

НИЗИН Д. Р., АРТАМОНОВ Д. А., ЧЕРНОВ А. Н., НИЗИНА Т. А.

**РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ***

Аннотация. Приведены результаты натурных испытаний эпоксидных композиционных материалов. Выявлены параметры, оказывающие наибольшее воздействие на декоративные характеристики полимерных композитов. Изучено влияние агрессивных факторов на цветовую насыщенность эпоксидных составов.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, климатические факторы, старение полимеров, насыщенность цвета.

NIZIN D. R., ARTAMONOV D. A., CHERNOV A. N., NIZINA T. A.

**THE RESULTS OF FIELD TESTS OF POLYMERIC COMPOSITE
MATERIALS BASED ON EPOXY BINDERS**

Abstract. The article presents the results of epoxy composites field tests. The study revealed the parameters that have the greatest impact on the decorative characteristics of polymeric composites. The influence of aggressive factors on the color saturation of epoxy resins was also studied.

Keywords: polymeric composite materials, climatic factors, aging of polymers, color saturation.

Одним из существенных недостатков покрытий на основе полимерных связующих является низкая стойкость к действию климатических факторов. Ряд исследований, проведенных в области старения полимеров [1–6], показал, что практически все полимерные материалы обладают низкой стабильностью свойств во времени. Под действием естественных агрессивных сред полимерные материалы стареют – в них протекают процессы деструкции, сопровождающиеся изменением их химической и физической структур. Данный процесс происходит при одновременном действии нескольких факторов: температуры воздуха, относительной влажности, кислорода, загрязняющих веществ и т.д. Сочетание этих факторов существенно зависит от климатической зоны, а их действие носит непостоянный характер в течение длительного времени эксплуатации. Однако их влияние на деструкцию полимера в значительной степени зависит от инициируемых солнечным светом фотохимических превращений. Именно поэтому считается, что преобладающими в процессе старения полимерных покрытий в природных условиях являются фотохимические реакции под действием УФ-составляющей солнечного излучения с длиной волн в интервале 300 ÷ 400 нм. Свет с меньшей длиной волны практически не доходит до поверхности Земли

вследствие поглощения озоновым слоем, а видимый свет относительно слабо поглощается полимерами и обладает меньшей фотохимической активностью.

Полимерные композиционные материалы, используемые для защиты зданий и сооружений, должны обладать высокими упруго-прочностными характеристиками, достаточной подвижностью, а также стабильностью свойств в процессе эксплуатации. Эпоксидная смола ЭД-20 является одной из наиболее распространенных во множестве отраслей, в том числе и строительной. При этом она обладает достаточно высокой вязкостью, что делает работу с ней чрезвычайно трудоемкой и продолжительной. Для получения более эффективных полимерных составов использовался алифатический разбавитель Этал-1 в количестве 5÷50% от общей массы связующего. Введение Этал-1 позволяет повысить подвижность полимерной системы, сохранив при этом высокие упруго-прочностные свойства. Так, в качестве объекта исследования была выбрана эпоксидная смола Этал-247, многократно превосходящая ЭД-20 по реологическим характеристикам. Из восьми предварительно исследованных составов было выбрано четыре (табл. 1) показавших наилучшие реологические и упруго-прочностные характеристики.

Таблица 1

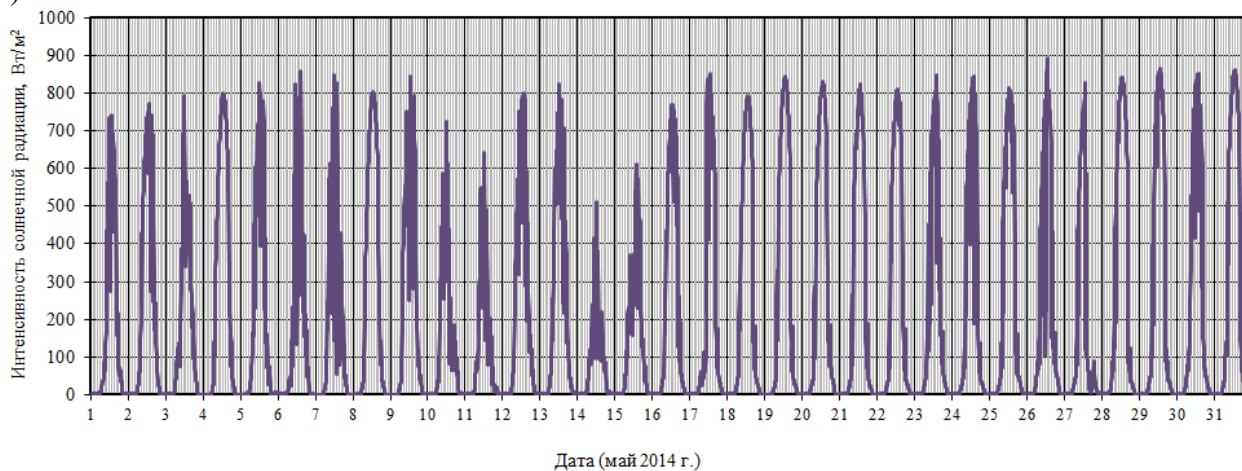
Составы исследуемых образцов

Номер состава	Эпоксидное связующее
1	ЭД-20 – 100%
2	ЭД-20 – 90%, разбавитель – 10%
3	ЭД-20 – 75%, разбавитель – 25%
4	Этал-247 – 100%

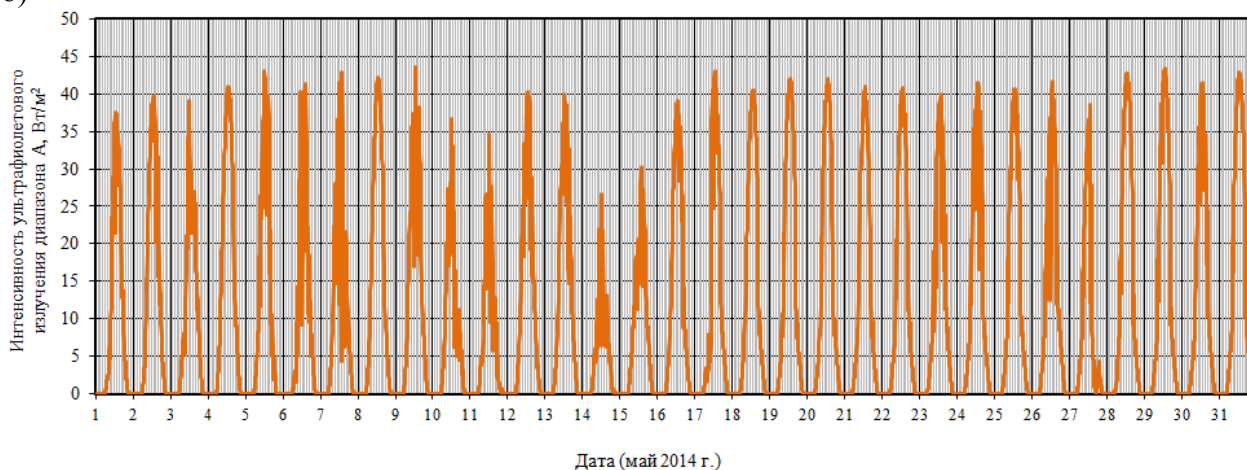
Исследуемые образцы экспонировались на испытательной площадке (сектор натуральных испытаний строительных материалов и конструкций эколого-метеорологической лаборатории Мордовского государственного университета им Н. П. Огарева). Высокотехнологическое оборудование, приобретенное в рамках реализации мероприятия 3 «Развитие современной инфраструктуры университета» Программы развития Мордовского государственного университета им Н.П. Огарева на 2010–2019 гг. позволяет получать большой объем количественных данных по параметрам, характеризующих агрессивное воздействие окружающей среды. Газоаналитический и метеорологический комплексы каждые 20 минут автоматически фиксируют концентрации загрязняющих веществ (оксида углерода, озона, диоксида азота, оксида азота, диоксида серы, сероводорода, аммиака) в атмосфере и основные метеорологические параметры (температура, относительная влажность воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра, осадки). Актинометрический комплекс позволяет измерять суммарную солнечную радиацию, в том числе ультрафиолет-А (315÷400 нм) и ультрафиолет-В (280÷315 нм). В качестве наглядного

примера, иллюстрирующего результаты, получаемые с помощью автоматической станции контроля загрязнения атмосферного воздуха, на рис. 1–3 представлены, соответственно, кривые изменения интенсивности солнечной радиации, ультрафиолетового излучения диапазона А и В, а также их суммарные характеристик за каждые сутки (май 2014 г.) и месяц (с марта по ноябрь) 2014 года.

а)



б)



в)

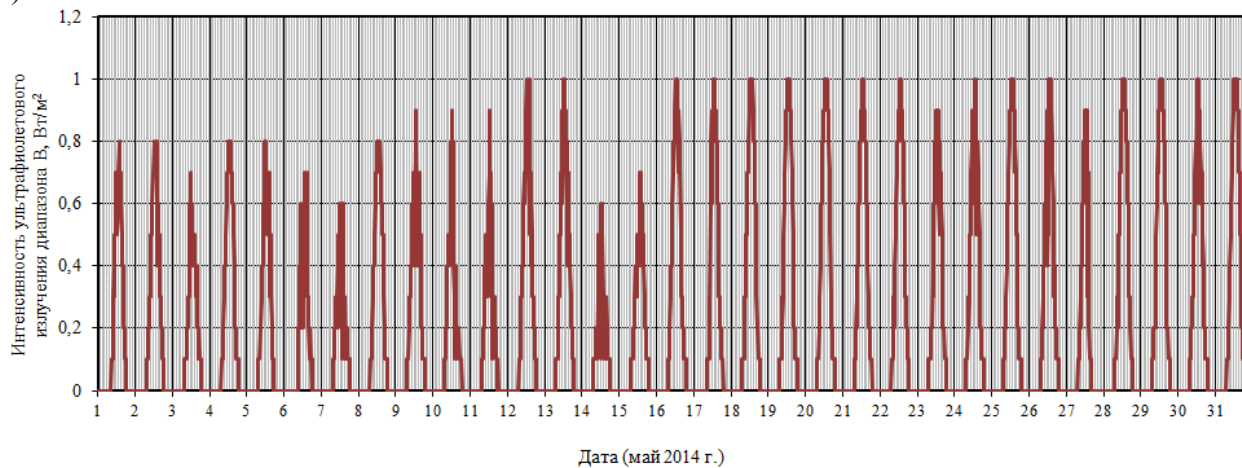


Рис. 1. Изменение интенсивности суммарной солнечной радиации (а), ультрафиолетового излучения диапазона А (б) и В (в) в мае 2014 года.

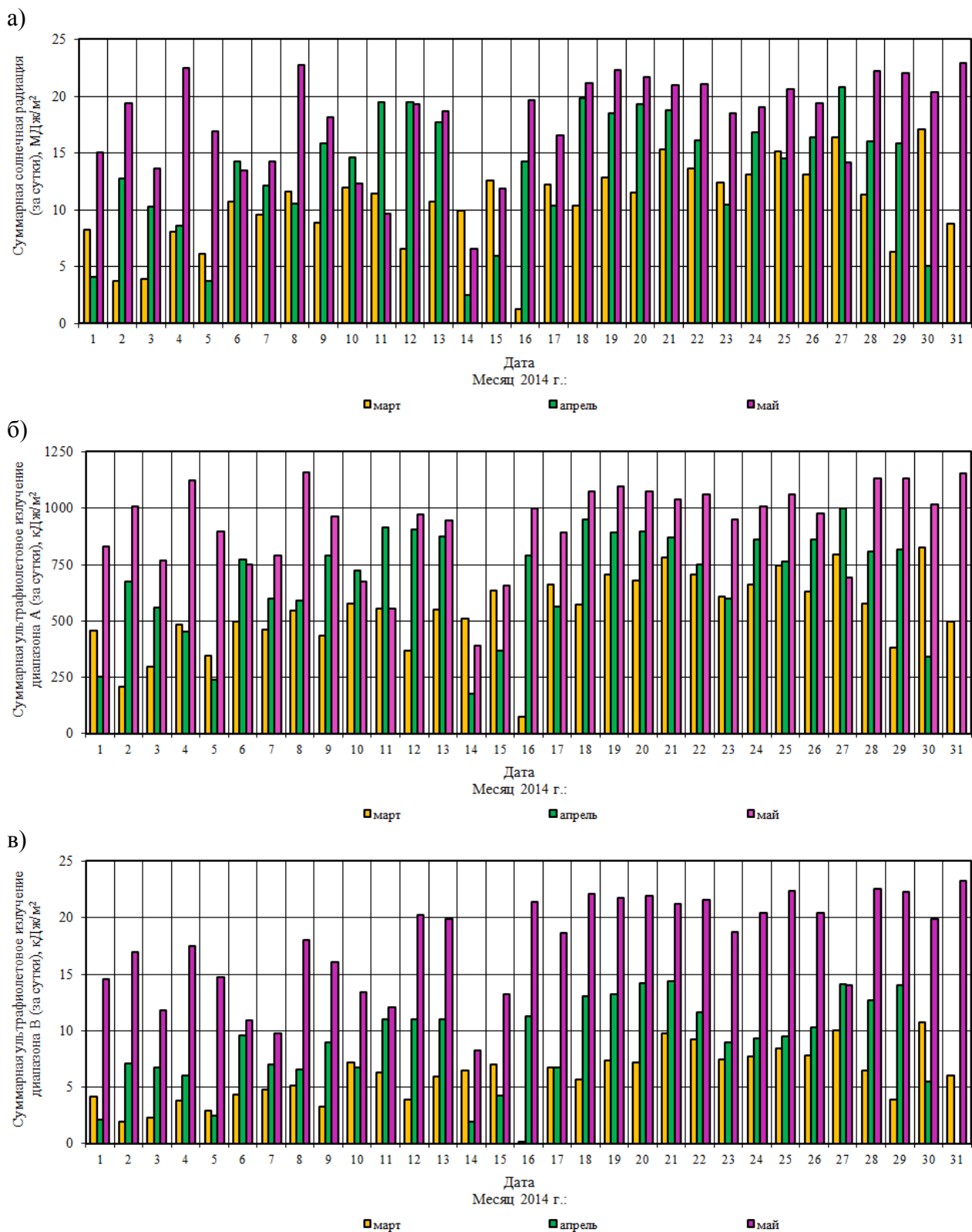


Рис. 2. Изменение суммарной солнечной радиации (а), суммарного ультрафиолетового излучения диапазона А (б) и В (в) за сутки в марте-мае 2014 года.

Известно [3–6], что воздействие УФ-излучения на полимерные композиционные материалы в первую очередь отражается на их декоративных характеристиках. По изменению внешнего вида поверхности полимера можно судить о скорости протекания

процессов деградации под действием агрессивных факторов. Большим подспорьем при проведении научных исследований изменения декоративных характеристик строительных композитов является использование компьютерных методов анализа, основанных на методе прямого сканирования. Использование разработанных программных комплексов для экспресс-оценки структуры композиционных материалов при помощи современных высокоскоростных ЭВМ позволяет исключить множество трудоемких операций и открывает возможность использования данных программных продуктов в самых разнообразных исследовательских целях.

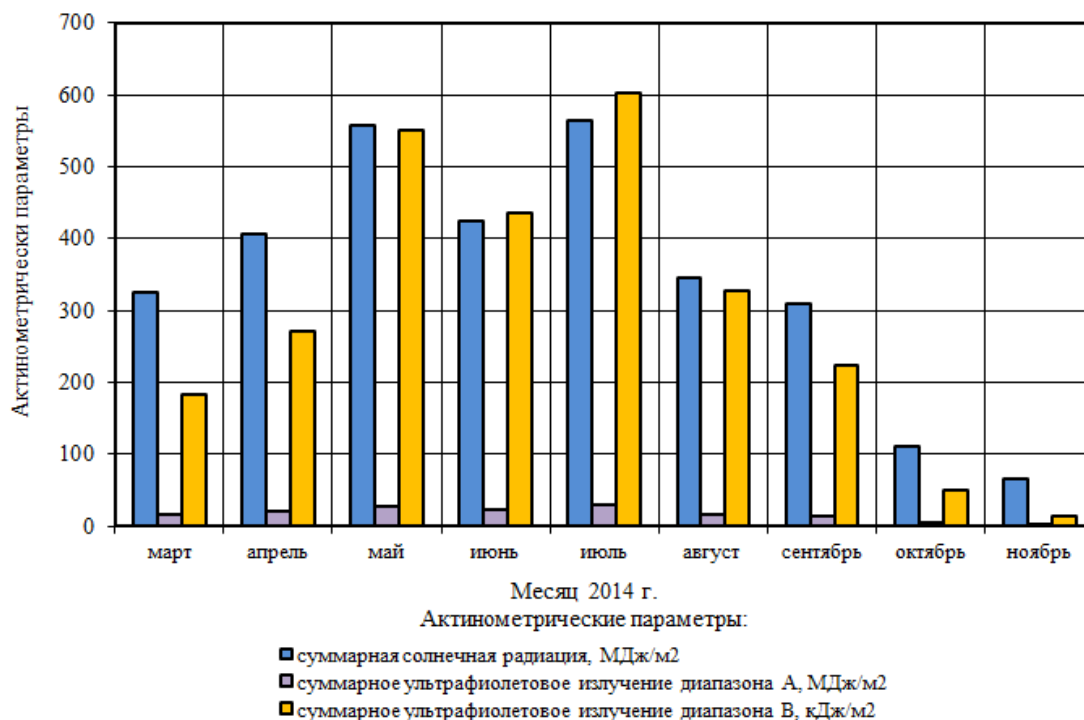


Рис. 3. Суммарные значения актинометрических параметров в марте-ноябре 2014 года.

Анализ изменения декоративных характеристик полимерных композитов, экспонированных в натуральных условиях в течение 210 суток (март – сентябрь 2014 года), проводился с использованием программного комплекса «Статистический анализ цветовых составляющих лакокрасочных покрытий» [7]. Сканирование исследуемых образцов выполнялось с разрешением 2400 dpi в режиме СМУК формата.

Количественное описание цветового различия по насыщенности выполнялось путем сравнения исследуемого состава с абсолютно белым, имеющим максимальную ($f(X) = 100\%$) плотность распределения при $X = 255$ [7–9]:

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

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

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

Цветовая насыщенность покрытия в целом по 4-м цветовым составляющим и яркости определялась по формуле:

$$E_{СМУКН} = \sqrt{S_C^2 + S_M^2 + S_Y^2 + S_K^2 + S_H^2} . \quad (2)$$

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

Анализ изменения кривых распределения цветовой насыщенности образцов на основе полимерных связующих, экспонированных в течение 7 месяцев в натуральных условиях, показал, что наибольшей стойкостью обладают составы на основе эпоксидной смолы ЭД-20, получаемые при введении разбавителя Этал-1 в количестве 0 и 10% (рис. 5). Для композита с 25%-ным содержанием Этал-1 и состава на основе Этал-247 наблюдается снижение насыщенности цвета уже к 90 суткам экспонирования в натуральных условиях.

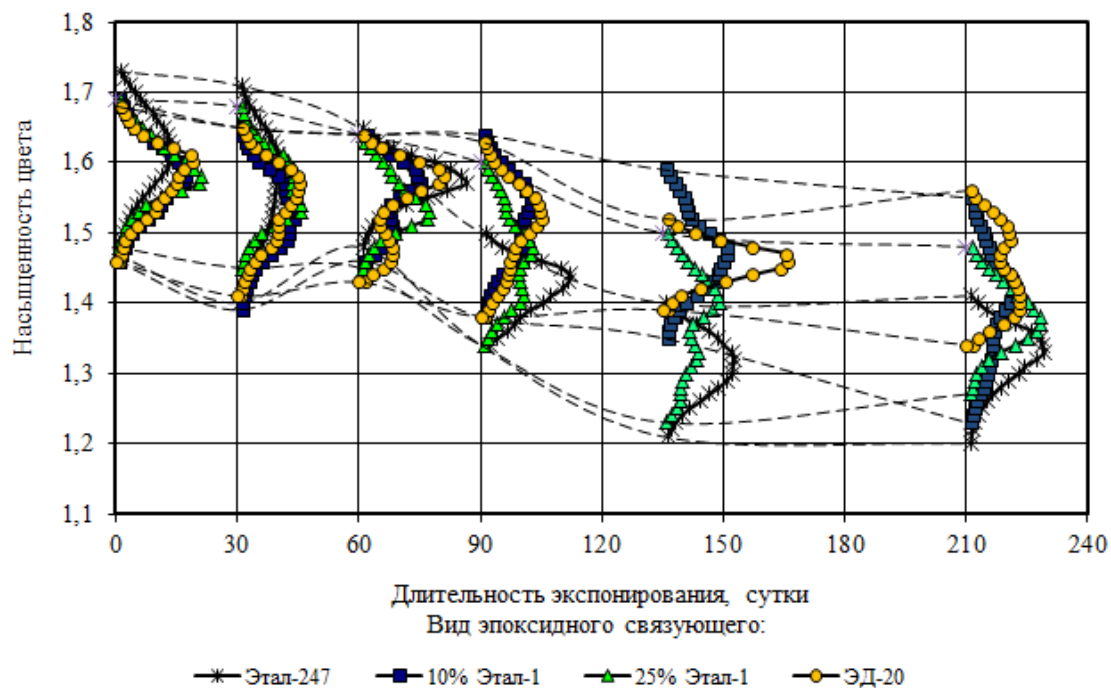


Рис. 5. Изменение насыщенности цвета полимерных покрытий в условиях действия натуральных климатических факторов.

Как показал опыт работы эколого-метеорологической ЭМЛ, использование приобретенного оборудования позволяет получать ценную информацию о поведении строительных материалов и изделий в условиях воздействия натуральных климатических факторов. Дальнейший анализ параметров, характеризующих агрессивное воздействие климатических факторов, позволит определить степень влияния каждого из них на упруго-прочностные и декоративные показатели полимерных композиционных материалов. Оптимизация составов с учетом агрессивного воздействия метеорологических,

актинометрических параметров и загрязняющих веществ позволит обосновано подойти к выбору составов защитных покрытий, эксплуатируемых в естественных условиях.

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-08-97172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов И. Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. – М.: Химия, 1982. – 220 с.
2. Эммануэль Н. М., Бучаченко А.Л. Химическая физика старения и стабилизации полимеров. – М.: Наука, 1982. – 360 с.
3. Низина Т. А. Защитно-декоративные покрытия на основе эпоксидных и акриловых связующих. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – 258 с.
4. Селяев В. П., Низина Т. А., Ланкина Ю. А. Оценка изменения декоративных свойств защитных покрытий под действием УФ-облучения // Вестник Мордовского ун-та. – 2008. – № 4. – С. 128-133.
5. Низина Т. А., Зимин А. Н., Селяев В. П., Низин Д. Р. Анализ декоративных характеристик эпоксиуретановых покрытий, работающих в условиях воздействия ультрафиолетового облучения // Известия КазГАСУ. – 2011. – № 3. – С. 139-144.
6. Низина Т. А., Зимин А. Н., Низин Д. Р. Влияние наполнителей на изменение декоративных характеристик эпоксиуретановых покрытий под действием ультрафиолетового облучения // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. Белгород. – 2012. – № 1. – С. 6-10.
7. Селяев В. П., Низина Т. А., Зубанкова Н. О., Ланкина Ю. А. Статистический анализ цветowych 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.
8. Селяев В. П., Низина Т. А., Зубанкова Н. О. Методика обобщенной оценки декоративных характеристик лакокрасочных покрытий на основе компьютерных технологий // Известия ВУЗов. Строительство. – 2008. – № 6. – С. 40-45.
9. Селяев В. П., Низина Т. А., Егунова Е. А. Метод компьютерного экспресс-анализа декоративных характеристик защитных покрытий // Вестник МГСУ. – 2012. – № 1. – С. 153-158.