

УДК 691.175.664.034.92

Низина Т. А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: nizinata@yandex.ru

Зимин А.Н. – аспирант

Селяев В.П. – академик РААСН, доктор технических наук, профессор

Низин Д.Р. – студент

Мордовский государственный университет

АНАЛИЗ ДЕКОРАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭПОКСИУРЕТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты анализа декоративных характеристик эпоксипуретановых покрытий, работающих в условиях воздействия ультрафиолетового облучения. Разработана методика оценки изменения насыщенности цвета в зависимости от технологических и эксплуатационных воздействий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эпоксипуретановые композиты, эпоксидное и уретановое связующее, декоративные характеристики, насыщенность цвета, ультрафиолетовое облучение.

Nizina T.A. – doctor of technical sciences, professor

Zimin A.N. – post-graduate student

Selyaev V.P. – academic of RAACS, doctor of technical sciences, professor

Nizin D.R. – student

Mordvinian State University

ANALYSIS OF THE DECORATIVE CHARACTERISTICS EPOXYURETHANE COATINGS, WORKING UNDER THE INFLUENCE OF ULTRA-VIOLET IRRADIATION

ABSTRACT

The results of the analysis of decorative characteristics of epoxyurethane coatings working in conditions of exposure to ultraviolet radiation. The technique of assessing changes in color saturation, depending on the technological and operational impacts.

KEYWORDS: epoxyurethane composites, epoxy and urethane binder, decorative features, color saturation, ultraviolet irradiation.

Полимерные составы на основе эпоксидных связующих активно применяются в качестве защитно-декоративных покрытий на объектах гражданского и промышленного строительства. Однако покрытия, получаемые на основе низковязких эпоксидных связующих и аминных отвердителей, имеют низкую эластичность, что приводит к необходимости их дополнительной модификации. Одним из наиболее перспективных направлений получения эффективных защитных покрытий с повышенными деформационно-прочностными характеристиками является модификация эпоксидных связующих уретановыми олигомерами. Получаемые в процессе совмещения эпоксидов и уретанов эпоксипуретановые связующие обладают комплексом улучшенных характеристик. Анализ проведенных исследований на основе метода последовательного симплекс-планирования [1] показал, что введение в состав эпоксидных композитов уретановых модификаторов позволяет повысить предел прочности при растяжении и изгибе, а также относительное удлинение при растяжении на $27 \div 34$ %.

Учитывая, что разрабатываемые эпоксипуретановые покрытия относятся к защитно-декоративным, было проведено исследование влияния соотношения уретанового и эпоксидного связующих (У:ЭО) на цветовые характеристики ненаполненных композитов, а также изучено изменение цветовой насыщенности в процессе воздействия УФ-облучения.

Качество декоративных покрытий принято определять по внешнему виду, цвету, блеску. На

сегодняшний день существует три основных способа определения и описания цвета покрытия [2]:

- визуальное определение и соответствующее ему описание;
- сравнение с контрольным образцом (эталонном);
- количественное измерение и числовое выражение.

Необходимо отметить, что два первых метода являются условными и субъективными, так как напрямую связаны с состоянием нервной системы человека и зависят от личных особенностей зрения исследователя. Для количественного измерения цвета была создана колориметрическая система, утвержденная Международной осветительной комиссией (МОК) в 1931 году. Кроме колориметрической системы, цвет можно измерить с помощью цветового тона, чистоты цвета, коэффициента отражения и яркости [2]. При одинаковых значениях доминирующей длины волны, чистоты цвета и коэффициента яркости или отражения покрытия должны иметь один и тот же цвет. Однако установлено, что между цветовым ощущением человека и спектральным составом цвета нет прямой связи. Исследования цвета лакокрасочных покрытий показали, что данные цветовые характеристики не всегда дают правильное представление о его цветовом тоне, насыщенности и светлоте. Если расположить образцы в ряд по возрастанию длин волн, то оказывается, что они не воспроизводят равномерный ряд цветов покрытий, получаемый в результате визуального осмотра [2]. К тому же, использование колориметров и спектрофотометров при приемочном контроле качества покрытий и проведении исследовательских работ представляет определенные трудности, связанные с длительностью и дефицитом средств измерения [3].

В последние годы для измерения цвета все чаще предлагается использовать компьютерные технологии. В основе предлагаемых подходов лежит возможность получения растрового изображения структуры материала при сканировании изучаемой поверхности, выражаемой в виде функции цвета. При цветном варианте сканирования, используя определенную цветовую модель, под которой подразумевается способ формального описания цвета на основе составляющих его компонентов, появляется возможность разложить каждый цвет на составляющие его спектры определенной частоты и получить объективные данные о декоративных характеристиках лакокрасочного покрытия.

Несмотря на схожесть подходов к оценке свойств лакокрасочных покрытий методом прямого сканирования поверхности образцов, для описания цвета используются различные цветовые модели: Lab, CMYK, HSB, RGB и т.д. При этом, на наш взгляд, несомненно, что пигментные краски, используемые в строительстве, так же, как и краски, используемые в полиграфии, отражают световое излучение и должны описываться субтрактивной моделью CMYK.

На основе проведенного анализа различных цветовых моделей был создан программный продукт «Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий» [4] и разработана методика комплексных исследований декоративных характеристик защитных покрытий. Программный комплекс позволяет разбивать отсканированное изображение на CMYK-составляющие и определять их значения в каждой точке (пикселе) исследуемой поверхности. Для оценки каждой цветовой составляющей (голубой, пурпурной, желтой и черной) и яркости применялась цветовая палитра с 256 цветами (рис. 1). Для реализации математической модели использовался язык программирования Borland Delphi 7, поддерживаемые операционные системы – Windows 98/Me/2000/XP/7.

Согласно разработанной методике, на основе полученных с помощью программного комплекса кривых распределения цветовых составляющих (рис. 1) предлагается определять [5]: цветовые различия по насыщенности соответственно для голубой, пурпурной, желтой, черной составляющих, яркости (рис. 2) и цветовую насыщенность покрытия в целом.

Количественное описание цветового различия по насыщенности выполняется путем сравнения исследуемого состава с абсолютно белым, имеющим максимальную ($f(X) = 100\%$) плотность распределения при $X = 255$:

$$S_p = \frac{\sum_{i=0}^{255} (255 - X_{pi}) \cdot f(X_{pi})}{255 \cdot 100}, \quad (1)$$

где X_{pi} – уровень цветовой составляющей, изменяющийся от 0 до 255;

$f(X_{ip})$ – плотность распределения.

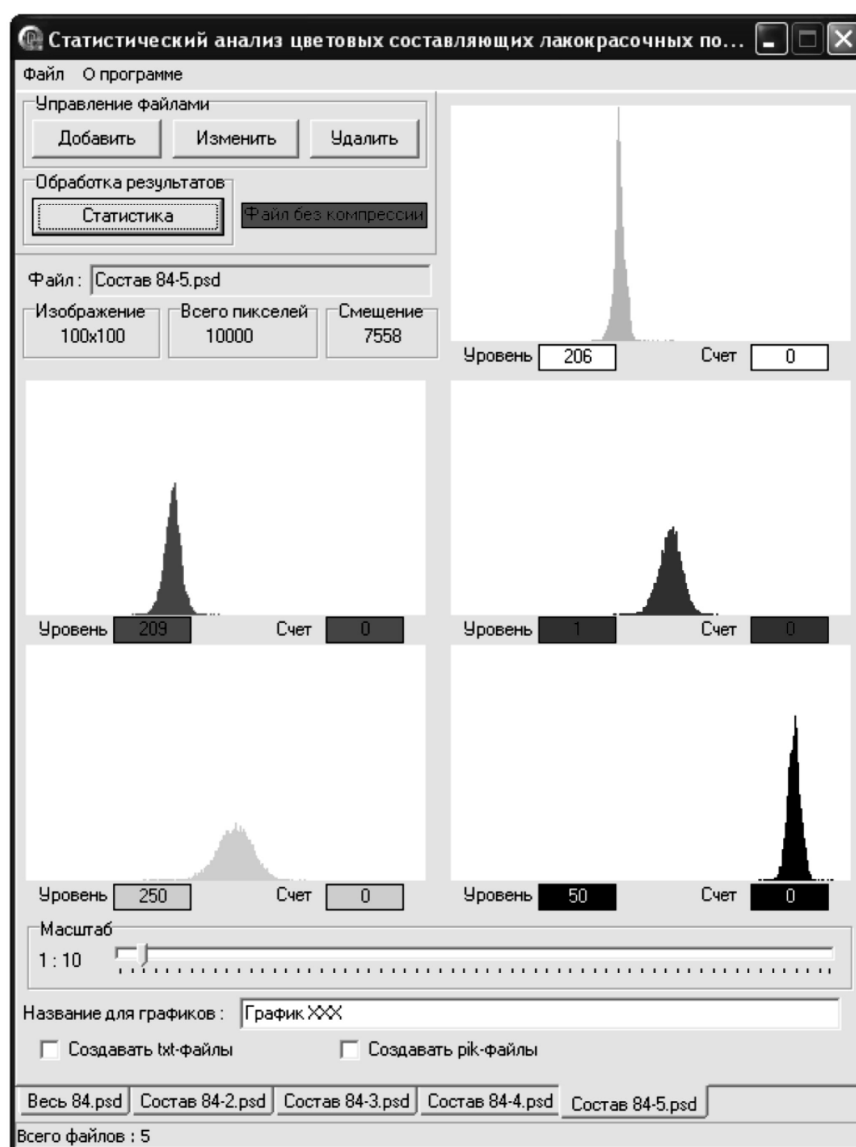


Рис. 1. Интерфейс программного комплекса
«Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий»

Цветовая насыщенность покрытия в целом по 4-м цветовым составляющим и с учетом яркости определяется соответственно по формулам:

$$E_{SMYK} = \sqrt{S_C^2 + S_M^2 + S_Y^2 + S_K^2}, \quad (2)$$

$$E_{SMYKH} = \sqrt{S_C^2 + S_M^2 + S_Y^2 + S_K^2 + S_H^2}, \quad (3)$$

где S_C , S_M , S_Y , S_K и S_H – цветовое различие по насыщенности для голубой, пурпурной, желтой, черной составляющих и яркости.

С помощью разработанного программного продукта появляется возможность проанализировать не только среднее значение насыщенности цвета исследуемого покрытия, но и распределение данной характеристики, что позволяет оценить однородность окраски.

В ходе проведенного исследования установлено (рис. 2), что с увеличением в составе эпоксиуретанов доли уретанового связующего происходит значительное снижение насыщенности цвета, наиболее ярко проявляющееся в интервале $0 \div 0,2$ отн. ед. Дальнейшее повышение соотношения У:ЭО не приводит к существенному изменению декоративных параметров эпоксиуретановых композитов.

Визуально снижение насыщенности цвета характеризуется повышением белизны разрабатываемых покрытий. Проведенный анализ показал, что введение 10 и более процентов уретанового связующего позволяет достичь необходимой для пигментирования составов белизны, что открывает дополнительные возможности для расширения цветовой гаммы эпоксиуретановых покрытий.

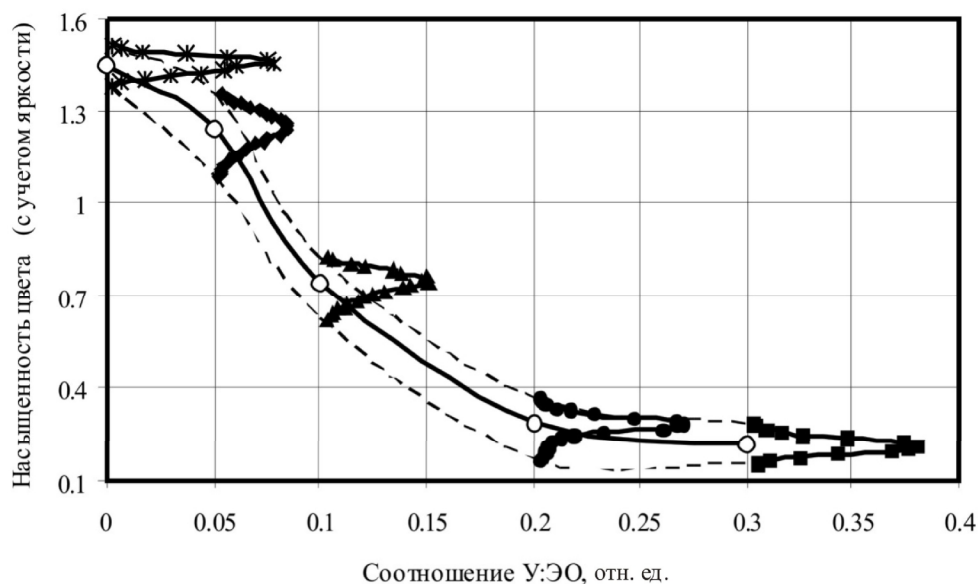


Рис. 2. Изменение кривых плотности распределения цветовой насыщенности эпоксиуретановых покрытий в зависимости от соотношения У:ЭО

Одним из основных способов описания результатов экспериментальных исследований является закон распределения, который показывает, с какой частотой значения переменной попадают в определенные интервалы. При этом разброс упруго-прочностных характеристик достаточно часто подчиняется нормальному закону распределения. Плотность вероятности нормального распределения определяется выражением:

$$f(x) = \frac{1}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{(x-a)}{s} \right)^2 \right\}, \quad (4)$$

где x — абсцисса; a — математическое ожидание; s — среднее квадратическое отклонение.

Сканирование исследуемых образцов выполнялось с разрешением 2400 dpi. Размер анализируемой поверхности на одном образце составлял 15x50 мм. Учитывая, что для каждого состава параллельно исследовалось не менее 5 образцов, объем суммарной выборки составлял не менее 33 млн. пикселей. Для проверки гипотез о нормальном распределении применяли критерий согласия Пирсона [6]. Параметры кривых распределения приведены в таблице.

Таблица

Параметры кривых нормального распределения

Параметры кривой нормального распределения (4)	Соотношение У:ЭО, отн. ед.				
	0	0,05	0,1	0,2	0,3
Математическое ожидание (a)	1,455	1,248	0,745	0,28	0,21
Среднее квадратическое отклонение (s)	0,027	0,057	0,04	0,028	0,025

Для исследования влияния стойкости цвета разработанных эпоксиуретановых покрытий были проведены исследования по изменению декоративных характеристик под действием ультрафиолетового облучения. Интенсивность УФ-облучения составляла 60 Вт/м² в диапазоне длин волн 250 ÷ 400 нм. В качестве источника света была использована ртутная лампа марки ДРТ-400, спектральное распределение энергии излучения которой наиболее близко к

солнечной в УФ области. Для выявления изменения цветовой окраски в ходе экспериментального исследования фиксировалось изменение цветовых составляющих и яркости полиуретановых покрытий через 500, 1000 и 2000 часов УФ-облучения.

Проведенный анализ показал, что наибольшая стабильность цвета наблюдается для немодифицированных эпоксидных покрытий (рис. 3). Введение в состав композита уретанового связующего приводит к значительному повышению насыщенности цвета до 1000 часов УФ облучения с последующим снижением данного параметра (рис. 4). С увеличением соотношения У:ЭО эффект повышения насыщенности возрастает.

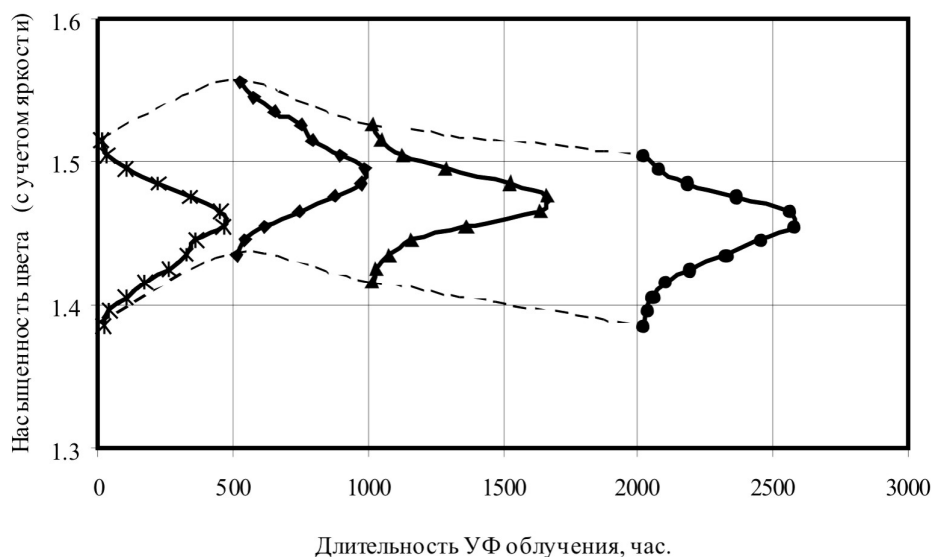


Рис. 3. Изменение кривых плотности распределения цветовой насыщенности эпоксидуретановых покрытий (соотношение У:ЭО = 0) под действием УФ-облучения

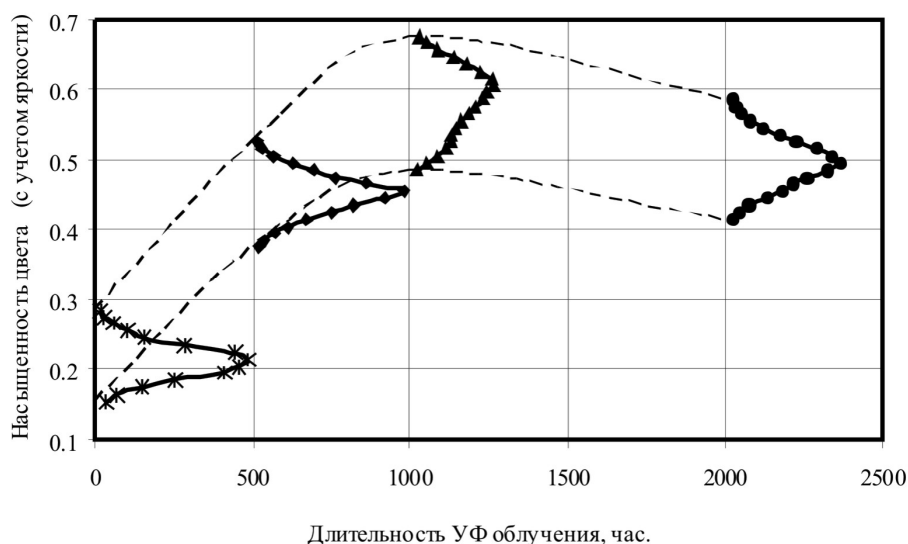


Рис. 4. Изменение кривых плотности распределения цветовой насыщенности эпоксидуретановых покрытий (соотношение У:ЭО = 0,3) под действием УФ-облучения

Использование программного комплекса «Статистический анализ цветowych составляющих лакокрасочных покрытий» и разработанной методики оценки декоративных характеристик с помощью насыщенности цвета дает возможность проанализировать влияние технологических параметров, компонентов покрытий (наполнителей, пигментов, красителей и т.д.), выявить однородность окраски, а также оценить изменение цвета защитно-декоративных покрытий под действием эксплуатационных факторов. Применение методов статистической обработки позволяет получить объективную информацию по изменению декоративных характеристик покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Низина Т.А. Результаты экспериментальных исследований эпоксипропановых композитов // Актуальные вопросы строительства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – С. 123-128.
2. Карякина М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
3. Оценка декоративных свойств лакокрасочных покрытий / В.И. Логанина, В.А. Смирнов, С.Н. Кислицына [и др.] // Лакокрасоч. материалы и их применение, 2004, № 8. – С. 10-12.
4. Селяев В.П. Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610820 от 28.02.2006 г. в Роспатенте по заявке №2005613472 от 29.12.2005 г.
5. Низина Т.А. Защитно-декоративные покрытия на основе эпоксидных и акриловых связующих. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – 258 с.
6. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник. – М.: Машиностроение, 2005. – 400 с.

REFERENCES

1. Nizina T.A. The results of experimental studies of epoxyurethane composites // Actual questions of construction: materials of the International scientific.-tekh. konf. – Saransk: Publ. Mordvinian State University, 2008. – P. 123-128.
2. Karyakina M.I. Test of paint materials and coatings. – M.: Chemistry, 1988. – 272 p.
3. Assessment of the decorative properties of the paint and varnish coats / V.I. Loganina, V.A. Smirnov, C.N. Kislitsina [and etc.] // Varnish. materials and their application, 2004, № 8. – P. 10-12.
4. Selyaev V.P. Statistical analysis of the color components of paint and varnish coats // Certificate of official registration of computer program no.2006610820 from 28.02.2006, in Rospatent under the application № 2005613472 of 29.12.2005.
5. Nizina T.A. Protective-decorative coatings on the basis of epoxy and acrylic binder. – Saransk: Publ. Mordvinian State University, 2007. – 258 p.
6. Stepnov M.N. Statistical methods of processing of the results of mechanical tests: reference. – M.: Machinery, 2005. – 400 p.