическая смесь, обладающая пониженными малярными свойствами. Наличие в составе поверхностно-активных веществ улучшает смачиваемость пигмента маслами.

Один из недостатков олиф связан с относительно длительным временем высыхания. Хотя применение металлических катализаторов могут значительно сократить время высыхания, несмотря на их недостатки [16].

Схема смачиваемости пигмента ПАВ в присутствии металлического катализатора представлена на рисунке 1 состоит в следующем. ПАВ присоединяются полярной группой к поверхности пигмента и образуют гидрофобную оболочку, хорошо смачиваемую масляным связующим, а внутренняя поверхность этой оболочки прочно связывается с пигментом и металлическим катализатором.

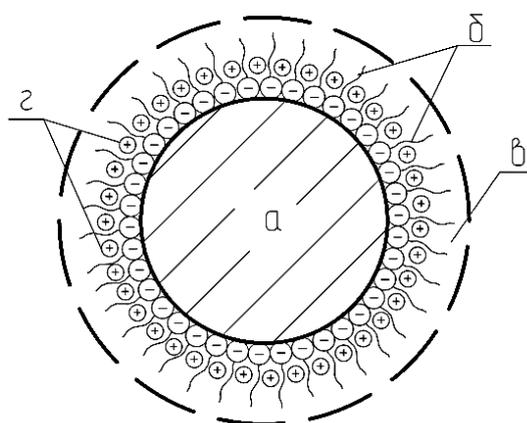


Рис. 1. Схема смачиваемости пигмента ПАВ в присутствии металлического катализатора:

a — пигмент; *b* — ориентированные молекулы ПАВ; *в* — масляное связующее; *z* — металлический катализатор

Цель научно-исследовательской работы — установить влияние добавки металлического катализатора в виде высокодисперсного отхода осаждения от электродуговой печи на физико-механические свойства масляной краски

Материалы и методы. Исходными компонентами для получения масляных составов красок при проведении экспериментов являлись: связующее вещество — натуральная олифа, пигмент — охра, наполнитель — мел (СаО — 50,90 %; ППП — 41,50 %) с удельной поверхностью 420–436,5 м²/кг. Экспериментальные исследования, выполненные с помощью сканирующей электронной микроскопии (рис. 2), свидетельствуют о том, что частицы мела характеризуются в основном округлой формой размером в диапазоне от 2 до 20 мкм.

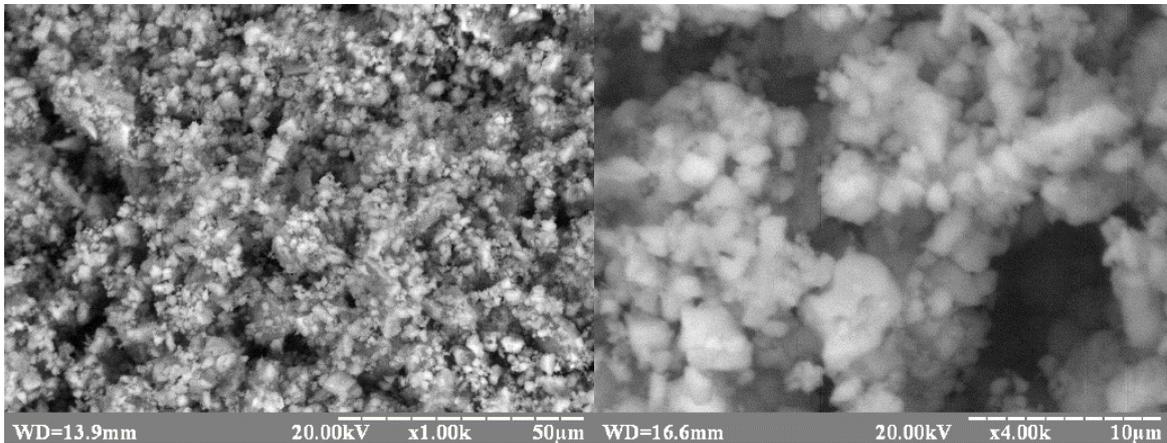


Рис. 2. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)

Для ускорения процесса высыхания вводили добавку металлического катализатора, являющегося высокодисперсным отходом осаждения от электродуговой печи. Химический состав металлического катализатора в основном состоит из оксидов металла (ZnO — 46,7 %; Fe₂O₃ — 32,4 % и др.). Гранулометрический состав пыли, выполненный с помощью лазерного анализатора Microsizer 201c, представлен на рис. 3.

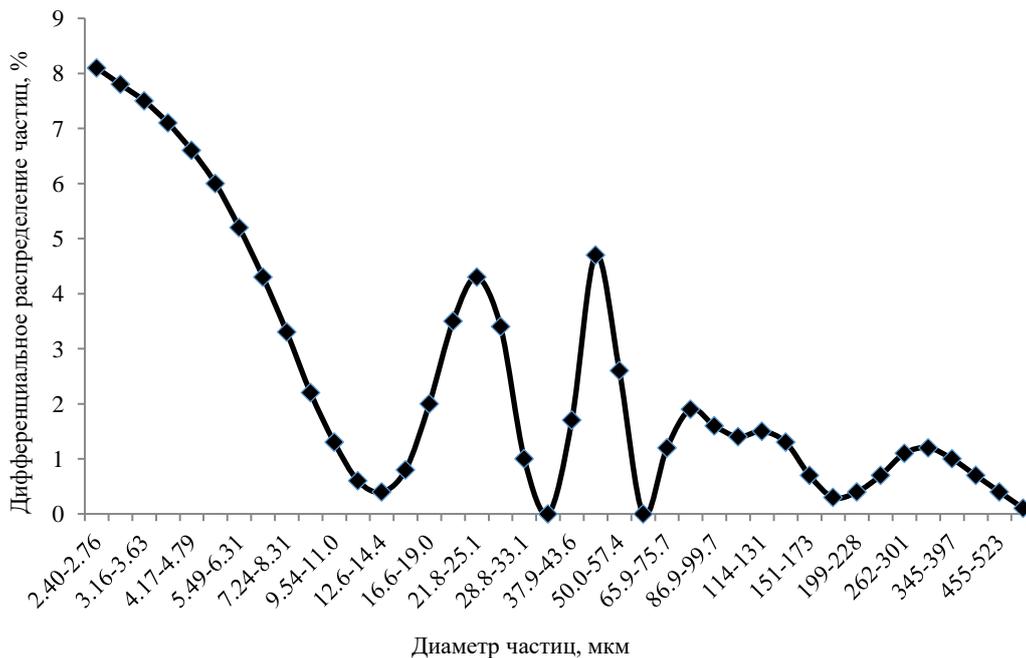


Рис. 3. Гранулометрический состав металлического катализатора

Основные свойства масляных красок зависят от количества и вида пигмента, а количество связующего компонента изменяется в широких пределах. По результатам литературного обзора принимаем количество связующего в пределах 20–40 %, наполнителя — 15–40 % и пигмента — 15–35 %.

Оптимизация. Разработку состава эффективного лакокрасочного материала для покрытия древесины находили путем определения оптимального соотношения между составляющими компонентами. Обработка экспериментальных данных проводилась методом наименьших квадратов в матричной форме. Переменными факторами служили: x_1 — содержание пигмента, %; x_2 — содержание наполнителя, %. Функцией выходных параметров были приняты следующие: y_1 — адгезия к лакокрасочному покрытию, МПа; и y_2 — условная вязкость, с. Значения факторов варьирования и их физический смысл представлены в таблице 1.

Значение факторов варьирования в полном факторном эксперименте (ПФЭ) 2^k

№ п/п	Код фактора	Физический смысл фактора	Ед. изм.	Интервал варьирования	Уровни фактора		
					-1	0	+1
1	x_1	содержание пигмента	%	± 5	15	25	35
2	x_2	содержание наполнителя	%	± 10	17,5	27,5	37,5

Определение времени высыхания. На подготовленные пластинки из стали размером 70×150 мм наносили тонким слоем лакокрасочный материал не оставляя просветов. Легким прикосновением пальцев устанавливали исчезновение липкости и только после этого на поверхность пластин в один слой насыпали $0,5$ г стеклянных шариков Ballotini (с фракцией от 100 до 355 мкм) с высоты 50 мм на площадь диаметром 22 мм. Спустя 60 с пластинку наклоняют под углом примерно 20° относительно горизонтали и сметают мягкой кистью. Степень высыхания достигнута, если все шарики Ballotini удаляются, не вызывая повреждения поверхностного слоя. Фиксируют время, соответствующее достижению степени высыхания.

Определение условной вязкости по вискозиметру типа ВЗ-246. Лакокрасочный материал объемом 150 см^3 для устранения посторонних включений отфильтровывали через сито. Перед проведением испытания на вискозиметре ВЗ-246 сопло тщательно очищали растворителем. Закрыли сопло резервуара штоком и налили разрабатываемый состав до горизонтальной отметки на его внутренней поверхности. Под сопло вискозиметра подставили стеклянный мерный стакан. После наливания лакокрасочного материала шток подняли. Одновременно с появлением испытываемого лакокрасочного материала из сопла включили секундомер и определили условную вязкость по времени.

Определение массовой доли нелетучих веществ. Для проведения испытания взяли металлическую чашку с внутренним диаметром дна (75 ± 5) мм и высотой бортика не менее 5 мм. Путем взвешивания определили массу пустой сухой чашки m_0 на аналитических весах с точностью до 1 мг. Затем добавили пробу лакокрасочного материала и определили массу в чашке (m_1), при этом равномерно распределяя ее по диаметру чашки. После определения массы образцы с чашкой поместили в сушильный шкаф с температурой $105\text{--}110^\circ\text{C}$ и высушили до постоянной массы. По окончании высушивания и охлаждения при комнатной температуре повторно определили массу чашки с высушенным остатком (m_2).

Массовую долю нелетучих веществ $HВ$, %, вычислили по формуле:

$$HВ = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} 100\%, \quad (1)$$

где m_2 — масса чашки с остатком, г; m_0 — масса пустой чашки, г; m_1 — масса чашки с пробой до испытаний, г.

Определение адгезии лакокрасочного покрытия по силе отрыва. На выбранную металлическую подготовленную поверхность, предварительно обработанную грунтом в несколько слоев, наносили лакокрасочный материал. После выдержки лакокрасочного покрытия к образцам наклеивали металлические диски, а остатки клея удалили и выдержали таким образом до полного его застывания. Далее образцы закрепили в приборе — адгезиметре, а металлические диски, наклеенные на образцы, соединили шарнирно с захватным устройством адгезиметра, как представлено на рис. 4. По визуальной оценке адгезионной прочности $R_{ад} = 1,8$ МПа зафиксировали зону и характер отрыва диска от металлического основания.



Рис. 4. Адгезиметр ОНИКС-1.АП.020

Определение адгезии методом решетчатых надрезов. На подготовленные пластины размером 60×150×1 мм нанесли оптимальный масляный состав в два слоя. Проводили испытания бритвенным лезвием и делали не менее шести параллельных надрезов по линейке длиной не менее 20 мм на расстоянии 1–3 мм друг от друга. После нанесения надрезов и удаления отслоившихся кусочков покрытия провели мягкой кистью по поверхности решетки в диагональном направлении.

Результаты исследования. По результатам эксперимента были получены уравнения (2) и (3) регрессии, представленные в виде полинома второй степени. Уравнения регрессии, обработанные по методу наименьших квадратов, подвергались статистическому анализу, основанному на оценках дисперсий. Расчет коэффициентов регрессии и статистических критериев показан в таблицах 2, 3. Графическая интерпретация полученных уравнений представлена на рис. 5, 6.

$$y_1(x_1, x_2) = 2,09 - 0,235 \cdot x_1 + 0,18 \cdot x_2 - 0,55 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,335 \cdot x_1^2 + 0,02 \cdot x_2^2 \quad (2)$$

$$y_2(x_1, x_2) = 15,59 - 3,94 \cdot x_1 + 2,94 \cdot x_2 + 0,278 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,278 \cdot x_1^2 - 0,667 \cdot x_2^2 \quad (3)$$

Таблица 2

Расчетные коэффициенты уравнений

Наименование выходного параметра уравнения	Коэффициенты уравнений					
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
y_1	2,09	-0,235	0,18	-0,55	-0,335	0,02*
y_2	15,59	-3,944	2,94	0,278*	0,278*	-0,67*

* — незначимые коэффициенты

Таблица 3

Статистические критерии оптимизации

Наименование выходного параметра уравнения	Статистические критерии			
	F	D^2_0	S_0	ζ
y_1	6,242	4,107	0,064	0,111
y_2	3,035	0,87	0,933	1,618

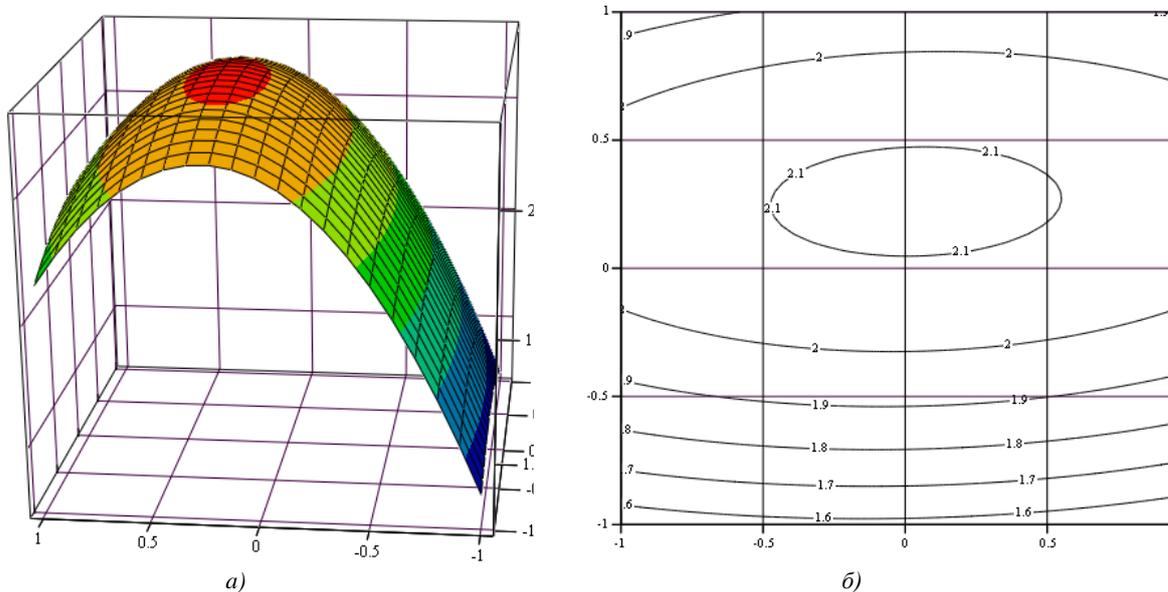


Рис. 5. Зависимость адгезии от количества пигмента x_1 и наполнителя x_2 : а — в пространстве; б — на плоскости

Анализ результатов полученной модели, представленной в виде уравнений регрессии, показывает, что коэффициент b_1 при факторе x_1 (количество пигмента) оказывает отрицательное воздействие на оба выходных параметра (y_1 ; y_2). Причем в большей степени количество пигмента влияет на условную вязкость лакокрасочного материала ($b_1 = -3,944$), чем на адгезию к лакокрасочному покрытию ($b_1 = -0,235$). Вместе с тем положительное значение коэффициента b_2 при факторе x_2 (количество наполнителя) говорит о том, что увеличение концентрации наполнителя приводит к положительному влиянию как на адгезию к лакокрасочному покрытию ($b_2 = 0,18$), так и на условную вязкость ($b_2 = 2,944$). Совместное взаимодействие данных факторов (x_1 ; x_2) незначительно, но отрицательно

влияет, в первом случае, на адгезию ($b_3 = -0,55$) и положительно влияет на условную вязкость во втором случае ($b_3 = 0,278$). Остальными коэффициентами можно пренебречь, так как они являются незначимыми по условной вязкости ($b_4; b_5$) и по адгезии (b_5), потому что меньше, чем среднеквадратичная ошибка в определении коэффициентов.

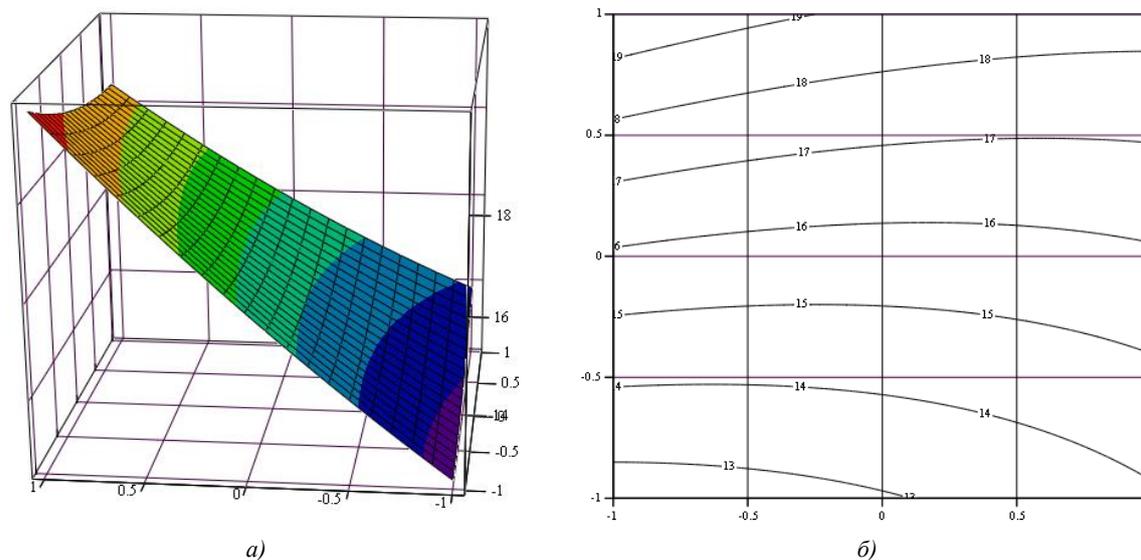


Рис. 6. Зависимость условной вязкости от количества пигмента x_1 и наполнителя x_2 : а — в пространстве; б — на плоскости

В целом, исходя из неравенства $F < qF$, с вероятностью 0,95 предлагаемые модели являются адекватными, и они могут применяться для описания процесса оптимизации в пределах 0,5. В результате был определен оптимальный состав лакокрасочного материала на основе олифы и пигмента в виде охра. Вещественный состав лакокрасочного материала представлен в таблице 4.

Таблица 4

Оптимальный вещественный состав масляной краски

Наименование состава	Содержание компонентов, %			Показатель	
	Связующее	Пигмент (охра)	Наполнитель (мел)	адгезия к покрытию, МПа	условная вязкость, с
С№ 3	45	17,5	37,5	1,8	120

Для решения проблемы высыхания в оптимальный состав лакокрасочного материала (таблица 4) вводили добавку металлического катализатора в количестве 0,05 % от массы связующего. Применение данной добавки в качестве сиккатива было обусловлено необходимым влиянием ее по двум направлениям. Первое направление заключалось в качестве диспергирующего агента пигментов, а другое — в улучшении проникновения кислорода в объем пленки и, как следствие, ускорении процесса высыхания покрытия. Это должно привести к уменьшению образования матового эффекта и позволит сохранить высокую глянцевую поверхность. Результаты сравнения физико-механических свойств составов с добавкой металлического катализатора (С№ 4) и без добавки представлены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты сравнения физико-механических свойств составов масляной краски

№	Наименование показателя	Наименование состава	
		Контрольный (С№ 3)	Рабочий (С№ 4)
1	Условная вязкость по вискозиметру типа ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм при температуре $(20,0 \pm 0,5)$ °С, с	120	110
2	Время высыхания до степени 1, не более, при температуре (20 ± 2) °С, мин	20	15,5
3	Массовая доля нелетучих веществ, %	88,5	90,4
4	Адгезия покрытия, баллы	2	1
5	Адгезия покрытия, МПа	1,8	2,15

Обсуждение и заключение. По результатам оптимизации были получены уравнения регрессии, представленные в виде полинома второй степени и оптимальный вещественный состав лакокрасочного материала. С целью решения проблемы высыхания в оптимальный состав вводили высокодисперсный побочный продукт осаждения от электродуговой печи в качестве металлического катализатора в количестве 0,05 % от массы связующего. Установлено, что время высыхания до степени 1 рабочего состава (С№ 4) ниже на 22,5 % в сравнении с контрольным составом (С№ 3), массовая доля нелетучих веществ ниже на 19,8 %, а адгезия лакокрасочного покрытия, соответственно, выше на 19,4 %.

Разработан состав эффективной масляной краски на основе олифы, охры, мела и добавки сиккатива в виде металлического катализатора, который вводили для ускорения процесса высыхания и дополнительного диспергирования пигмента тем самым улучшая устойчивость покрытия к атмосферным воздействиям. Полученные сравнительные данные нормативных испытаний физико-механических свойств масляной краски с применением побочного продукта осаждения от электродуговой печи говорят о перспективности его применения в качестве сиккатива для лакокрасочных материалов.

Список литературы/References

1. Binoj J, Raj RE, Daniel B. Comprehensive Characterization of Industrially Discarded Fruit Fiber, *Tamarindus Indica* L. as a Potential Eco-Friendly Bioreinforcement for Polymer Composite. *Journal of Cleaner Production*. 2017;142:1321–1331. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.179>
2. Kumar P, Duhan S, Duhan JS. Agro-Industrial Wastes and their Utilization Using Solid State Fermentation: a review. *Bioresources and Bioprocessing*. 2018;5:1–15. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
3. Sanjay M, Madhu P, Jawaid M, Senthamaraiannan P, Senthil S, Pradeep S. Characterization and Properties of Natural Fiber Polymer Composites: a Comprehensive Review. *Journal of Cleaner Production*. 2018;172:566–581. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.101>
4. Richard S, Rajadurai JS, Manikandan V. Influence of Particle Size and Particle Loading on Mechanical and Dielectric Properties of Biochar Particulate-Reinforced Polymer Nanocomposites. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*. 2016;21:462–477. <http://dx.doi.org/10.1080/1023666X.2016.1168602>
5. Mustapha R, Rahmat AR, Majid RA, Mustapha SNH. Vegetable Oil-Based Epoxy Resins and their Composites with Bio-Based Hardener: a Short Review. *Polymer-Plastics Technology and Materials*. 2019;58:1311–1326. <https://doi.org/10.1080/25740881.2018.1563119>
6. Sansonetti E, Cirule D, Kuka E, Andersons I, Andersons B. Investigation of Linseed Oil-Based Wood Coatings: Effect of Artificial Weathering. *Key Engineering Materials*. 2019;800:223–227. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.800.223>
7. Calovi M, Rossi S. From Wood wWaste to Wood Protection: New Application of Black Biorenewable Water-Based Dispersions as Pigment for Bio-Based Wood Paint. *Progress in Organic Coatings*. 2023;180:10757. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.107577>
8. Liu Y, Yu Z, Zhang Y, Wang H. Microbial Dyeing for Inoculation and Pigment Used in Wood Processing: Opportunities and Challenges. *Dyes Pigments*. 2021;186:109021. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2020.109021>
9. Vega Gutierrez SM, Stone DW, He R, Vega Gutierrez PT, Walsh ZM, Robinson SC. Potential Use of the Pigments from *Scytalidium Cuboideum* and *Chlorociboria Aeruginosa* to Prevent ‘Greying’ Decking and Other Outdoor Wood Products. *Coatings*. 2021;11:511. <http://dx.doi.org/10.3390/coatings11050511>
10. Calovi M, Rossi S. Impact of High Concentrations of Cellulose Fibres on the Morphology, Durability and Protective Properties of Wood Paint. *Coatings*. 2023;13:721. <https://doi.org/10.3390/coatings13040721>
11. Yan X, Chang Y, Qian X. Effect of the Concentration of Pigment Slurry on the Film Performances of Waterborne Wood Coatings. *Coatings*. 2019;9:635. <http://dx.doi.org/10.3390/coatings9100635>
12. Yan X, Wang L, Qian X. Influence of Thermochromic Pigment Powder on Properties of Waterborne Primer Film for Chinese Fir. *Coatings*. 2019;9:742. <http://dx.doi.org/10.3390/coatings9110742>
13. Kaestner D, Petutschnigg A, Schnabel T, Illy A, Taylor A. Influence of Wood Surface Color on the Performance of Luminescent Pigments. *Forest Products Journal*. 2016;66:211–213. <http://dx.doi.org/10.13073/FPJ-D-15-00036>
14. Reinprecht L, P’aneek M. Effects of Wood Roughness, Light Pigments, and Water Repellent on the Color Stability of Painted Spruce Subjected to Natural and Accelerated Weathering. *BioResources*. 2015;10(4):7203–7219. <http://dx.doi.org/10.15376/biores.10.4.7203-7219>
15. Zhang Z-M, Du H, Wang W-H, Wang Q-W. Property Changes of Wood-Fiber/HDPE Composites Colored by Iron Oxide Pigments after Accelerated UV Weathering. *Journal of Forestry Research*. 2010;21:59–62. <https://doi.org/10.1007/s11676-010-0009-z>
16. Hubmann M, Curtis JM. A Biobased Reactive Accelerant and Diluent for Solvent-Free Drying Oils. *Progress in Organic Coatings*. 2021;157:106024. <http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.106024>

Об авторах:

Халюшев Александр Каюмович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологического инжиниринга и экспертизы строительной индустрии Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](#), khaljushev@mail.ru

Колесниченко Елена Андреевна, студентка дорожно-транспортного факультета, кафедры экономики природопользования и кадастра Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](#), vaisalena57@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

А.К. Халюшев: научное руководство, формирование основной концепции, цели и задачи исследования, подготовка текста, анализ результатов исследований, корректировка выводов.

Е.А. Колесниченко: проведение расчетов, оформление рисунков, доработка текста, формирование выводов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

About the Authors:

Alexander K. Khaljushev, Cand. Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), khaljushev@mail.ru

Elena A. Kolesnichenko, student of the Faculty of Road Transport, Department of Environmental Economics and Cadastre, Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), vaisalena57@gmail.com

Claimed Contributorship:

AK Khaljushev: scientific supervision, basic concept and research objective formulation, working with the text of the manuscript, analysis and generalization of the research results, revisiting the conclusions.

EA Kolesnichenko: performing the calculations, editing the figures, proofreading the manuscript, analysis and generalization of the research results.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 14.01.2025

Поступила после рецензирования / Reviewed 28.01.2025

Принята к публикации / Accepted 12.02.2025