

ОТЗЫВ

официального оппонента Логаниной Валентины Ивановны на диссертационную работу Пчельникова Александра Владимировича «Наномодифицированные лакокрасочные материалы для защиты строительных металлических конструкций», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.5.

Строительные материалы и изделия

Актуальность темы исследования

В связи с увеличением объемов строительства объектов различного назначения возникает потребность повышения объема производства лакокрасочных материалах, применяемых для защиты металлоконструкций. В зависимости от условий эксплуатации к лакокрасочным покрытиям предъявляются определенные требования. Однако, опыт эксплуатации окрашенных металлоконструкций свидетельствует о недостаточном учете факторов, воздействующих на поверхности стальных металлоконструкций и их защитных покрытий, что сокращает их срок службы в 2–3 и более раз. Одной из главных причин снижения срока службы защитных покрытий является низкая адгезионная и когезионная прочность защитных покрытий. Суровые погодные условия, характерные для большей части России, являются одним из весомых факторов, влияющих на срок службы защитных покрытий металлоконструкций. Кроме того, в различных отраслях промышленности деятельность предприятий связана с большим количеством горючих материалов, что приводит нередко к значительным материальным потерям от пожаров. На отдельных промышленных предприятиях одной из основных причин пожаров является возгорание в результате возникновения статического электричества. Скопление на поверхностях конструкций промышленной пыли, которая имеет высокие риски к самовоспламенению, требует от защитных покрытий металлоконструкций не только огнестойких, но и антистатических свойств.

В связи с этим, вопросы обеспечения качественной защиты строительных металлических конструкций, являются актуальными и требуют дополнительных научных, теоретических и практических решений.

Одним из вариантов решения этой проблемы является наномодификация структуры лакокрасочных покрытий. Таким образом, решением обозначенных научно-технологических проблем является разработка научно обоснованных технологических решений получения лакокрасочных материалов (ЛКМ) для защиты металлических конструкций путем наномодифицирования, что обеспечит получение защитных покрытий с высокими показателями качества

В связи с этим, решение задач, поставленных в диссертационном исследовании А.В.Пчельникова, целью которого является разработка научно обоснованного технологического решения обеспечения высокой экс-

эксплуатационной стойкости лакокрасочных покрытий для защиты строительных металлических конструкций, весьма актуально и своевременно.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 397 страницах машинописного текста, включающего 55 таблиц, 86 рисунков, список литературы из 423 источников, 8 приложений.

В первой главе соискателем отмечаются особенности применения металлических конструкций в строительстве, приведена классификация металлических конструкций. Рассмотрены нормативные документы на защитные покрытия металлических конструкций в зависимости от условий эксплуатации. Проведен подробный анализ существующей методической базы по защите строительных стальных металлоконструкций и методов испытаний лакокрасочных материалов и защитных покрытий. Автором установлено отсутствие полноценного описания и рекомендаций по выбору лакокрасочных материалов и покрытий со специальными свойствами (тепловая защита, электрозащита, радиационная защита), сложность оценки ряда специальных свойств ввиду широкой универсальности существующего оборудования и оснастки, отсутствие достоверных и точных способов текущего контроля состояния покрытий в период их использования, что приводит к повышенным коррозионным потерям в результате неверной оценки функциональности покрытий.

Автором отмечается, что для обеспечения повышенной эксплуатационной стойкости защитных покрытий строительных металлоконструкций одним из эффективных вариантов является модификация лакокрасочных материалов различными наноразмерными добавками. Перспективным направлением, требующим развития, является использование бинарных и комплексных наноматериалов при модифицировании. При определенном сочетании разных типов наноматериалов возможно добиться синергетического эффекта и улучшить эксплуатационные характеристики получаемых защитных покрытий строительных металлоконструкций.

Во второй главе описаны способы повышения эксплуатационной стойкости лакокрасочных покрытий строительных металлоконструкций. Представлен системный подход к формированию долговечных лакокрасочных покрытий для различных условий эксплуатации, включающий в себя схему влияния адгезии на свойства лакокрасочных покрытий, факторную систему технологии создания покрытия и построение математической модели оптимизации, позволяющей осуществлять оценку лакокрасочных покрытий строительных металлоконструкций по всем требованиям. Обозначены принципы формирования сетчатых структур в полимерах. Обоснована целесообразность применения наноразмерных добавок в лакокрасочных материалах, обеспечивающих повышение адгезионно-когезионного взаимодействия вследствие образования плотной сетчатой структуры

лакокрасочных покрытий за счет усиления межмолекулярного и электровалентного взаимодействия и генерирования свободных радикалов.

Третья глава посвящена методологии экспериментальных исследований лакокрасочных покрытий. Представлен план экспериментальных исследований. Описаны методики проведения исследований.

В четвертой главе описан системный подход к формированию долговечных лакокрасочных покрытий, включающий в себя схему влияния адгезии на свойства лакокрасочных покрытий, факторную систему технологии создания покрытия и построение математической модели оптимизации.

Диссертантом установлено, что при введении наноматериалов в различные лакокрасочные материалы наблюдается повышение адгезии до 3,5–5 МПа, снижение истираемости до 0,030–0,022 г. При совместном введении различных видов наноматериалов адгезионная прочность возрастает с 2,2–2,4 до 4,1–4,4 МПа при когезионном характере отрыва. При совместном введении оксида висмута 1 % и углеродных нанотрубок 0,1 % лакокрасочное покрытие становится более устойчивым сразу ко всем исследуемым химическим средам.

Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено повышение адгезии наноструктурированных лакокрасочных покрытий за счет воздействия электрических сил, приводящих к усилению электровалентного взаимодействия между покрытием и поверхностью стальных металлоконструкций. Увеличение донорно-акцепторного взаимодействия в зоне контакта лакокрасочного материала с металлом происходит при введении углеродных нанотрубок отдельно и совместно с наночастицами оксида висмута, вызывающих увеличение диэлектрической проницаемости (с 16,45 до 18,34), адгезионной прочности за счет электрических сил (с 2,2–2,4 до 4,8–5,1 МПа), при изменении характера отрыва с адгезионного на когезионно-адгезионный.

Автором установлен характер совместного влияния наноразмерных частиц диоксида кремния и цеолита как наполнителя в составе лакокрасочного материала на устойчивость к радиационным загрязнениям защитных покрытий. Введение добавок (0,5 % диоксид кремния и 1% цеолит по массе) приводит к снижению показателей радиационной загрязненности с 0,72 до 0,26 альфа-част/см² и с 0,85 до 0,43 бета-част/см², что обусловлено увеличением ионообменной способности модифицированного покрытия.

В пятой главе описан механизм структурообразования покрытий при наномодификации лакокрасочных материалов. По мнению автора, наноструктурированное лакокрасочное покрытие с оксидом висмута и углеродными нанотрубками приобретает более сетчатую структуру по отношению к покрытиям без добавок. В работе установлено, что покрытия без наноразмерных материалов имеют неплотную глобулярную структуру, однако при введении наноматериалов глобулы переходят в фибриллярное состояние и происходит активное взаимодействие углеродных нанотрубок с молекулами связующего вещества лакокрасочного материала с образованием структуры по

фрактальному механизму. В дальнейшем, при совместном введении оксида висмута и углеродных нанотрубок, наблюдается образование гомогенных фрактальных структур, равномерно армирующих весь композит.

Термомеханические исследования позволили автору определить, что наноструктурированные лакокрасочные покрытия при совместном введении в лакокрасочный материал оксида висмута 1 % и УНТ 0,1 % отличаются повышенной температурой точки перехода в деструктивное состояние.

В работе предложен механизм формирования единой пространственной сетчатой структуры защитных покрытий при введении в лакокрасочный материал наночастиц оксида висмута/диоксида кремния совместно с углеродными нанотрубками.

В шестой главе описаны технология и технико-экономическое обоснование эффективности применения наномодифицированных лакокрасочных материалов для строительных металлоконструкций.

В заключении сформулированы общие выводы по результатам исследования, даны рекомендации по их использованию, а также указаны перспективы дальнейшей разработки темы. Содержание глав полностью соответствует выносимым на защиту положениям.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, являются теоретически обоснованными и экспериментально подтвержденными. Исследования, проведенные автором в рамках заявленной в диссертации темы, являются достаточными по объему и составу, содержат аргументацию выбора варианта решения на каждом этапе работы. Результаты диссертационной работы согласуются с фундаментальными основами строительного материаловедения.

Достоверность результатов исследований подтверждена обоснованными теоретическими и экспериментальными исследованиями, обширным объемом исследований с применением сертифицированного и поверенного научно-исследовательского оборудования, сравнением с результатами, полученными другими авторами, сходимостью теоретических и экспериментальных исследований.

По теме диссертации опубликовано 89 публикаций, в том числе 20 статей в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ, из которых 15 – в изданиях, индексируемых базой RSCI, в том числе 9 – в журналах, отнесенных к категории K1 (по данным 2023–24 гг.); 3 – в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, 13 патентов на изобретения и полезные модели. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Научная новизна

Соискателем предложены научно обоснованные технологические решения получения наномодифицированных лакокрасочных материалов для защиты строительных металлических конструкций, заключающиеся в управлении структурообразованием в процессе полимеризации, микроармировании и создании плотной сетчатой структуры покрытий путем введения комплекса наноматериалов (углеродных нанотрубок, оксида висмута, диоксида кремния), что обеспечивает повышение адгезионно-когезионного взаимодействия покрытий и их высокую стойкость в различных эксплуатационных условиях

Предложен механизм формирования единой пространственной сетчатой структуры защитных покрытий при введении в лакокрасочный материал наночастиц оксида висмута/диоксида кремния совместно с углеродными нанотрубками, заключающийся в переходе изолированных макромолекул в растяжённое состояние, что способствует формированию единой пространственной сетчатой структуры вследствие протекания катализа гетерогенного типа, инициирующего радикальную полимеризацию лакокрасочного материала. Вводимые в рецептуру наноматериалы, не изменяя внутримолекулярные групповые связи в связующем веществе, выступают в качестве структурообразующих центров, инициируя удлинение полимерных цепей, что приводит к образованию большего количества межмолекулярных связей.

Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено повышение адгезии и когезии наноструктурированных лакокрасочных покрытий за счет воздействия электрических сил, приводящих к усилению электростатического взаимодействия в покрытии и донорно-акцепторного взаимодействия между покрытием и поверхностью стальных металлоконструкций,

Установлен характер влияния совместного введения углеродных нанотрубок и наночастиц оксида висмута в лакокрасочный материал на структуру покрытия, заключающийся в ее изменении с глобулярной на фибриллярную, что обусловлено созданием микроармированной фрактальной структуры. Это приводит к уменьшению количества и величины выступов в покрытии за счет структурирования макромолекул в результате их перехода в растяженное состояние и образования большего количества молекулярных связей.

Выявлен усиливающий эффект от совместного введения в лакокрасочный материал углеродных нанотрубок, наночастиц оксида висмута и диоксида кремния, выражающийся в повышении огнестойкости акриловых защитных покрытий за счет формирования единой пространственной сетчатой структуры.

Установлен характер совместного влияния наноразмерных частиц диоксида кремния и цеолита как наполнителя в составе лакокрасочного материала на устойчивость к радиационным загрязнениям защитных

покрытий. Введение комплекса добавок (0,5 % диоксид кремния и 1% цеолит по массе) приводит к снижению показателей радиационной загрязненности с 0,72 до 0,26 альфа-част/см² и с 0,85 до 0,43 бета-част/см², что обусловлено увеличением ионообменной способности модифицированного покрытия.

Выявлена корреляционная зависимость между изменением диэлектрических характеристик наноструктурированных покрытий и их физико-механическими свойствами (адгезия, твердость, площадь микротрещин лакокрасочных покрытий металлических конструкций) в процессе старения покрытия.

Теоретическая и практическая значимость диссертации

Автором выполнен значительный объем теоретических и экспериментальных исследований по изучению структурообразования лакокрасочных покрытий за счет использования наноматериалов различного состава и их комплексов как регуляторов формирования сетчатой структуры полимера. Установлены закономерности изменения свойств защитных лакокрасочных покрытий строительных металлоконструкций при введении наноматериалов.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в следующем:

- разработаны рецептуры и технология производства наномодифицированных лакокрасочных материалов для строительных металлических конструкций с повышенной эксплуатационной стойкостью.
- созданы методические основы, защищенные патентами РФ, для методов контроля, оценки качества и прогнозирования долговечности лакокрасочных покрытий строительных металлоконструкций;
- разработаны методы для определения адгезионной прочности, прочности к истиранию, огнестойкости и теплопроводности защитных покрытий;
- разработаны неразрушающие методы контроля состояния лакокрасочных покрытий (способ определения состояния защитных покрытий по диэлектрическим характеристикам, способ экспресс-оценки состояния защитных покрытий), с помощью которых возможно оценить состояние покрытий на металлоконструкциях на всех этапах их эксплуатации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Методы и подходы, использованные в диссертационном исследовании, а также результаты и выводы рекомендуются к использованию на предприятиях лакокрасочных материалов и наноматериалов как функциональных добавок для защитных покрытий строительных металлоконструкций

Результаты экспериментальных исследований предлагается применять при контроле состояния защитных покрытий строительных металлоконструкций.

Теоретические положения диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований предлагается использовать в учебном процессе для подготовки бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство», магистров по направлению 08.04.01 «Строительство».

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. На странице 195 автор утверждает, что на адгезионную прочность покрытий концентрация разбавителя практически не оказывает влияния. Однако, количество разбавителя влияет на вязкость краски и, следовательно, на адгезию покрытий.
2. Не оценена стойкость покрытий на основе наномодифицированных лакокрасочных покрытий к образованию трещин.
3. При оценке показателя адгезии наноструктурированных лакокрасочных покрытий к металлу фотоколориметрическим методом следовало привести статистические данные полученных результатов и сравнить их с данными, полученными другим методом.
4. В процессе старения лакокрасочных покрытий происходит изменение декоративных, а затем защитных свойств покрытий. В работе не приведены результаты оценки декоративных свойств наномодифицированных покрытий.
5. В тексте диссертационной работы присутствуют немногочисленные грамматические и стилистические ошибки.

Отмеченные замечания не снижают значимости представленных автором результатов и общей положительной оценки работы Пчельникова Александра Владимировича.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Пчельникова Александра Владимировича «Наномодифицированные лакокрасочные материалы для защиты строительных металлических конструкций» является самостоятельно выполненной актуальной научно-квалификационной работой. Она содержит научную новизну, практическую ценность и в ней на основе выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения, обеспечивающие повышение высокой эксплуатационной стойкости лакокрасочных покрытий, предназначенных для защиты строительных металлических конструкций. Указанные решения имеют существенное значение для развития строительного материаловедения.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции от 20 марта 2021 г. № 426) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор, Пчельников Александр Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Я, Логанина Валентина Ивановна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Пчельникова Александра Владимировича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

доктор технических наук
(05.23.05), профессор,
заведующий кафедрой
«Управление качеством
и технология строительного
производства»
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
образования «Пензенский
государственный университет
архитектуры и строительства»

Вел

Логанина Валентина Ивановна

27.06.2024

Тел.: (8412) 497277; (8412) 487476

E-mail: office@pguas.ru

30 августа 2024г

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»

Адрес университета: 440028, г. Пенза, ул.Германа Титова,28

Подпись Логаниной В.И. заверяю
Проректор по научной работе



А.Н.Сафьянов

А.Н.Сафьянов