

**Сабадаха Елена Николаевна**, кандидат технических наук  
Белорусский государственный технологический университет  
г. Минск, Беларусь

**Божелко Игорь Константинович**, кандидат технических наук  
Белорусский государственный технологический университет  
г. Минск, Беларусь

**ВЛИЯНИЕ ПИГМЕНТНОЙ ЧАСТИ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННОГО  
ЛАКОКРАСОЧНОГО МАТЕРИАЛА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ  
И ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ  
THE EFFECT OF THE PIGMENT PART OF A WATERBORNE PAINT  
MATERIAL ON THE EXPLOITATION AND FLAME RETARDANT  
PROPERTIES OF THE COATING**

**Аннотация:** В статье показано влияние пигментов и наполнителей – диоксида титана, карбоната кальция и гидроксида магния в составе огнезащитного водно-дисперсионного лакокрасочного материала на эксплуатационные и огнезащитные свойства покрытия. *Лучшие результаты огнезащитной эффективности показали составы, содержащие максимальное количество диоксида титана и гидроксида магния.*

**Abstract:** The article has shown the influence of pigments and fillers – titanium dioxide, calcium carbonate and magnesium hydroxide in the composition of flame retardant waterborne paint on the exploitation and flame retardant properties of the coating. The best result of fire protection efficiency has shown the composition containing the maximum amount of titanium dioxide and magnesium hydroxide.

**Ключевые слова:** Диоксид титана, карбонат кальция, гидроксид магния, лакокрасочное покрытие, огнезащитные свойства.

**Keywords:** Titanium dioxide, calcium carbonate, magnesium hydroxide, paint coating, fire protection properties.

Огнезащитные лакокрасочные материалы с биозащитными свойствами должны быть более высокого качества, чем обычные краски: образовывать долговечные, устойчивые к смыванию покрытия, обладать стойкостью к агрессивным средам и водостойкостью, быть устойчивыми к биоповреждениям. Чтобы удовлетворять указанным требованиям краски должны содержать большее количество дисперсии, чем обычные, их объемная концентрация пигмента должна составлять 25–50% [1]. Также ранее было установлено [2], что чем выше ОКП системы тем меньшее влияние оказывает на подложка на свойства покрытия, что крайне важно при окрашивании деревянных конструкций.

ОКП представляет собой отношение объема пигментов и других твердых частиц в материале к общему объему нелетучего вещества:

$$ОКП, \% = \frac{\sum V_{\text{пигментов}} + \sum V_{\text{наполнителей}}}{\sum V_{\text{пигментов}} + \sum V_{\text{наполнителей}} + \sum V_{\text{связующих}}} \cdot 100, \quad (3.1),$$

$$\text{где } V_{\text{пигментов}} = \frac{m_{\text{пигмента}}}{\rho_{\text{пигмента}}}, \quad V_{\text{наполнителя}} = \frac{m_{\text{наполнителя}}}{\rho_{\text{наполнителя}}}, \quad V_{\text{связующего}} = \frac{m_{\text{связующего}}}{\rho_{\text{связующего}}},$$

$m$  – масса соответствующего компонента;

$\rho$  – плотность соответствующего компонента.

Было отмечено, что симплекс-решетчатые планы Шеффе целесообразно использовать, когда экспериментально изучаемое свойство определяется одной фазой. При разработке огнезащитного лакокрасочного материала для достижения высоких эксплуатационных характеристик покрытия количество пленкообразователя было принято 20 %. Опираясь на результаты исследований [3], содержание меламина, пентаэритрита и полифосфата аммония было взято 1:1:1 и составило 6 %.

Для проведения исследований в локальных областях факторного пространства накладывались ограничения по двум компонентам: диоксиду титана и гидроксиду магния. Третий компонент – кальцит определялся вычитанием из суммы компонент диоксида титана и оксида цинка.

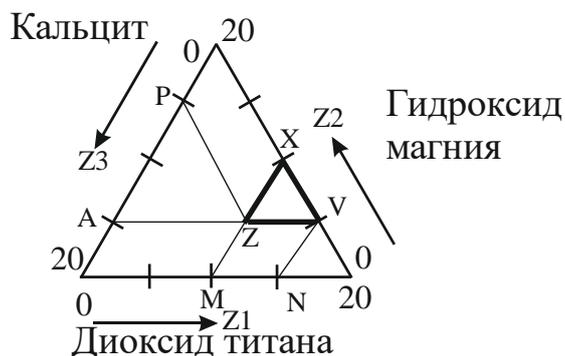
Обычно для обеспечения высокой укрывистости и белизны покрытий рецептуры водно-дисперсионных красок с улучшенными эксплуатационными характеристиками содержат большое количество диоксида титана 10–20 %. Количество гидроксида магния приняли в пределах 5–10 %.

На рисунке 1 показано выделение локальных областей факторного пространства путем наложения ограничений при сумме компонент 20 %мас. Многоугольники MXVN и VAEQ характеризуют допустимые области эксперимента по каждому компоненту индивидуально, а их пересечение образует треугольнички ZXV, в котором обеспечиваются заданные требования по совокупности и по диоксиду титана (Z1), и по гидроксиду магния (Z2). Эксперимент планировался внутри областей многоугольников.

В основу симплексной решетки положен треугольник ZXV. Координаты вершин треугольника фиксировались с помощью матриц. Элементами каждой строки являлись координаты одной точки (вершины) внутреннего симплекса в единицах внешнего симплекса (рисунок 1). Долю каждого компонента, входящего в рецептуру опытных образцов лакокрасочных материалов в натуральных единицах внешнего симплекса, рассчитывали на основании матрицы границ локальной области и матрицы эксперимента в относительных единицах внутреннего симплекса [4].

В таблице 1 приведена матрица планирования со значениями пигментной части в натуральном и кодированном масштабах.

Кроме основных компонентов (пленкообразователь, пигменты, наполнители) водно-дисперсионные лакокрасочные материалы содержали в своем составе различные функциональные добавки – диспергаторы, пеногасители, регуляторы реологии, вспомогательные вещества, используемые для улучшения процессов пленкообразования и нанесения ЛКМ и т.д.



	Z1	Z2	Z3
Z	10	5	5
X	10	10	0
V	15	5	0

Рисунок 1 – Выделение локальных областей факторного пространства

## Матрица планирования

№ состава	Состав пигментной части						ОКП, %
	В кодированном масштабе			В натуральном масштабе			
	$x_{1j}$	$x_{2j}$	$x_{3j}$	$Z1_i$	$Z2_i$	$Z3_i$	
1	0	0	1	10	5	5	44,55
2	0,33	0	0,67	11,65	5	3,35	44,32
1	2	3	4	5	6	7	8
3	0,67	0	0,33	13,35	5	1,65	44,07
4	1	0	0	15	5	5	45,78
5	0,67	0,33	0	13,35	6,65	0	44,16
6	0,33	0,67	0	11,65	8,35	0	44,48
7	0	1	0	10	10	0	44,80
8	0	0,67	0,33	10	8,35	1,65	44,72
9	0	0,33	0,67	10	6,65	3,35	44,63
10	0,333	0,333	0,333	11,65	6,65	1,7	44,40

Для оптимизации процесса диспергирования пигментов и наполнителей за счет улучшения их смачивания, разрушения агломератов, стерической или электростатической стабилизации первичных частиц, образующихся в процессе диспергирования, использовался диспергатор Оротан 731К. Он эффективен при широком ряде рН с различными синтетическими латексами, имеет оптимальную дисперсионную способность с акриловыми дисперсиями. В лакокрасочный материал вводили 1% диспергатора от массы пигментов и наполнителя (по рекомендации производителя).

Рецептуры лакокрасочных материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2

## Рецептуры исследуемых составов

Наименование компонента	№ состава (%мас.)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дисперсия	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Меламин	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Пентаэритрид	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Полифосфат аммония	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Диоксид титана	10	11,65	13,35	15	13,35	11,65	10	10	10	11,65
Кальцит	5	3,35	1,65	5	0	0	0	1,65	3,35	1,7
Гидроксид магния	5	5	5	5	6,65	8,35	10	8,35	6,65	6,65
Загуститель	0,14	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Диспергатор	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Пеностойитель	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Вода	41,08	41,02	41,02	36,02	41,02	41,02	41,02	41,02	41,02	41,02
Итого	100									

Технологический процесс изготовления водно-дисперсионных лакокрасочных материалов осуществлялся следующим образом. Для обеспечения разрушения агломератов наполнителя, их смачивания, снижения поверхностного натяжения за счет электростатического отталкивания, стабилизации всей дисперсной системы и ликвидации пены на первой стадии необходимо равномерно распределить по объему такие добавки как пеногаситель, диспергатор и загуститель в течение 20 мин при 500 об/мин. После диспергирования жидких добавок в раствор небольшими порциями вносились пигменты и наполнители согласно загрузочной рецептуре. Скорость вращения фрезы увеличивали до 2000 об/мин. Суспензию диспергировали в течение 40 мин. Далее снижали скорость вращения фрезы до 500 об/мин и добавляли дисперсию. Перемешивание вели до получения однородной суспензии в течение 30 мин. Далее проверялся рН системы.

Все полученные лакокрасочные покрытия высыхали до степени 3 за время не более 1 ч и давали пленку с однородной матовой поверхностью. Испытание покрытий на стойкость к воздействию воды проводили в соответствии с ГОСТ 9.403. После 24 ч статического воздействия воды не наблюдалось изменений внешнего вида покрытий. Адгезия покрытий на деревянной поверхности составила 2 МПа.

Пигментная часть оказала влияние на такие показатели как укрывистость, влагопоглощение и огнестойкость. Значение показателей приведены в таблице 3.

Таблица 3

Влияние пигментной части на свойства покрытия

№ состава	Укрывистость, г/м <sup>2</sup>	Влагопоглощение, %	Группа огнезащитной эффективности / потеря массы образца, %
1	120,52	19,1	II класс / 18,1
2	118,93	17,4	II класс / 17,3
3	115,23	16,3	II класс / 12,4
4	111,72	15,8	II класс / 11,6
5	116,17	16,8	II класс / 13,8
6	119,21	17,5	II класс / 15,7
7	121,01	20,1	II класс / 12,3
8	120,25	19,8	II класс / 19,3
9	121,75	18,2	II класс / 18,6
10	118,94	17,3	II класс / 15,4

Укрывистость – это способность лакокрасочного материала скрывать цвет подложки. Желательно, чтобы укрывистость краски была более высокой, что позволит сократить расход материала. Укрывистость зависит от различия коэффициентов преломления используемых материалов (дисперсии, пигментов и наполнителей): чем больше разница, тем выше укрывистость. Значения коэффициентов преломления для используемых материалов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Коэффициенты преломления

Вещество	Коэффициент преломления
Дисперсия	1,5
Диоксид титана	2,70
Гидроксид магния	1,56
Кальцит	1,59

Из приведенных данных видно, что диоксид титана должен оказывать решающее влияние на укрывистость лакокрасочного материала.

При увеличении количеств диоксида титана укрывающая способность всех исследуемых лакокрасочных покрытий возрастала. Влияние гидроксида магния и кальцита было в равной степени, так как они обладают схожими характеристиками.

При исследовании влагопоглощающей способности пленок установлено, что наполнители карбонат кальция и гидроксид магния увеличивают влагопоглощение.

Все исследованные покрытия обладают II классом огнезащитной эффективности. Однако при варьировании пигментной части разница потери массы образцов может составлять до 10%. Лучшие результаты огнезащитной эффективности показали составы, содержащие максимальное количество диоксида титана и гидроксида магния.

*Диоксид титана функционирует в интумесцентной системе как каталитически активный агент, представляющий свою высокоразвитую поверхность для снижения энергии активации морфологической перестройки пентаэритрита с его последующим превращением в альдегиды, которые затем реагируют с меламином с образованием каркасной полимерно-олигомерной смолы, вспенивающейся и отверждающейся в результате разложения полифосфата аммония.*

Гидроксид магния при нагревании выделяет при разложении воду, причем эндотермическая реакция способствует охлаждению и снижению газообмена на поверхности материала.

Таким образом, планирование эксперимента с использованием методики Шеффе позволило значительно сократить число опытов при этом исследовать такие свойства лакокрасочного материала как укрывистость, влагопоглощение и огнестойкость, найти определенные закономерности и разработать огнебиозащитный лакокрасочный материал. В ходе проведения испытаний было установлено, что при увеличении количеств диоксида титана укрывающая способность всех исследуемых лакокрасочных покрытий возрастала. Влияние гидроксида магния и кальцита было в равной степени и не оказывало значительного влияния на укрывистость, так как они обладают схожими характеристиками.

Все исследованные покрытия обладали II классом огнезащитной эффективности. Однако при варьировании пигментной части разница потери массы образцов составила до 10%. Лучшие результаты огнезащитной эффективности показали составы, содержащие максимальное количество диоксида титана и гидроксида магния.

*Список литературы:*

1. Казакова Е.Е., Скороходова О.Н. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. – М.: Пэйнт-медиа, 2003. – 136 с.

2. Сабадаха Е.Н. Влияние пигментной части и объемной концентрации пигментов на биозащитные свойства лакокрасочного покрытия // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент: Материалы X Международной научно-инновационной молодежной конференции. Издательство: ИП Чеснокова А.В., 2018. – С. 168–170

3. Сабирзянова Р.Н. Исследование влияния составляющих компонентов вспучивающего антипирена на огнестойкие свойства материалов // Вестник технологического университета. – 2015. – Том 18. – №2. – С. 283-287.

4. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов / Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 296 с.