

Пиксайкин Егор Владимирович,
аспирант 2-го года обучения научной специальности
2.1.5 Строительные материалы и изделия,
ФГБОУ ВО МГУ им. Н.П. Огарева

РОЛЬ ПИГМЕНТОВ В ПОВЫШЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация. Защитно-декоративные покрытия строительных конструкций выполняют две основные функции: эстетическую (придание зданиям и сооружениям необходимого внешнего вида) и защитную (предохранение материалов конструкций от разрушающего воздействия окружающей среды). В процессе эксплуатации покрытия подвергаются комплексному воздействию климатических факторов – солнечной радиации, перепадов температур, атмосферных осадков, ветровой эрозии и других агрессивных сред.

Ключевые слова: Эксплуатационные свойства, декоративные покрытия, пигменты, долговечность, атмосферостойкость.

Как известно, способность покрытия сохранять свои защитные и декоративные свойства в течение заданного срока службы называется климатической стойкостью (атмосферостойкостью).

Одним из эффективных способов повышения атмосферостойкости покрытий является их пигментирование. Пигменты не только придают покрытию необходимый цвет, но и выполняют важную защитную функцию, уменьшая гидрофильность плёнок и направленно изменяя pH среды. Настоящая работа посвящена анализу факторов, определяющих климатическую стойкость и долговечность пигментированных защитно-декоративных покрытий строительных конструкций.

В процессе эксплуатации покрытия строительных конструкций подвергаются воздействию следующих климатических факторов:

1. Солнечная радиация (ультрафиолетовое излучение) – основной фактор деградации полимерных связующих. УФ-излучение инициирует процессы фотоокисления, приводящие к деструкции полимерной матрицы, потере блеска, изменению цвета и охрупчиванию покрытия.

2. Температурные воздействия – как высокие (нагрев на солнце до 60–80°C), так и низкие (до -40°C и ниже в условиях холодного климата) температуры вызывают термические напряжения в покрытии, ускоряют процессы старения и могут приводить к растрескиванию.

3. Атмосферная влага и осадки – проникновение воды в покрытие приводит к гидролизу полимерных связей, снижению адгезии и образованию микропузырей.

4. Перепады температур и циклы замораживания-оттаивания – вызывают знакопеременные напряжения в покрытии, приводящие к усталостным разрушениям.

Пигменты играют ключевую роль в обеспечении долговечности защитно-декоративных покрытий. Механизмы их защитного действия многообразны:

Поглощение УФ-излучения. Пигменты способны поглощать ультрафиолетовую часть солнечного спектра, предотвращая фотохимическую деградацию полимерного связующего. Как показали исследования, включение пигментов в состав покрытия снижает скорость окисления покрытия за счёт поглощения УФ-излучения пигментом, что приводит к улучшению целостности покрытия по сравнению с непигментированными образцами.

Уменьшение гидрофильности. Пигменты снижают гидрофильность полимерных плёнок, уменьшая водопоглощение и, соответственно, устойчивость к гидролитической деградации.



Изменение pH среды. Пигменты основного характера (цинковые и свинцовые белила, карбонат кальция) создают на поверхности покрытия щелочную среду, неблагоприятную для развития микроорганизмов и замедляющую кислотную коррозию.

Экранирующий эффект. Частицы пигмента создают барьер для проникновения агрессивных агентов вглубь покрытия.

Исследования показывают, что пигменты оказывают замедляющий эффект на общую деградацию покрытий, хотя на экстремально поверхностном слое этот эффект может не проявляться. При этом различные пигменты по-разному влияют на долговечность: некоторые катализируют реакции деградации, тогда как другие защищают покрытие от УФ-излучения.

Результаты натурных испытаний показывают, что выбор пигмента существенно влияет на климатическую стойкость покрытий. В исследовании атмосферостойкости органосиликатных покрытий в условиях тропического климата Вьетнама было установлено, что более высокая стойкость к солнечной радиации и другим неблагоприятным климатическим факторам характерна для покрытий с коричневым пигментом на основе гематита.

Наибольшую стабильность защитно-декоративных свойств показали органосиликатные покрытия красного цвета с использованием природного пигмента на основе гематита $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. При этом изменения оптических свойств (цвета и блеска) в экваториальном тропическом климате происходят быстрее, независимо от выбора пигмента.

Методами рентгенофазового и рентгенофлуоресцентного анализа установлено, что состав минеральных пигментов в первую очередь определяется оксидами железа в кристаллической модификации гематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) и гетита ($\alpha\text{-FeO(OH)}$).

Оценка климатической стойкости покрытий регламентируется ГОСТ 9.401-2018 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов».

Основными методами являются:

Натурные испытания – наиболее достоверный способ определения срока службы покрытия, заключающийся в экспонировании образцов в различных климатических зонах с периодической оценкой состояния. Стойкость покрытий оценивается визуально в баллах по ГОСТ 9.407.

Ускоренные климатические испытания – моделирование воздействия климатических факторов в лабораторных условиях (УФ-облучение, циклическое замораживание-оттаивание, воздействие влаги и температуры).

Несомненно, долговечность пигментированных защитно-декоративных покрытий определяется совокупностью факторов:

1. Тип плёнообразователя – к атмосферостойким относятся полимеры с низким водопоглощением: полиолефины, полифторолефины, виниловые, полиакрилатные, кремнийорганические, эпоксидные и другие.

2. Качество пигментов – их химическая стойкость, светостойкость, дисперсность и способность к УФ-поглощению.

3. Технология нанесения – соблюдение требований к подготовке поверхности, толщине слоя и условиям отверждения.

4. Условия эксплуатации – климатическая зона (умеренный, холодный, тропический климат).

Согласно ГОСТ 18099-78, покрытия должны сохранять защитные и декоративные свойства в условиях умеренного климата не менее трёх лет, в условиях холодного климата – не менее двух лет.



Для повышения долговечности пигментированных покрытий рекомендуется:

Использование атмосферостойких связующих (кремнийорганические, полиакрилатные, полиуретановые полимеры)

Применение пигментов с высокой светостойкостью (гематит, хорошо кристаллизованные оксиды металлов)

Введение УФ-стабилизаторов и антиоксидантов

Оптимизация пигментного наполнения (PVC – объёмная концентрация пигмента)

Использование нанопигментов, повышающих плотность покрытия

Резюмируя вышеизложенное, можно утверждать, что климатическая стойкость и долговечность пигментированных защитно-декоративных покрытий строительных конструкций определяются комплексом факторов, среди которых ключевую роль играют тип плёнокообразователя, природа пигмента и условия эксплуатации. Пигменты эффективно повышают атмосферостойкость покрытий за счёт поглощения УФ-излучения, снижения гидрофильности и создания защитного барьера. Наибольшую стабильность свойств в тропическом климате показывают покрытия с пигментами на основе гематита (коричневого и красного цветов). Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку новых пигментных систем и композиционных материалов, обеспечивающих увеличение срока службы покрытий до 10–15 лет и более.

Список литературы:

1. Вошиков В.И., Красильникова Л.Н., Nguyen Chi Van и др. Атмосферостойкость органосиликатных покрытий в условиях тропического климата в зависимости от выбора пигмента // Физика и химия стекла. 2023. Т. 49. № 6. С. 689–699.

2. Андреева Н.П., Павлов М.Р., Николаев Е.В., Славин А.В. Влияние климатических факторов тропического и умеренного климата на свойства лакокрасочных покрытий на уретановой основе // Лакокрасочные материалы и их применение. 2018. № 4. С. 24–28.

3. Photoageing and durability of a polyester-melamine organic coating on steel: Influence of pigments and multiscale analysis // ScienceDirect. 2024.

4. ГОСТ 9.401-2018. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов.

5. Красильникова Л.Н., Макарова Ю.Н., Михалев В.А., Nguyễn Văn Chi, Шилова О.А. Исследование цветовых характеристик органосиликатных покрытий с различными пигментами в условиях морского тропического климата // Физика и химия стекла. 2021. Т. 47. №.

6. Ицко Э.Ф. Экологические проблемы стойкости техники и материалов. Теория и практика натуральных испытаний. РАН. М. 1997. С. 126–130.

